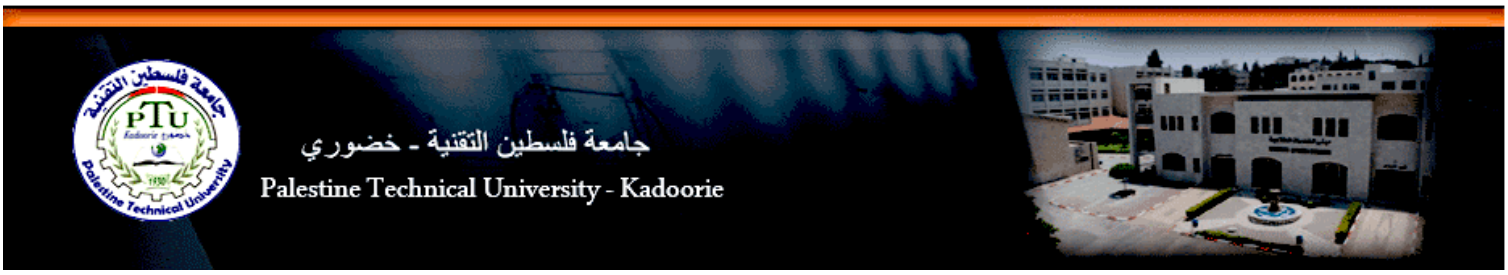


كلية فلسطين التقنية- خصوري

برنامج دبلوم متوسط في الهندسة المعمارية / سنة الثانية

التكييف والتمديدات الصحية في المباني

إعداد و تحضير

المهندس: نادر دريدي

2018/2019

الوحدة الاولى

اساسيات تكييف الهواء

مقدمة

تطورت صناعة تكييف الهواء منذ عام 1500 حيث استطاع رونالدو دافنشي استعمال مروحة تعمل بالماء لتكييف مبنى ثم تطورت بعد ذلك عملية تكييف الهواء من صناعة المراوح التي تدار يدويا أو ميكانيكيا في كثير من أجزاء العالم حيث كانت بدايتها في الهند.

في عام 1906 أطلق كرامر Stuart Cramer اسم تكييف الهواء (Air Conditioning) للمرة الأولى ـ على طريقة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة للهواء. وفي عام 1911 توصل المهندس الأمريكي كارير Carrier إلى طريقة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة ودرجة الندى للهواء والتي أطلق عليها اسم الخريطة السايكرومترية (Psychrometric Chart) وهي تعد اليوم من أساسيات حسابات هندسة تكييف الهواء. وقد تطورت بعض الصناعات ـ مثل صناعة النسيج والورق ـ بسبب التحكم في كمية الرطوبة و درجة الحرارة للهواء.

ثم تطورت هندسة تكييف الهواء من حيث الاستعمال الصناعي إلى الاستعمال في تبريد (تكييف) المباني والمسارح والمستشفيات (1924). واليوم نشهد نهضة تكييف الهواء في العديد من المجالات ـ مباني، أسواق تجارية، وسائل النقل ..الخ ـ حيث أصبح من متطلبات الحياة العصرية.

السيكرومترية Psychrometry

مقدمة

الهواء مكون أساسي لحياتنا اليومية، فهو مهم في استخدامات كثيرة كالتهوية، حفظ الأطعمة، التجفيف كما أنه مهم عند معرفة مستوى الرطوبة في المنزل. في كثير من الأحيان يلزم التحكم في بعض من هذه الخواص كدرجة الحرارة، الرطوبة ونقاوة الهواء..الخ.

يتكون الهواء الجوي من الهواء الجاف والذي يمثل كلاً من النيتروجين والأوكسجين أكثر من 99٪ منه بالإضافة إلى بخار الماء وملوثات مثل الغازات والأتربة وخلافها.

إن أقصى كمية من بخار الماء يمكن حملها في الهواء الجوي تعتمد على درجة الحرارة.

السيكرومترية Psychrometry

مقدمة

الهواء مكون أساسي لحياتنا اليومية، فهو مهم في استخدامات كثيرة كالتهوية، حفظ الأطعمة، التجفيف كما أنه مهم عند معرفة مستوى الرطوبة في المنزل. في كثير من الأحيان يلزم التحكم في بعض من هذه الخواص كدرجة الحرارة، الرطوبة ونقاوة الهواء..الخ.

تكييف الهواء هو عبارة عن تحكم في درجة حرارة الهواء، رطوبته، نقاوته وسريانه خلال مكان معين للحصول على وسط مريح، خ إلى من الأتربة، والغازات الفاسدة والروائح الكريهة لشاغلي المكان في جميع فصول السنة.

السيكرومترية Psychrometry

الخريطة السيكرومترية توضح بيانيا العلاقة بين درجة حرارة الهواء والرطوبة وخواص أخرى. والخريطة السيكرومترية تستعمل كأداة لاختيار وتحديد بعض الأجهزة والمعدات التي تستخدم في مجالات التكييف.

ولدراسة خواص الهواء يجب معرفة ثلاثة تعاريف للهواء وهي:

أ- الهواء الجوي Atmospheric air

يتكون الهواء الجوي من الأكسجين، النيتروجين، ثاني أكسيد الكربون، الرطوبة وغازات أخرى. كما إنه يحتوي على بعض الملوثات كالغبار والأدخنة، وهو الهواء الذي نتنفسه عادة.

ب ـ الهواء الجاف Dry air

ويعتبر الهواء جافا عند إزالة كل الملوثات والرطوبة من الهواء. وهو عبارة عن 78% (حجمياً)، نيتروجين ،21% أكسجين ، 1% غازات أخرى .

ج ـ هواء رطب Moist air

الهواء الرطب هو خليط من الهواء الجاف والرطوبة.

خصائص الهواء الرطب Properties of Humid Air

باعتبار الهواء غازاً مثالياً يتبع قوانين الغاز المثالي، سوف نقوم بإعطاء بعض القوانين البسيطة للمساعدة في فهم السيكرومترية:

$$pV = mRT$$

الرطوبة النوعية (Specific Humidity ω)

الرطوبة النوعية (أو الرطوبة المطلقة) هي مقدار كمية الرطوبة في الهواء لكل 1 kg من الهواء الرطب.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a}$$

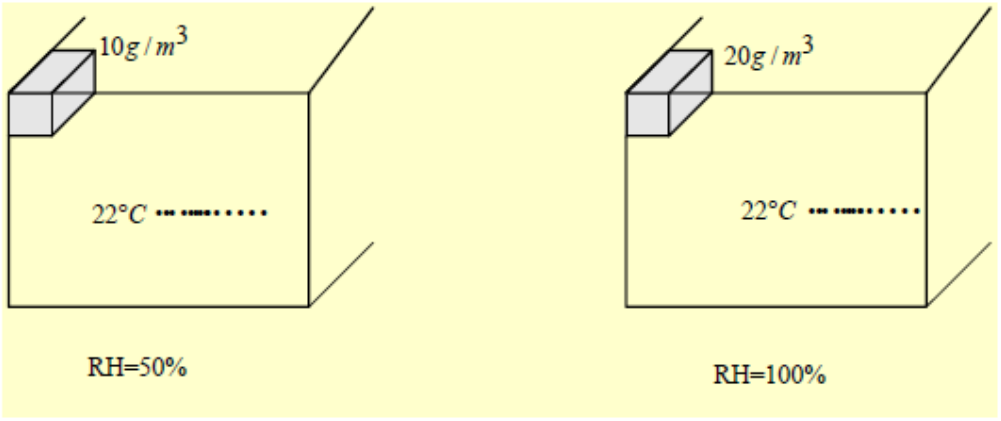
حيث:

m_v = كمية الرطوبة في الهواء بوحدة kg

m_a = كتلة الهواء بوحدة kg

الرطوبة النسبية Relative Humidity(RH)

هي مقياس لنسبة كمية رطوبة الهواء إلى الكمية القصوى التي يمكن إن يحملها الهواء عند نفس درجة الحرارة. فكما في الشكل التالي:



شكل (٢ – ١): الرطوبة النسبية

إذا كانت كمية الرطوبة الموجودة في غرفة تساوي $10g/m^3$ عند درجة حرارة $22°C$. ثم أضيفت رطوبة إلى هواء الغرفة حتى وصل إلى درجة التشبع بحيث لا يقبل أي زيادة في كمية الرطوبة. ووجد إن كمية الرطوبة بعد التشبع وعند نفس درجة الحرارة هي $20g/m^3$ عليه تكون الرطوبة النسبية للهواء هي:

$$RH = \frac{10}{20} = 0.50 = 50\%$$

كمية الهواء التي يمكن إن يحملها الهواء تزيد مع زيادة درجة الحرارة.

درجة الحرارة الرطبة Wet Bulb Temperature (wb)

درجة الحرارة الرطبة عبارة عن أقل درجة حرارة يقيسها الترمومتر الرطب. الترمومتر الرطب عبارة عن ترمومتر زئبقي عادي بصيلته مغطاة بقطعة قماش مبللة. أحيانا تعرف درجة الحرارة الرطبة بدرجة حرارة التشبع الأدياباتية (adiabatic saturation temperature) وذلك لأن الحرارة اللازمة لتبخير الماء من قطعة القماش تؤخذ كلها من الهواء الجوي الذي يمر خلالها عندما تصل قراءة الترمومتر الرطب إلى أقل قيمة لها وهى تعبر عن التأثير التبريدي لتبخير المياه.

درجة الحرارة الجافة(db) ودرجة الحرارة الرطبة (wb) تقاس في كثير من الأحيان بجهاز واحد يعرف بالمقلاع (sling psychrometer) كما في الشكل التالي:

شكل (٢ – ٢): المقلاع

- **مفاهيم وتعاريف أساسية**

درجة الحرارة: مقياس لبرودة وسخونة الأجسام وتقاس بالدرجة المئوية أو الفهرنهايت. في القياس المئوي تساوي درجة الحرارة للماء المخلوط بالثلج صفر مئوي ودرجة حرارة غليان الماء عند الضغط الجوي العياري تساوي مئة 100°م.

الرطوبة النسبية: هي النسبة المئوية لكمية بخار الماء بالهواء مقارنة بالهواء المشبع ببخار الماء

أي الهواء الذي لايمكن زيادة أي بخار ماء له.

الحرارة الكامنة للتبخير: هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من السوائل من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند نفس درجة الحرارة.

نقطة الندى: هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود في الهواء بالتكاثف.

الهواء عند ظروف الراحة

ليكون الهواء مريحا يجب أن تكون ظروفه :

- درجة الحرارة في حدود 25 °م
- الرطوبة النسبية 50٪

- آن يكون نقيا .
- ألا يكون راكدا ويتحرك عند سرعة لا تزيد عن 0,2 متر / ثانية.

شروط الراحة :

هنالك ثلاث شروط مؤثرة على قدرة جسم الإنسان لسحب الحرارة وهي :-

1. درجة الحرارة للهواء.
2. الرطوبة النسبية.
3. حركة الهواء .

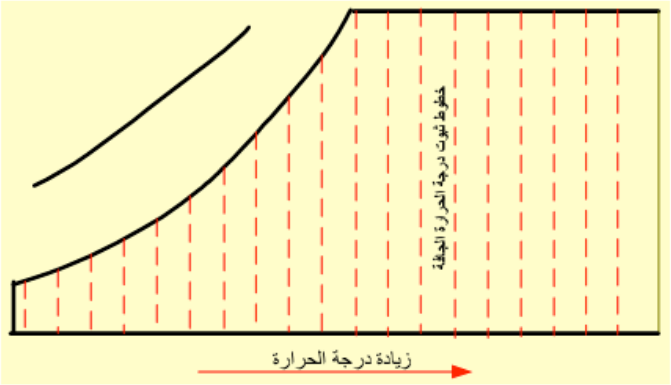
إن تغير أي من الشروط السابقة يسرع أو يبطىء عملية التبريد.

الخريطة السيكرومترية Psychrometric Chart :

الخريطة السيكرومترية هي خريطة توضح بيانيا خواص الهواء الرطب عند الضغط الجوي (1 bar) .

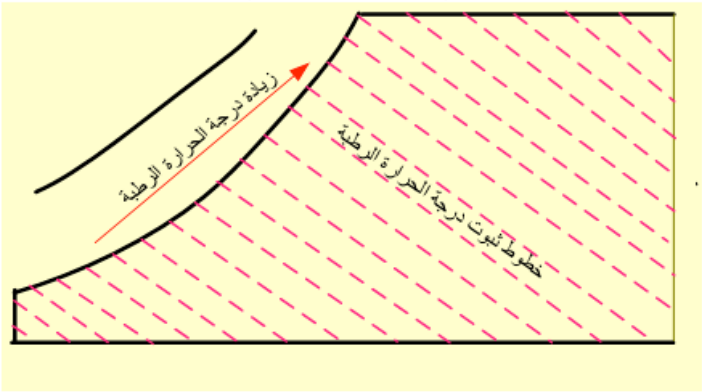
و تستخدم لتحليل مختلف العمليات اللازمة لتكييف الهواء كما أنها تسهل أيضاً تحليل دورات التكييف من حسابات والإعانة على اختيار وتحديد بعض الأجهزة والمعدات التي تستخدم في مجالات التكييف وتحتوي الخريطة السيكرومترية على سبع خواص للهواء هي:

- **درجة الحرارة الجافة:** وهي خطوط رأسية كما في الرسم. وتبين قراءات درجة الحرارة الجافة (db) تبين على المحور السيني في مخطط الخريطة السيكرومترية.



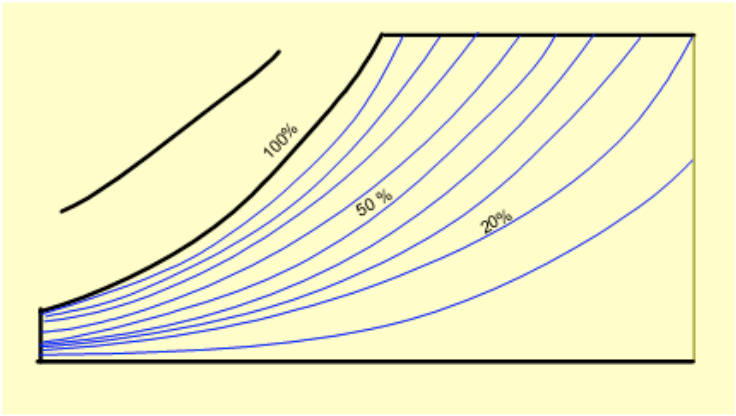
شكل (2 – 4): خطوط درجة الحرارة الجافة

- **درجة الحرارة الرطبة** (wb): وهي درجة الحرارة التي يقيسها ميزان الحرارة الرطب .



شكل (2 – 5): خطوط درجة الحرارة الرطبة

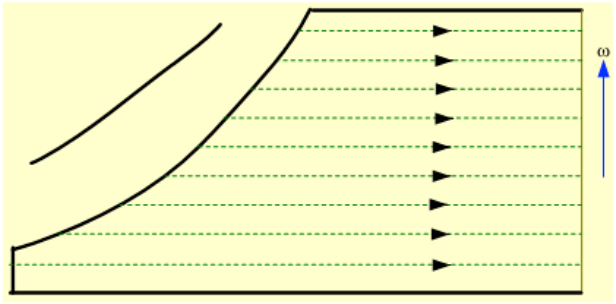
ـ **الرطوبة النسبية** (RH) : وهي عبارة عن النسبة المئوية للضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في الهواء إلى الضغط الجزئي لبخار الماء عند التشبع عند نفس درجة الحرارة الجافة.



شكل (2 – 6): خطوط ثبوت الرطوبة النسبية.

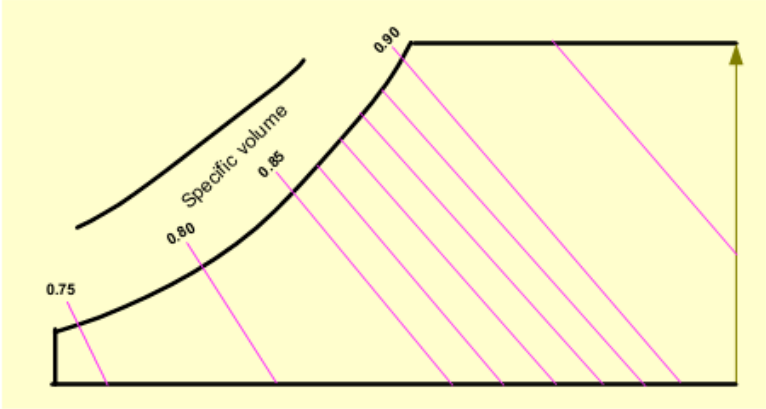
- **الرطوبة النوعية** (ω)

وحدة الرطوبة النوعية هي kg/kg وهي تعني كتلة الرطوبة (بخارالماء) الموجودة في كتلة kg من الهواء الجاف وقد تعطي في بعض الأحيان بوحدة g/kg نسبة لصغر كتلة الماء الموجودة في الهواء. وتقرأ من النقطة المحددة في اتجاه اليمين أفقيا كما يشير السهم بالرسم إلى ذلك . قراءات الرطوبة النوعية هي محور الصاد على الخريطة.



شكل (2– 7): خطوط ثبوت الرطوبة النوعية

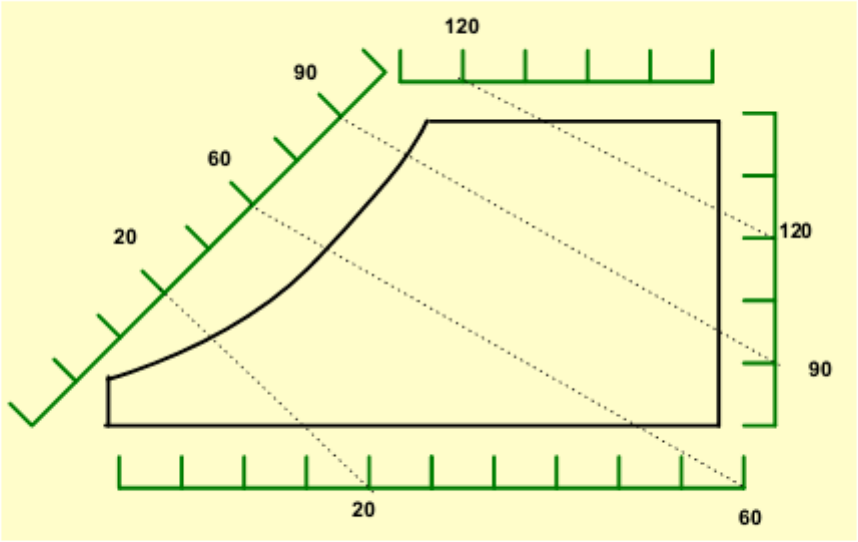
- **الحجم النوعي** (v)
- ويعرف الحجم النوعي بأنه الحجم الذي تشغله وحدة الكتلة أو حجم الكيلوجرام الواحد من المادة. ووحدته m^3/kg وهو أقل من العدد واحد.



شكل (2 – 8): خطوط ثبوت الحجم النوعي

- **طاقة الإنثالبي** (h)

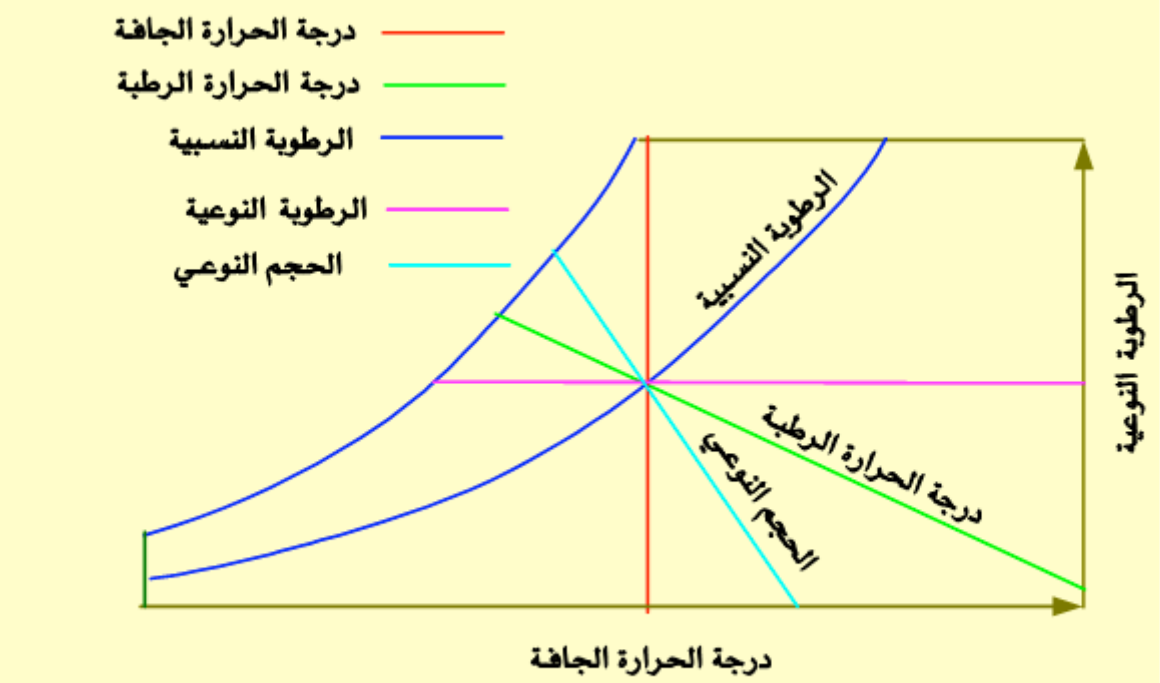
الإنثالبي هي المحتوى الحراري للمادة وخطوط الإنثالبي توجد على أطراف الخريطة السيكرومترية وفي كثير من الكتب تعتبر خطوط درجة الحرارة الرطبة هي نفسها خطوط طاقة الإنثالبي . لتحديد قيمة الإنثالبي لنقطة ما في الخريطة السيكرومترية يجب أن يكون بناء على الخطوط المستقيمة الواصلة بين القيمة ذاتها الموجودة بجانبي الخريطة كما يظهر في الرسم التالي مثلا.



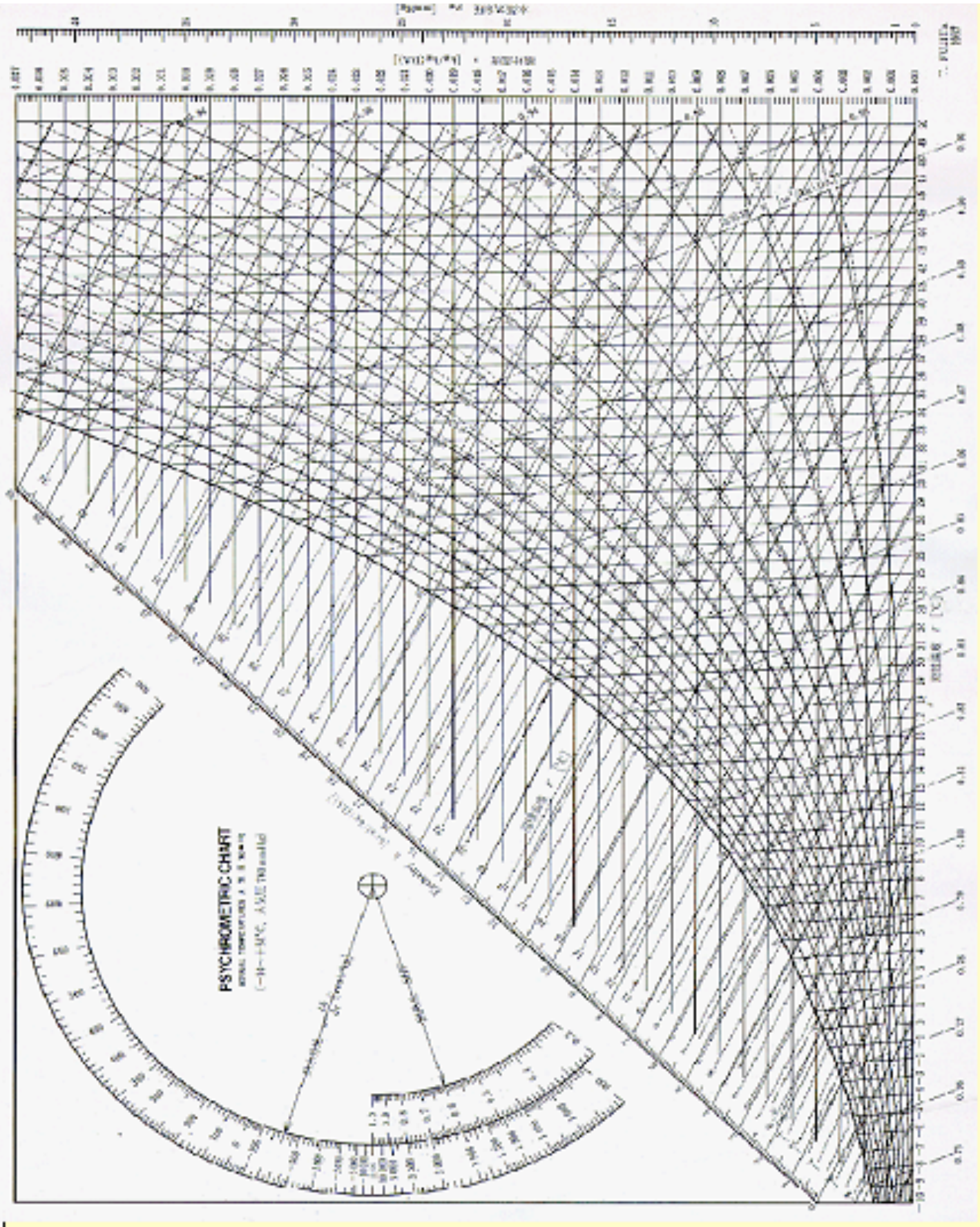
شكل (2 – 9): خطوط ثبوت طاقة الانثالبي.

يمكن قراءتها عند خط التشبع من قراءات درجة الحرارة الرطبة أو الجافة . وهي تقع على اليسار أفقيا كما يشير السهم إلى ذلك.

والرسم التالي يبين خمساً من مكونات الخريطة السيكرومترية:



الشكل (2- 11) يبين الأجزاء التي تتكون منها الخريطة السيكرومترية



الشكل (2- 3) الخريطة السيكرومترية

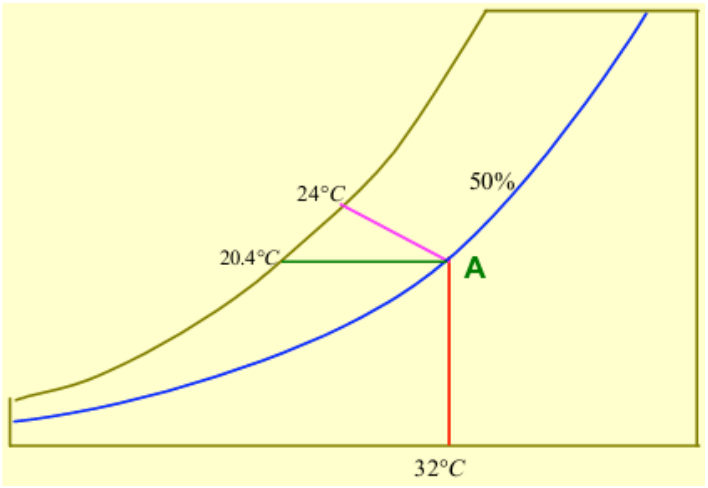
مثال 1:

هواء رطب عند $32°C(db)$ و $24°C(wb)$. أوجد:

- الرطوبة النسبية RH
- نسبة التشبع PS
- ودرجة الندى dp .

خطوات الحل:

- حدد $32°C$ على المحور السيني.
- ارسم خطا رأسيا من النقطة $32°C$.
- حدد درجة الحرارة $24°C$ على منحنى درجة الحرارة الرطبة.
- تتبع خط الحرارة الرطبة من النقطة السابقة حتى يتقاطع مع الخط الرأسي لدرجة الحرارة الجافة.
- من نقطة التقاطع(A) حدد حالة الهواء.
- اقرأ الرطوبة النسبية من الخريطة ($RH = 52\%$)
- اقرأ الرطوبة النوعية عند نقطة التقاطع () $\omega_A = 0.0156$
- اقرا الرطوبة النوعية عند التشبع لدى درجة الحرارة $32°C$ ($\omega_A = 0.0306$)
- اقسم القيمة الأولى على القيمة الثانية تحصل على نسبة التشبع ($PS = 51\%$)
- لتحديد نقطة الندى(dp)؛ اذهب مع الخط الأفقي الممتد من نقطة التقاطع (A)حتى تقطع خط التشبع، وعند خط التشبع ارسم خطاً عمودياً على التدرج السيني (درجة الحرارة الجافة) ومن ثم اقرأ درجة الحرارة ($dp = 20.4^0 C$)



الأسئلة :

استعمل الخارطة السيكرومترية لحل ألأسئلة التالية :

س1 :

هواء رطب عند $23°C(db)$ ورطوبة نسبية $RH=60\%$ أوجد درجة الحرارة الرطبة (wb).

س2 :

هواء رطب عند $35\ °C(db)$ وحجم نوعي $v=0.89\ m^3/kg$. أوجد الرطوبة النوعية (ω) والإنثالبي (h).

س3 :

هواء رطب عند $22\ °C(db)$ و $RH=50\ \%$. من الخريطة السيكرومترية أوجد الخصائص التالية :

wb ، ω ، v ، h و dp .

خلاصة

- الهواء الجوي يتكون من 78% نيتروجين و 21% أكسجين
- لحد كبير يعتبر الهواء مثاليا ويتبع القانون العام للغازات.
- درجة الحرارة الجافة للهواء هي درجة الحرارة التي يسجلها التيرمومتر العادي..
- درجة الحرارة الرطبة هي أقل درجة حرارة يسجلها تيرمومترمبتل بقطعة قماش .
- المقلاع هو الجهاز الذي يسجل درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة . درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة نسبة لتبخر الماء من القماش المبتل .
- درجة الندى هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها تكثف قطرات الماء من الهواء عندما يتم تبريده
- الرطوبة النسبية هي مقياس لنسبة كمية رطوبة الهواء إلى الكمية القصوى التي يمكن إن يحملها الهواء عند نفس درجة الحرارة

الرطوبة النوعية (أو الرطوبة المطلقة) هي مقدار كمية الرطوبة في الهواء لكل 1 kg من الهواء الرطب.

الخريطة السيكرومترية هي اداة تسهل إيجاد خصائص الهواء الرطب عند الضغط الجوي عند مختلف أحوال التبريد والتدفئة كما أنها تسهل وتوضح عمليات التكييف المختلفة . الخريطة السيكرومترية تحتوي على سبع خواص للهواء هي.

- درجة الحرارة الجافة (db)
- درجة الحرارة الرطبة (wb)
- الرطوبة النسبية (RH)
- الرطوبة النوعية (ω)
- الحجم النوعي (v)
- طاقة الانثالبي (h)
- درجة الندى Dew point

- لتحديد أحوال الهواء على الخريطة السيكرومترية يلزم معرفة خاصيتين مستقليتين من الخواص السبع.

****

م. نادر دريدي

الأحمال الحرارية
THERMAL LOADS
الراحة الحرارية للإنسان Human Thermal Comfort

جسم الإنسان من أدق الأجهزة التي تتحكم في درجة الحرارة. فعندما ترتفع درجة حرارة الجسم بمقدار بسيط عن معدل حرارة الجسم العادي ، يقوم نظام التحكم بتمديد الأوعية الدموية الدقيقة التي تقع تحت الجلد مباشرة حيث يقوم الجسم عن طريق الحمل بنقل كمية كبيرة من الحرارة من داخل الجسم إلى السطح ، عندئذ ترتفع حرارة الجلد وبالتالي إلى يزداد معدل انتقال الحرارة إلى الخارج عن طريق التوصيل، الحمل والإشعاع . إذا لم يتم التخلص من هذه الحرارة بسرعة، عندئذ يبدأ الجسم بالتعرف للتخلص من كمية كبيرة من الحرارة الكامنة في الجلد عن طريق تبخر العرق ومن ثم يبرد الجسم أكثر وكذلك درجة حرارة الدم تحت الجلد.

عندما تبدأ حرارة جسم الإنسان تنخفض قليلاً عن المعدل الطبيعي . تبدأ الأوعية الدموية بالانكماش وبالتالي إلى يقل معدل سريان الدم الواصل إلى الجلد الخارجي. Perspiration slows down. عليه تقل كمية الحرارة المفقودة بواسطة سطح الجلد.

عليه يكون من وظيفة أي نظام تكييف للهواء هو مساعدة الجسم في معدل التخلص من كمية الحرارة الزائدة.

يمكن القول بأن الحرارة التي ينتجها الجسم من تناوله للأطعمة، تعادل تلك الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الخارج..تم كتابة معادلة لتلك الحرارة بواسطة فانغر Fanger كما يلي:

$$\dot{Q} = \pm\dot{Q}_{skin} \pm \dot{Q}_{respiration}$$
$$= (\pm\dot{Q}_C \pm \dot{Q}_R \pm \dot{Q}_E)_{skin} + (\dot{Q}_C \pm \dot{Q}_E)_{respiration}$$

حيث نجد إن الجسم يكسب (+) أو يفقد (-) للحرارة عن طريق الجلد ($\dot{Q}_{skin}$)أو عن طريق التنفس ($\dot{Q}_{respiration}$) ويكونان عن طريق الحمل ($\dot{Q}_C$) أو الإشعاع ($\dot{Q}_R$)أو التنفس ($\dot{Q}_E$) كما إن وجود الملابس على جسم الإنسان له تأثير على انتقال الحرارة بالحمل والإشعاع وكذلك التبخر زيادة على ذلك فإن حركة الإنسان لها تأثير على كمية الحرارة التي يستخرجها الجسم نتيجة التأيض metabolic heat generation

العوامل الأساسية التي تؤثر على راحة الإنسان هي:

هنالك ست عناصر تؤثر على راحة الإنسان. منها أربع عناصر بيئية وهي :

أ – درجة الحرارة الجافة (dry bulb temperature)

ب ـ متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (mean radiant temperature)

ج ـ نسبة الرطوبة (relative humidity)

د ـ سرعة الهواء (air velocity)

وهناك عنصران شخصيان هما :

هـ ـ العزل نتيجة الملابس (clothes insulation)

و ـ مستوى حركة الشخص(level of activity)

أ. درجة الحرارة الجافة للهواء (*db*)

وفي هذا ننظر إلى مقدار درجة الحرارة ونوعيتها (رطبة أو جافة) كما يجب الانتباه هنا إلى الموقع (الارتفاع عن أرضية الحيز المكيف) الذي يعتمد عند قراءة مثل هذه الحرارة فمثلا يجب وضع الترمومترات(أو الثيرموستات)على ارتفاع بين "36 – 30 من أرضية الحيز المكيف.أما مقدار درجة الحرارة التي تعطي الراحة فهي تعتمد على الرطوبة وسنأتي لها لاحقا.

وتعرف درجة الحرارة المؤثرة Effective Temperature بأنها درجة الحرارة ـ عند التشبع ـ (عند 100%رطوبة نسبية) والتي تعطي نفس الإحساس بالدفء لمختلف درجات الحرارة والرطوبة عندما تكون سرعة الهواء fpm 15-25.

ووجد إن درجة الحرارة المؤثرة في الشتاء هي (20 ^{0}C) 68 ^{0}F كما إن التوافقيات التالية هي التي تعطي الراحة للإنسان في الشتاء:

الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة	
	°F	°C
10	78	25.6
20	76	24.4
30	75	23.9
40	74	23.3
50	73	22.8
60	72	22.2
70	71	21.7
80	70	21.1

جدول (٢ – ٥): درجات الحرارة المؤثرة (شتاءً)

أما في الصيف فدرجة الحرارة المؤثرة هي (22 ^{0}C) 71 ^{0}F كما إن التوافقيات التالية هي التي تعطي الراحة للإنسان في الصيف :

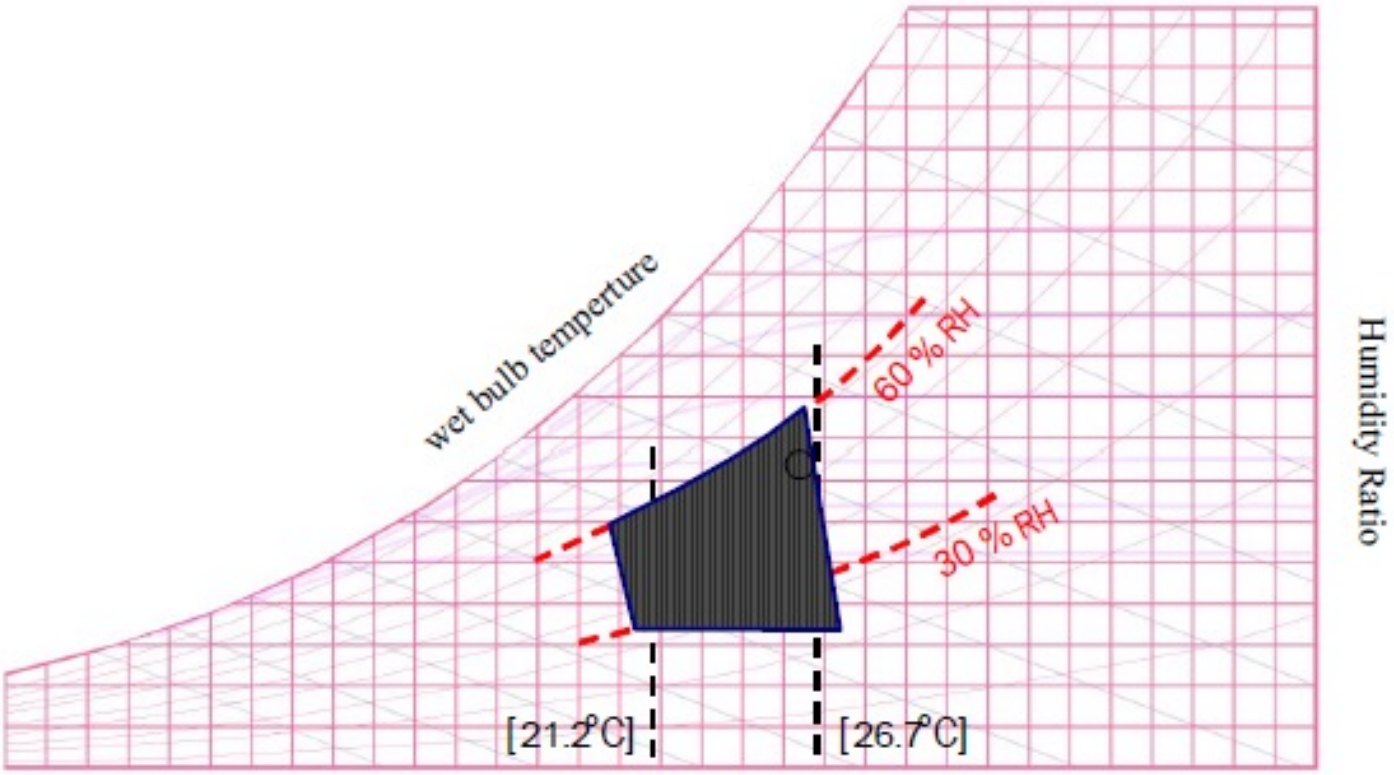
الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة	
	^{0}F	^{0}C
25	80	26.7
30	79	26.1
40	78	25.6
50	77	25.0
60	75	23.9
70	74	23.3

جدول (٢ – ٦): درجات الحرارة المؤثرة

(صيفاً)

ومن ثم تم عمل خريطة الراحة comfort zone عند مختلف درجات الحرارة والرطوبة

وخريطة منطقة الراحة تعطي العلاقات المختلفة بين درجات الحرارة والرطوبة والتي يشعر فيها للشخص البالغ بالراحة وهو في حالة مستريح أو يزاول نشاطا خفيفا ويلبس لبسا عاديا عند هواء منخفض السرعة



شكل (٢ – ٢٤): منطقة الراحة

ب ـ سرعة الهواء

وجد إنه في حالة زيادة درجة حرارة الهواء فإنه يلزم الزيادة في سرعة الهواء . الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة، التبريد وتكييف الهواء (ASHRAE) توصي بسرعة 30 *ft* / min للهواء صيفاً و 30 *ft* / min للهواء شتاء .

جـ ـ متوسط درجة الإشعاع **Mean radiant temperature** :

كثيرا ما يشعر الأشخاص الذين يكونون بجانب الجدران الباردة أو الأسطح الزجاجية ببرودة أكثر بالرغم من إن درجة حرارة الوسط المحيط في حدود منطقة الراحة.

د ـ نسبة الرطوبة **(relative humidity)**

تم التعليق عليه في الفقرة (أ)

أما العنصران الشخصيان وهما :

هـ ـ العزل نتيجة الملابس **(clothes insulation)**

الملابس حقيقة تجعلك مرتاحاً في يوم قد يكون حاراً أو بارداً وهي تعمل على عزل الجسم عن درجة الهواء الخارجي . ففي الشاء يستحسن زيادة العزل (ملابس ثقيلة) ، أما في الصيف فالملابس البيضاء والخفيفة (تقليل سمك وطبيعة العازل) هي الأحسن (يستحسن الملابس القطنية الطبيعية)

و ـ مستوى نشاط الشخص(level of activity)

كما اشرنا سابقاً ، يحافظ الجسم على درجة حرارته عن طريق توليد حرارة الأيض داخل الجسم ، فقدان الحرارة للخارج وثالثاً اكتساب الحرارة . والحرارة المتولدة من الشخص تعتمد على نوع النشاط بالنسبة للشخص حيث وجد إن متوسط كمية الحرارة المتولدة من الشخص العادي النائم تساوي تقريباً 87 W والذي يعمل في مكتب 115 W أما الذي يزاول رياضة كرياضة كرة السلة مثلا فكمية الحرارة المتولدة في هذه الحالة تساوي 440 W . زيادة النشاط الجسماني يؤدي إلى زيادة الرطوبة في الجسم نتيجة العرق والذي بدوره يعمل على تبريد الجسم .

كما لا يفوتنا إن نذكر هنا بأن الهواء الداخلي يجب إن يكون خاليا من الأتربة والروائح الكريهة ، كما إن نسبة ثاني أكسيد الكربون يجب إن لا تزيد عن 1000 ppm. لذا يلزم استعمال مرشحات ومنقيات للهواء وهذا ما يعرف بكفاءة الهواء الداخلي (Indoor Air Quality, IAQ)

تخمين الأحمال الحرارية Thermal Load Calculation

إكتساب وفقدان الحرارة لحيز التكييف يقصد به كمية الحرارة التي تدخل أو تخرج لحظيا من الحيز والحمل الحقيقي للحيز يعرف بأنه كمية الحرارة التي تضاف أو تفقد لحظيا بواسطة الحيز.

الحمل الحراري في عمليات التكييف

الحمل الحراري في عمليات التكييف نوعان:

- حمل تبريد: وذلك صيفا عندما تكون الأحمال الحرارية المختلفة تضيف أو تزيد من درجة حرارة المكان المراد تكييفه.
- حمل تسخين: وذلك شتاء عندما تعمل الأحمال الحرارية المختلفة على تقليل درجة حرارة المكان المراد تكييفه.

يمكن تقسيم مصادر حمل التبريد إلى نوعين:

أ ـ أحمال خارجية External loads ومنها:

i -الحرارة المنقولة من الخارج إلى الداخل خلال الحوائط – السقف ـ الأرضية وذلك بالتوصيل الحراري ويطلق عليها باختصار حمل الحوائط Wall loads

ii- الحرارة المنقولة من الخارج والناتجة من تأثير الشمس Solar gains OR Sun Loads وتتكون من نوعين

-حرارة الإشعاع المباشر عن طريق النوافذ الزجاجية

-حرارة منقولة بالتوصيل الحراري عن طريق الجدران والأسقف المعرضة مباشرة لأشعة الشمس

iii- الحرارة المنقولة من الخارج إلى الداخل عن طريق التسرب Infiltration Load أو عن طريق هواء التهوية Ventilation Load.

ب ـ أحمال داخلية Internal Loads ومنها:

- حرارة ناتجة عن الأشخاص
- حرارة ناتجة عن الإضاءة
- حرارة ناتجة عن المعدات الكهربائية أو الحرارية التي تتواجد داخل المكان.

كما يمكن تقسيم الأحمال الحرارية إلى **أحمال محسوسة** Sensible Loads (Q_s) **وأحمال كامنة** Latent Loads (Q_l)

عليه يمكن تقسيم الأحمال الحرارية لأي حيز مكيف على النحو التالي: ـ

- الكسب الحراري بسبب انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الجدران والشبابيك Q_w
- الكسب بالإشعاع الشمسي خلال زجاج الشبابيك وخلال الجدران Q_{rad} .
- الكسب الحراري الداخلي من الأشخاص والإنارة والمكائن وخلافه Q_i
- الحمل الحراري نتيجة التهوية أو التسرب خلال الفتحات Q_v
- مصادر حرارية أخرى Q_m

عليه يمكن كتابة الأحمال الحرارية الكلية Q_T للحيز المكيف كما يلي:

$$Q_T = Q_{rad} + Q_i \pm Q_w \pm Q_v \pm Q_m$$

وفي حالة $Q_T > 0$ تزداد درجة حرارة الحيز المكيف (صيفاً)

في حالة $Q_T < 0$ تنخفض درجة حرارة الحيز المكيف (شتاء)

اعتبارات التصميم الابتدائية Initial Design Consideration :

لحساب حمل التبريد ، يلزم معرفة الت إلى :-

أ - خصائص المبنى Building Characteristics

يجب معرفة خصائص مواد البناء للحيز وأبعاده (يستحسن وجود رسم أو مخطط للمبني) وكذلك توضيح الاتجاهات الأربع للمبنى building configuration

ب - معرفة البيانات الجوية للمنطقة ومنها يمكن تحديد بعض المتطلبات الأخرى كأحوال التصميم الخارجية ومعدل الإشعاع الشمسي ..الخ أيضاً يتطلب معرفة أحوال التصميم الداخلية حسب نوع واستعمال الحيز المكيف .

ج - مدة وزمن التواجد للأشخاص وكذلك فترة عمل الإضاءة مثلاً (نظام البرمجة scheduling)

د - معلومات أخرى كاختيار نظام التكييف المناسب وخلافه .

الكسب الحراري للحيز وحمل التبريد للحيز Space Heat Gains & Space Cooling Load

الكسب الحراري للحيز هو معدل انتقال الحرارة للحيز خلال فترة زمنية معينة (time interval) والحمل الحراري للحيز هو معدل سحب الحرارة من خلال الحيز المكيف للحفاظ على أحوال التصميم الداخلية ثابتة .

أحمال التبريد للحيز Space Cooling Load

يمكن تقسيم أحمال التبريد الخارجية إلى :-

أ - الكسب الحراري بسبب انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الجدران والأسقف (Q_w)

الحرارة المكتسبة عبر الحائط أوالجدار هي عبارة عن مجموع الحرارة المنتقلة بصورة منتظمة (steady state) من الخارج إلى الداخل نتيجة لفرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج (air-air temperature)، والحرارة المنتقلة بصورة غير منتظمة (unsteady state) نتيجة للاختلاف في كمية الإشعاع الساقط على الجدار.

ظاهرة الانتقال غير المنتظم للحرارة عبر الجدار تعتبر عملية معقدة نسبة للكتلة الحرارية (thermal mass) للمبنى، حيث يتم تخزين الطاقة الحرارية المارة عبر الجدار ثم تصريفها إلى الداخل أو الخارج في وقت لاحق وهذا يعتمد على قيمتي زمن التخلف(Φ, time lag) ومعامل النقصان (decrement factor, f) مما يصعب عملية حساب الأحمال .

تعين الحرارة المكتسبة خلال الجدران أو الحوائط المحيطة بالحيز نتيجة فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج فقط (air-to-air temperature) بالمعادلة التالية :

$$Q_w = \Sigma U \times A \times (T_o - T_i)$$

حيث .

حيث .

درجة حرارة هواء التصميم الجافة الداخلية $T_i = \{°C\}$

درجة حرارة هواء التصميم الجافة الخارجية $T_o = \{°C\}$

المساحة الخارجية للجدران ، السقف ...الخ $A = \{m^2\}$

معمل الحرارة الكلي للجدران ، السقف ....الخ $U = \{W/m^2K\}$

ومعامل الحرارة الكلي للجدران (U) يعتمد على الطبقات التي يتكون منها المبنى كما إن معامل الحرارة بالحمل للأسطح الداخلية (h_i) والأسطح الخارجية (h_o) يعتمدان على سرعة الهواء كما يظهر في الجدول(٢ ـ ٨) الت إلى :

البيان	اتجاه الحرارة	$h\{W/m^2K\}$
هواء ساكن مع حائط أفقي	إلى أعلى	10
هواء ساكن مع حائط أفقي	إلى أسفل	6
هواء ساكن مع حائط راسي	أفقي (حوائط)	8
هواء متحرك بسرعة 6.7 m/s	كل الاتجاهات	34
هواء متحرك بسرعة 3.4 m/s	كل الاتجاهات	23

جدول (٢ – ٩): معامل انتقال الحرارة بالحمل

يمكن تعيين الحرارة الكلية للجدران (U) من المعادلة التالية

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \sum \frac{x}{k}$$

حيث :

سمك الحائط $x = \{m\}$

معامل انتقال الحرارة بالتوصيل $k = \{W/mK\}$

والجدول (٢ ـ ٩) الت إلى يوضح مقدار معامل الحرارة بالتوصيل k بالوحدات $\{W/mK\}$ لبعض المواد المكونة للحوائط:

$k = \{W / mK\}$	المادة	
0.72	(common brick)	طوب عادي
1.30	(Face brick)	طوب واجة
1.72	(Concrete)	خرسانة
1.10	(Tiles)	بلاط
1.80	(Stone)	حجارة
0.72	(Cement plaster)	مونة إسمنتية
0.80	(Gypsum plaster)	مونة جبسية
0.16	(Hard wood)	خشب ناشف
0.12	(Soft wood)	خشب طري
1.72	(Sand)	رمل
0.036	(Cork)	فلين
0.036	(Glass wool)	صوف زجاجي
0.040	(Polystyrene)	بولستيرين
0.023	(Polyurethane)	بولي إريان

جدول (٢ – ١٠): معامل التوصيل الحراري لبعض المواد

المواد التي لها معامل توصيل حراري صغير تعرف بالعوازل (insulants) وهي مهمة في تقليل الحمل الحراري بالتوصيل للجدران والأسقف.

مثال٢:

غرفة أبعادها $6\,m \times 4\,m \times 3\,m$ بها عدد واحد باب خشبي أبعاده $2m \times 1.5m$ وثلاثة شبابيك زجاجية أبعاد كل واحد منها $1.5m \times 1.2m$. بمعرفة الأحوال التالية أ أوجد الحمل الكلي للجدران (Q_w) :

- ظروف التصميم الخارجية $40°C(db), 30°C(wb)$
- ظروف التصميم الداخلية $24°C(db), 50\%RH$
- درجة حرارة التربة $27°C(db)$
- درجة حرارة السقف مع اعتبار أشعة الشمس $48°C(db)$

ومعامل التوصيل الحراري الكلي (U) كما يلي:

- معامل التوصيل الحراري الكلي للحوائط الرأسية والسقف $2.4 W/m^2 K$
- معامل التوصيل الحراري الكلي للأرضية $0.6 W/m^2 K$
- معامل التوصيل الحراري الكلي للباب الخشبي $2.0 W/m^2 K$
- معامل التوصيل الحراري الكلي للشبابيك الزجاجية $5.6 W/m^2 K$

الحل :

يستحسن حل مثل هذا النوع من المسائل على هيئة جدول كالتالي:

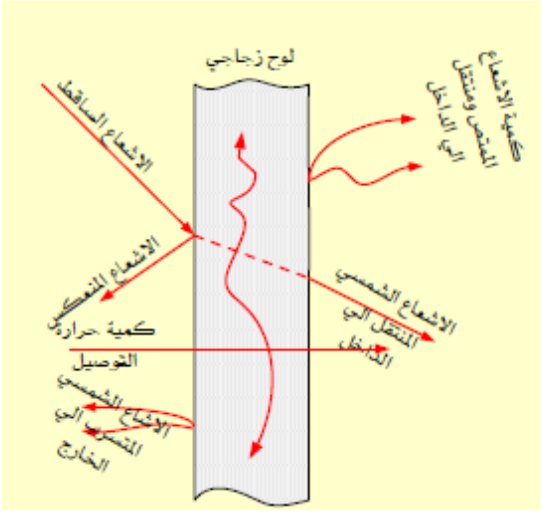
Q_w W	ΔT $°C$	A m^2	U $W/m^2\,K$	البيان
1981.4	16	51.6	2.4	الجدران الرأسية
96.0	16	3.0	2.0	الباب
483.8	16	5.4	5.6	الشبابيك
1382.4	24	24	2.4	السقف
43.2	03	24	0.6	الأرضية
3986.8	انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران			

جدول (٢ – ١٥): مثال٢

انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران $Q_w = 3986.8\ W = 3.987\ kW$

ب ـ الكسب الإشعاعي خلال المساحات الزجاجية (Q_{rad})

غالبا ما يحدد الكسب الشمسي خلال الشبابيك الوقت من ناحية اليوم والسنة الذي يخمن عنده الحمل وبالرجوع لجداول الكسب الشمسي خلال الزجاج يلاحظ إن الكسب خلال الشبابيك الشرقية والغربية يصل قمته عند الثامنة صباحا والرابعة مساء على التوالي في شهر يولية في حين يتحقق ذلك بين الساعة الثانية عشر ظهرا والثانية بعد الظهر للشبابيك الجنوبية في شهري لذا فقد يكون ضروريا إجراء أكثر من تخمين واحد للوقوف على الحمل الأقصى.



شكل (٢ – ٢٧): الكسب الإشعاعي للمساحات الزجاجية

كمية حرارة الإشعاع الزجاجي التي تنتقل إلى الحيز المكيف جزء منها يكون عبارة عن حرارة الإشعاع المباشر، وبعض من الحرارة التي يمتصها الجسم الزجاجي تتسرب إلى الداخل أيضا زيادة على حمل التوصيل الذي ذكرناه سابقا.

كمية الحرارة خلال الجسم الزجاجي = الحرارة بالإشعاع المباشر + جزء من الحرارة الممتصة + حرارة التوصيل.

يمكن التعبير عن كمية الحرارة المنتقلة خلال الأسطح الزجاجية بالمعادلة التالية:

$$Q_{rad} = A \times I \times (SC)$$

حيث:

الكسب نتيجة الإشعاع الشمسي خلال الزجاج $Q_{rad} = [kW]$

شدة الإشعاع الشمسي $I = (W/m^2)$

معامل التظليل $SC = [None]$

حيث نجد إن انتقال الحرارة خلال الزجاج يختلف أيضا حسب نوعية التظليل كما إن وجود ستائر على الشبابيك يقلل من كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة للحيز كما يبينه الجدول التالي:

عدد الألواح	مع ستارة داخلية	بدون تظليل
واحد: عادي	0.64	0.83
مع سفيفة	0.57	0.69
مع طبقة عاكسة	0.33	0.40
اثنين: عادي	0.57	0.88
مع طبقة عاكسة	0.34	0.40

جدول (٢ – ١٦): معامل التظليل للزجاج

كمية حرارة الإشعاع خلال المساحات الزجاجية تتأثر أيضا بوجود ظل من الجدران الملاصقة (أو عن طريق عمل ستائر خارجية تحجب الإشعاع الشمسي) على تلك المساحات حيث يحجب عن الزجاج كثيرا من أشعة الشمس مما يقلل من انتقال الحرارة بالإشعاع إلى الحيز المكيف..

ج ـ الحمل الحراري للتسرب أو التهوية (Q_v) : ـ

تقريبا جميع المباني تسمح بتسرب الهواء الخارجي إلى الحيز المكيف من خلال الشبابيك و الأبواب وهذا ما يعرف بهواء التسرب (infiltration). كمية هذا الهواء تعتمد على مستوى المبنى (building quality) فكل ما كان المبنى محكما كلما قل هواء التسرب كذلك تعتمد كمية هواء التسرب على سرعة الريح حيث يزيد معدل هواء التهوية مع زيادة سرعة الريح.

قد يشكل تسرب الهواء من الجو المحيط إلى الحيز المكيف كسبا كامنا كبيرا ولدرجة أقل كسبا محسوسا للغرفة يمكن اختزال تأثير هذا التسرب في معظم التطبيقات التي تراعي فيها المواصفات القياسية للتهوية بهواء مرشح مكيف من جهاز التكييف.ويجب إضافة 20% لمعدل التسرب المحسوب لبلوغ الحد الأدنى اللازم للتهوية. يصعب تحديد مقدار التسرب لمساحة مكيفة معينة وتتوفر عدة

طرق لأغراض التصميم أبسطها تفرض هواء التسرب يعادل تغيير هواء الغرفة بأكمله مرة واحدة إلى مرة ونصف في الساعة: أي: التسرب $\{m^3/s\}$ = (حجم الغرفة ×معدل معدل تغيير الهواء) ÷ 3600

هذه الطريقة شائعة الاستخدام ويمكن التعويل عليها لتأكيد نتائج الطرق الحسابية مثل التي يعزي فيها التسرب إلى شقوق الشبابيك وتأثير فتح وغلق الأبواب. في المباني التي تستخدم فيها شبابيك ثابتة، خاصة مزدوجة التزجيج منها، يضمحل التسرب لحد كبير. ويمكن اعتبار معدل تغيير الهواء 0.25 إلى 0.50.

الطريقة الأخرى لحساب معدل هواء التهوية ($\dot{V}$) هو عن طريقة الشقوق (Crack method). ومعدل هواء التسرب في هذه الحالة يعتمد على مساحة الشقوق (A) وفرق الضغط بين الداخل والخارج (Δp) أي

$$\dot{V} = AC\Delta p^n$$

حيث:

A= المساحة الفعالة للشقوق

C= معامل يعتمد على نوعية فتحة الشق ونوعية السريان

Δp = فرق الضغط بين الداخل والخارج

n= أس يعتمد على نوعية سريان الهواء في الشقوق $0.4 < n > 1.0$

لمثل هذه الحالات تم عمل جداول لتبين معدل سريان هواء التسرب.فالجدول (٢ ـ ١٦) يبين التسرب خلال الشبابيك لكل متر من أطوال الشقوق والجدول (٢ -١٧) يبين التسرب خلال الأبواب لأنماط الاستعمال الشائعة

نوع الشباك	$L/s/m$
إطار خشبي (حالته جيدة)	0.36
إطار خشبي (حالته رديئة)	1.00
إطار معدني	0.72
معدني. متمركز رأسيا	1.70
معدني. متمركز عموديا	1.44
معدني – بوابي	0.50

جدول (٢ – ١٧): التسرب خلال الشبابيك

ملحوظة : حسبت القيم أعلاه لسرعة ريح مقدارها 3.35 m/s في الصيف.

جدول التسرب من خلال الأبواب:

معدل التسرب (L/s)			
نوع الباب	مغلق	استخدام عادي	مفتوح
أبواب دوارة	13	85	565
باب زجاجي $(2.73m \times 0.92m)$	45	165	330
باب خشبي $(2.00m \times 0.76m)$	5	35	236
باب خشبي $(2.13m \times 0.92m)$	9	64	330
باب خشبي $(2.13m \times 1.84m)$	38	85	660

جدول (٢ – ١٨): التسرب خلال الأبواب

ملحوظة : حسبت القيم أعلاه لسرعة ريح مقدارها 3.35 m/s في الصيف

المباني الكبيرة التي تستعمل غالبا التكييف المركزي ، تستعمل كمية هواء التهوية اللازمة بدلا من هواء التسرب

ينقسم هواء التهوية أو التسرب إلى قسمين:

١ـ حمل حراري محسوس Q_{vs}

$$Q_{vs} = \frac{\dot{V}}{v_o} c_{pair} (T_i - T_o)$$

حيث :

معدل سريان الهواء الحجمي $\dot{V} = [m^3 / s]$

الحجم النوعي للهواء الخارجي $v_o = [m^3 / kg]$

الحرارة النوعية للهواء $c_{p_{air}} = [1.006\ kJ / kgK]$

ii

٢ - حمل كامن (Q_{v_i})

$$Q_{v_i} = \frac{V}{v_o}(\omega_i - \omega_o) \times h_{fg}$$

حيث : الرطوبة النوعية للهواء الخارجي $\omega_o = [kg_{water} / kg_{air}]$

الرطوبة النوعية للهواء الداخلي $\omega_i = [kg_{water} / kg_{air}]$

الحرارة الكامنة للتبخير عند درجة الهواء الداخلي $h_{fg} = [2254\ kJ / kg]$

إذن فالحمل الكلي للتبريد أو التهوية (Q_v) هو مجموع الحمل المحسوس زائداً الحمل الكامن .

$$Q_v = Q_{v_s} + Q_{v_l} = \frac{V}{v_o}\Delta h$$

حيث : فرق الإنثالبي بين الهواء الداخلي والخارجي $\Delta h = [kJ / kg]$

كثير من المصممين يستعملون نظام معدل تغيير الهواء للغرفة /الساعة (N) حيث يحسب الحمل الكلي للتبريد أو التهوية (Q_v) بالمعادلة التالية

$$Q_v = \frac{N \times V \times \Delta h}{3600 \times v_o}$$

حيث:

حجم الحيز أو الغرفة $V = [m^3]$

الاستخدام	معدل تغير الهواء (ACH)
مسارح – سينما	6-10
مكتبات	3-4
مكاتب	4-6
معامل	4-6
غرفة طعام	5-10
صيدليات	6
مطابخ	6
مطابخ – فنادق – مناطق صناعية	20

جدول (٢ – ١٩): معدلات تغير الهواء (ACH)

٢ ـ على أساس عدد الأشخاص

كمية الهواء المطلوب للتهوية = كمية الهواء اللازمة للشخص الواحد × عدد الأشخاص

الكمية اللازمة لكل شخص تستخرج من الجداول مثال ذلك الجدول (١٩.٢)التالي:

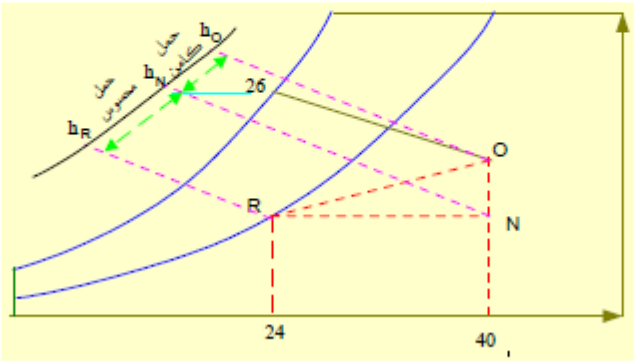
الاستخدام	التدخين	معدلات التهوية لكل شخص (L/s)	
		الأدنى	المفضل
شقة	أحيانا	7	9.5
مصرف	أحيانا	5	7.5
صالون	أحيانا	5	7.0
محلات تجارية	ممنوع	2.5	3.5
مصانع	ممنوع	3.5	5.0
مستشفيات	ممنوع	12	14
فنادق	شديد	12.0	14.0
غرف اجتماعات	شديد	14.0	24.0
مكاتب عامة	أحيانا	7.5	12.5
مطاعم	أحيانا	7.5	10.0
كفتيريا	أحيانا	3.5	6.0
مسارح	ممنوع	2.5	5.0

جدول (٢ – ٢٠): معدل التهوية

مثال٣ :

مكتب أبعاده الداخلية $3m \times 6\ m \times 3m$ 8 مكيف عند $24°C(db),50\%RH$ أوجد الحمل المحسوس، الحمل الكامن والحمل الكلي للتهوية باعتبار معدل تغيير هواء الغرفة في الساعة، ACH=5 والأحوال الخارجية عند $40°C(db),26°C(wb)$

من الخريطة السيكرومترية:



شكل (٢ – ٢٩): مثال

$h_R = 48.5\ kJ/kg \qquad h_O = 75.0 kJ/kg \qquad h_N = 65.0 kJ/g$

$v_0 = 0.908\ m^3/kg$

∴معدل السريان الحجمي لهواء التهوية $\dot{V} = \frac{V \times ACH}{3600}$

$$\dot{V} = \frac{(8 \times 6 \times 3) \times 5}{3600}$$

$$\dot{V} = 0.2\ m^3/s$$

معدل سريان هواء التهوية $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_0} = \frac{0.2}{0.908} = 0.22\ kg/s$

حمل التهوية المحسوس $Q_{v_s} = \dot{m}(h_N - h_R)$

$Q_{v_s} = 0.22\ (65 - 48.5) = 3.63\ kW$

حمل التهوية الكامن $Q_{vl} = \dot{m}(h_0 - h_N)$

$Q_{v_l} = 0.22\ (75 - 65) = 2.2\ kW$

حمل التهوية $Q_v = Q_{vs} + Q_{vl}$

$Q_v = 3.63 + 2.2 = 5.83\ kW$

أو

حمل التهوية $Q_v = \dot{m}(h_o - h_R)$

$Q_v = 0.22\ (75.0 - 48.5) = 5.83\ kW$

د ـ أحمال الإضاءة (Q_L)

تحسب أحمال الإضاءة من المعادلة التالية

$$Q_L = N \times P \times F \times (DF)$$

حيث إن:

$N =$ عدد اللمبات

$P = [W]$ قدرة اللمبة الواحدة

$F =$ المعامل (حسب نوع اللمبة)

=1.25 -1.30 for florescent lamps
= 1.0 for bulb lamps

$DF =$ معامل الثباين

يلاحظ إن قدرة اللمبات الفلورسنت زيدت بمقدار 30% -25 لتأخذ في الاعتبار القدرة اللازمة للمحول الذي يعمل مع اللمبات الفلورسنت . في الحسابات التقريبية نجد أننا ،نأخذ معامل التباين(يساوي واحد).

قد نحتاج في بعض الأحيان تحديد عدد اللمبات اللازمة لإضاءة حيز معين وفي هذه الحالة نستعمل الجداول التي توضح شدة الإضاءة اللازمة لكل استخدام مثال ذلك الجدول الت إلى :

نوع الاستخدام	شدة الإضاءة (W/m^2)
مكاتب	60
مصانع	45
مدارس – جامعات	40
سكن – مسرح – فندق	20
مطعم	17
مستشفيات – متاحف	15

جدول (٢ – ٢١): شدة الإضاءة

مثال ٤ :

احسب الحمل الحراري الناتج عن الإضاءة إذ يوجد 50 لمبة كهربية عادية قدرة كل منها 100 W و 20 لمبة فلورسنت قدرة كل منها 40 W.

الحل:

$$Q_{light} = (N_1P_1)_{bulb} + (1.25N_2P_2)_{flourescent}$$

$$= 50\times100+1.25\times20\times40$$
$$= 5000+1000 = 6000\ W = 6\ kW$$

مثال٥ :

حجرة دراسية مساحتها $50\ m^2$ يراد إضاءتها. أوجد عدد اللمبات التي يجب إن تركب في هذه الغرفة عند :

- عند اختيارنا لمبات عادية قدرة كل لمبة 100 W.
- عند اختيارنا لمبات فلورسنت قدرة كل لمبة 40 W.

و كذلك الحمل الحراري للإضاءة لهذه الحجرة.

الحل:

من الجدول السابق، نجد إن شدة الإضاءة للحجرة الدراسية تكون على الأقل $40\ W/m^2$ عليه يكون قدرة الإضاءة اللازمة للحجرة الدراسية (I)

$$I = 50\times40 = 2000\ W$$

عند اختيارنا للمبات العادية وباعتبار 100 W لكل لمبة، فإن عدد اللمبات العادية(N_1) يكون :

$$N_1 = \frac{2000}{100} = 20$$

ويكون عندئذ حمل الإضاءة هو $2000W$

إذا اخترنا لمبات فلورسنت قدرة كل لمبة 40 W ، عليه تكون عدد اللمبات الفلورسنت (N_2)

$$N_2 = \frac{2000}{40} = 50$$

في هذه الحالة يكون الحمل الحراري

$$Q_{light} = (1.25N_2P_2)_{flourescent}$$

$$= 1.25\times50\times40 = 2500\ W$$

هـ . الحرارة المكتسبة من الأشخاص Heat of Occupants

يعطي شاغلو الأماكن المكيفة حرارة تتوقف على طبيعة حالة كل شخص . يعطي الإنسان حرارة محسوسة نتيجة اختلاف درجة حرارة جسمه (37^0C) عن درجة الراحة داخل المكان المكيف كما يعطي حرارة كامنة نتيجة تبخر بخار الماء داخل الرئة وتبخر العرق من سطح جسمه المعرض للهواء .

و تتسرب الحرارة التي يولدها الإنسان بإحدى ثلاث طرق :

بالإشعاع كحرارة محسوسة ، بالحمل كحرارة محسوسة وتتبخر الرطوبة التي يفرزها جسم الإنسان بشكل حرارة كامنة. وكلما زادت درجة حرارة البصيلة الجافة في الفضاء المكيف كلما زاد اعتماد الجسم على التبخير لتأمين تبريده وبذلك يزداد الحمل الحراري الكامن ويلعب مستوى الفعالية والحركة للإنسان دورا هاما في تقسيم الحمل الحراري من الأشخاص إلى كامن ومحسوسة كذلك في المعدل الأيض metabolic rate الكلي.الجدول الت إلى يوضح متوسط الكسب الحراري المتوقع من الأشخاص لمختلف التطبيقات عند أحوال منطقة الراحة .

حالة الإنسان	الاستخدام	حرارة محسوسة	حرارة كامنة	المجموع
جالس ومستريح	مسرح	66	31	97
جالس ويعمل عمل خفيف	مكتب - شقة - فندق	72	45	117
يزاول عمل متوسط	مكتب - شقة - فندق	73	59	132
واقف ويزاول عمل خفيف	محلات تجارية	73	59	132
يمشي ببطء	مصرف	73	73	146
جالس	مطعم	81	81	162
يزاول شغل بسيط	مصنع	81	139	220
عامل متحرك	مصنع	81	139	220
عامل يزاول شغل متوسط	مصنع	88	204	292
عامل يزاول شغل ثقيل	مصنع	170	255	425
شخص يزاول رياضة	مصنع	170	255	425

جدول (٢ – ٢٢): الكسب الحراري للأشخاص (w)

تعين الحرارة المحسوسة التي يعطيها شاغلي المكان بالمعادلة التالية:

$$Q_{p_s} = n \times q_{p_s} \times (D.F.)$$

وتعين الحرارة الكامنة التي يعطيها شاغلي المكان بالمعادلة التالية

$$Q_{p_L} = n \times q_{p_L} \times (D.F.)$$

حيث إن:

n = عدد الأشخاص داخل المكان المكيف

. معامل التباين (Diversity Factor) والذي يأخذ في الاعتبار عدم تواجد كل الأشخاص في نفس خطة حمل الذروة ويعين من الجداول DF.= .

q_{p_s} = معدل الحرارة المحسوسة التي يعطيها كل شخص .

q_{p_L} = معدل الحرارة الكامنة التي يعطيها كل شخص .

مثال ٦

احسب الحمل الحراري الكامن، المحسوس والكلي الناتج عن الأشخاص إذا كان عدد الأشخاص 100 يزاولون عملا بسيطا. ومتواجدين جميعا (DF=1)

الحل:

من الجدول السابق نجد إن الحارة الناتجة لكل شخص هي:

$q_s = 81\ W$ و $q_l = 139\ W$ و $q = 229\ W$

الحرارة المحسوسة لكل الأشخاص $Q_{P_s} = 100 \times 81 = 8100\ W$

الحرارة الكامنة لكل الأشخاص $Q_{pl} = 100 \times 139 = 13900\ W$

الحرارة الكلية لكل الأشخاص $Q_p = 100 \times 220 = 22000\ W = 22.0\ kW$

أو الحرارة الكلية لكل الأشخاص $Q_p = Q_{p_s} + Q_{P_l}$

$$Q_p = 8100 + 13900 = 22000\ W = 22.0\ kW$$

الاستخدام	معامل التباين	
	الأشخاص	الإضاءة
مكاتب	0.90 – 0.70	0.85 – 0.70
شقق ـ فنادق	0.60 - 0.40	0.50 – 0.30
محلات تجارية	0.80–0.90	1.00 – 0.90
مصانع	0.85–o.95	0.90 – 0.80

جدول (٢ – ٢٢): معامل التباين

و ـ حرارة المعدات Heat of Equipment

قد توجد داخل الأماكن المكيفة أجهزة ومعدات بعضها تعطي حرارة محسوسة فقط كالتليفزيونات وآلات التصوير..الخ وبعضها تعطي إضافة إلى الحرارة المحسوسة حرارة كامنة. تحدد حرارة كل جهاز أو معدة من الجداول أو الكتلوجات.

في حالة الموتورات يعين الحمل الحراري لها (Q_E) من العادلة التالية :

$$Q_E = \sum (1-\eta)E$$

حيث إن:

E = القدرة اللازمة للمعدة

η = كفاءة الموتور

مثال٧

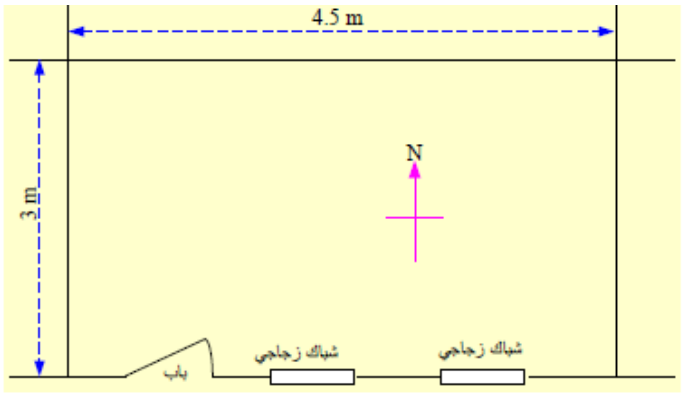
احسب الحمل الحراري الناتج عن استعمال عدد2 موتور كهربائي قدرة كل منها 0.5 kW وكفاءتها 70%.

الحل :

$$Q_E = \sum (1-\eta)E$$
$$= 2 \times (1-0.7) \times 0.5 = 0.30\ kW$$

مثال ٨ :

الغرفة الموضحة أدناه أبعادها $4.5m \times 3.0m \times 3.0m$ ومكيفة عند $26°C(db),50\%RH$ وشروط التصميم الخارجية $43°C(db),26°C(wb)$ ، معامل انتقال الحرارة الكلي للزجاج ، الحوائط الأرضية و السقف والأبواب $6.42\ W/m^2K$ ، $1.35\ W/m^2K$ ، $1.6\ W/m^2K$ و $1.6\ W/m^2K$ على التوالي . درجة حرارة الأماكن المجاورة للغرفة (بما فيها الأرضية والسقف) تقل بـ $8°C$ عن درجة حرارة الوسط الخارجي . مساحة الزجاج للحائط الجنوبي $4\ m^2$ ومساحة الباب الخشبي $3\ m^2$. فرق درجات الحرارة الإضافي للشمس $12°C$. وحرارة الشمس المكتسبة للزجاج $355\ W/m^2$. الهواء النقي لكل شخص $10\ L/s$. الغرفة تحتوي على أربع لمبات فلورسنت قدرة $60\ W$ وبالغرفة عدد 3 أشخاص يعطي كل واحد منهم $72\ W$ حرارة كامنة و $45\ W$ حرارة محسوسة . أوجد الحمل الكلي للغرفة.



شكل (٢ – ٢٠): مثال

الحل :

حمل انتقال الحرارة للجدران (جدول٢ ـ ٢٢) $Q_w = 1438.86W = 1.439kW$

الحرارة المكتسبة للجدران = حرارة الإشعاع للزجاج + تأثير الشمس للجدران (الجنوبي)

حرارة الاشعاع للزجاج $Q_{rad} = A \times I \times (SC)$

ومن الجداول $SC = 0.83$

$$Q_{rad} = A \times I \times (SC)$$

$$= 4 \times 355 \times 0.83 = 1178.6\ W$$

الكسب الحراري للجدران نتيجة أشعة الشمس $Q_{sun} = \Sigma(UA\Delta T_s)$

∴ كمية الحرارة المكتسبة للجدران الجنوبية $Q_{sun} = (UA\Delta T_s)$

$$= 1.35 \times 6.5 \times 12 = 105.3\ W$$

الحرارة الكلية نتيجة أشعة الشمس

$$Q_{sol} = 1178.6 + 105.3 = 1283.9\ W = 1.284\ kW$$

حمل الإضاءة $Q_L = N \times P \times F$

$$= 4 \times 60 \times 1.25 = 300W = 0.300kW$$

حمل الأشخاص المحسوس $Q_{p_s} = n \times q_{p_s} \times (D.F.)$

$$= 3 \times 72 \times 1 = 216\ W$$

حمل الأشخاص الكامن $Q_{p_L} = n \times q_{p_L} \times (D.F.)$

$$= 3 \times 45 \times 1 = 135\ W$$

الحرارة الكلية المكتسبة من الأشخاص $Q_p = Q_{p_S} + Q_{pl}$

$$= 216 + 135 = 351W = 0.351kW$$

حمل التهوية:

من الخريطة السيكرومترية :

للأحوال الخارجية $v_o = 0.916\ m^3/kg$ $h_0 = 81\ kJ/kg$

للأحوال الداخلية $h_i = 58\ kJ/kg$

المعدل الحجمي لهواء التهوية $\dot{V} = 3 \times 10 = 30\ L/s = 0.030\ m^3/s$

معدل سريان هواء التهوية $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_o} = \frac{0.030}{0.916} = 0.033\ kg/s$

حمل التهوية $Q_v = \dot{m}(h_o - h_i)$

$= 0.033(81-58) = 0.759\ kW$

حمل الغرفة الكلي (Q_R) $Q_R = Q_w + Q_{sol} + Q_l + Q_p + Q_v$

$= 1.439 + 1.284 + 0.300 + 0.351 + 0.759 = 4.133\ kW$

الحرارة المنتقلة خلال الجدران $Q_w = \sum UA(T_o - T_i)$

$Q_w\{W\}$	$(T_o - T_i)$	$A(m^2)$	$U\{W/m^2K\}$	
109.35	9	9.0	1.35	الجدران الشرقية
109.35	9	9.0	1.35	الجدران الغربية
149.175	17	6.5	1.35	الجدران الجنوبية
164.025	9	13.5	1.35	الجدران الشمالية
436.56	17	4.0	6.42	الشبابيك الزجاجية
81.6	17	3.0	1.6	الأبواب الخشبية
194.4	9	13.50	1.6	الأرضية
194.4	9	13.50	1.6	السقف
1438.86				

جدول (٢ – ٢٤): مثال

حساب أحمال التسخين Heating Load Calculation

تنقسم الحرارة المفقودة من الحيز المكيف إلى مجموعتين :-

أ - انتقال الحرارة خلال العناصر المحيطة والمكونة للحيز المكيف كالجدران ، الأرضية ، السقف، الزجاج ..الخ

ب - الحمل الحراري نتيجة تسرب الهواء من خلال الشقوق و الفتحات أو الحمل الحراري اللازم لتدفئة هواء التنفس الخارجي .

يجب الأخذ في الاعتبار سرعة الرياح التي تؤثر على حمل التسرب وكذلك تزيد من المقاومة الخارجية للأسطح المؤثرة في حمل التوصيل الحراري (h_o) .

غالباً ما يكون وقت حساب حمل التسخين في ساعات الليل أي أنه غالباً ما يهمل حمل التوصيل بالإشعاع كما أنه يمكن إهمال بعض الأحمال(مثل الإضاءة والأشخاص) التي لا تؤثر كثيرا على حمل التسخين عندئذ إلا في المسارح والمعارض أو الأماكن التجارية.

يمكن الأخذ في الاعتبار الآتي عند حساب حمل الانتقال بالنسبة للأرضية :-

- إن فرق درجات الحرارة بين سطح الأرضية والأحوال الخارجية يكون غالباً في حدود $15^{\circ}C$

-يلاحظ إنه في حالة أحوال الشتاء المعتدلة، يمكن إهمال معدل انتقال الحرارة خلال الأرضية (adiabatic conditions)

عند الأخذ في الاعتبار أحمال الأشخاص والإضاءة والمعدات فإنها تقلل من حمل التسخين للحيز المكيف أي أنها عامل مساعد لأحمال التسخين

تستعمل نفس القوانين السابقة لإيجاد أحمال التسخين.

تحليل الأحمال الحرارية:

لإيجاد معامل الحرارة المحسوس (SHF)، لابد من تحليل الأحمال الحرارية إلى أحمال محسوسة وأحمال كامنة

$$SHF = \frac{Q_s}{Q_T} = \frac{Q_s}{Q_s + Q_l}$$

حيث:

الحمل المحسوس للحيز	$Q_s = \{W\}$
الحمل الكامن للحيز المكيف	$Q_l = \{W\}$
الحمل الكلي	$Q_T = \{W\}$

وعليه يمكن تصنيف الاحمال الحرارية كالاتي:

- أحمال الجدران: أحمال محسوسة
- أحمال الكسب الحراري نتيجة الإشعاع الشمسي: أحمال محسوسة
- أحمال الإضاءة: أحمال محسوسة
- أحمال التهوية: محسوسة وكامنة
- أحمال التهوية: أحمال محسوسة وكامنة
- أحمال الأجهزة والمعدات: تعتمد على نوعية المعدة أو الجهاز

مثال ٩:

الرسم الت إلى يبين مبنى مكيف عند $24°C(db),50\%RH$. للمبنى جدار زجاجي من الناحية الجنوبية بطول 24m وارتفاع 4.25m و3 أبواب خشبية أبعاد كل باب $2m \times 2.5m$.معامل انتقال الحرارة الكلي لمكونات المبنى كالتالي: .

- الحوائط $U = 0.7\ W/m^2K$
- السقف $U = 0.5\ W/m^2K$
- الشبابيك الزجاجية $U = 3.2\ W/m^2K$
- الأبواب $U = 1.6\ W/m^2K$

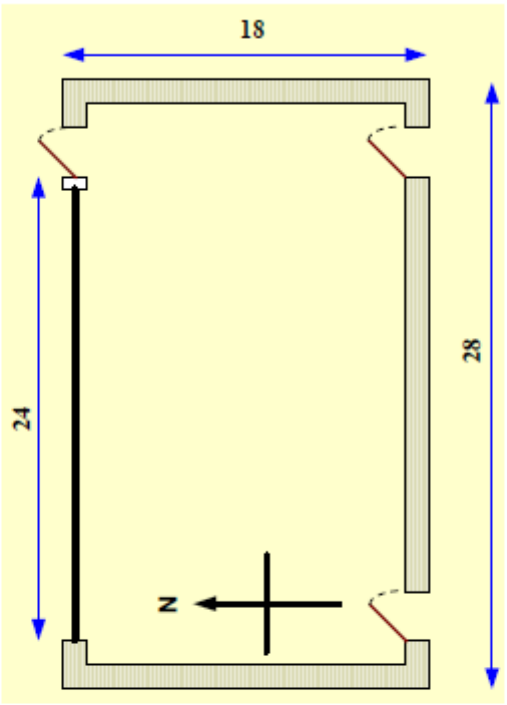
- عدد الأشخاص بالمبني 100

- كمية حرارة الأيض لكل شخص 72 W حرارة محسوسة و 45 W حرارة كامنة

- معدل التهوية للمبني لكل شخص 5 L/s

- الإضاءة 10 W/m^2

باعتبار الأحوال الخارجية التالية $10°C\ (db),6°C\ (db)$، أوجد الحمل المحسوس ، الكامن والكلي ومن ثم أوجد معامل الحرارة المحسوس للغرفة .



شكل (٢ – ٢١): مثال

الحل:

بما إن درجات الأحوال الخارجية تقل عن درجات الحرارة للأحوال الداخلية

فالأحوال هي شتاء وعليه يمكن إهمال الحرارة المكتسبة بالإشعاع وكذلك انتقال الحرارة عن طريق الأرضية وعليه تكون الأحمال الحرارية هي:

انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران $Q_w = \Sigma UA(T_o - T_i)$

حمل انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران (Q_w) (انظر جدول ٢ ـ ٢٤)

$Q_w = -10713.5\ W = -10.714\ kW$

حمل الإضاءة $Q_L = 10 \times 28 \times 18$

$= 5040W = 5.040kW$

حمل الأشخاص المحسوس $Q_{p_s} = n \times q_{p_s} \times (D.F.)$

$= 100 \times 72 \times 1 = 7200W = 7.200\ kW$

حمل الأشخاص الكامن $Q_{p_L} = n \times q_{p_L} \times (D.F.)$

$= 100 \times 45 \times 1 = 4500\ W = 4.500\ kW$

الحرارة الكلية المكتسبة من الأشخاص $Q_p = Q_{ps} + Q_{pl}$

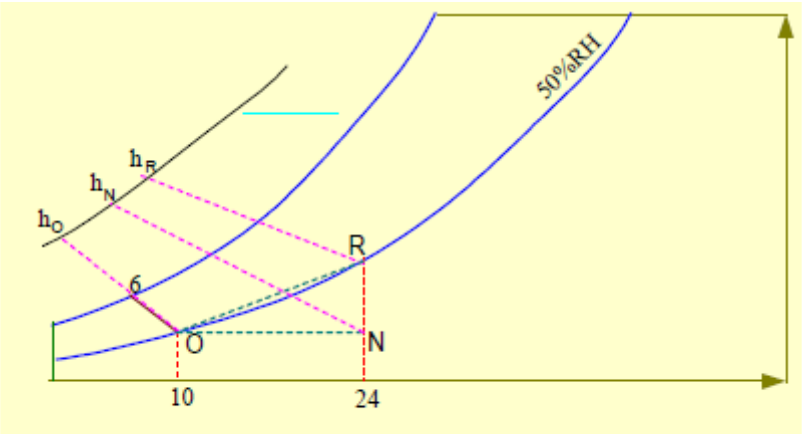
$= 7200 + 4500 = 11700\ W = 11.700\ kW$

$Q_w\{W\}$	$(T_o - T_i)$	$A(m^2)$	$U\{W/m^2K\}$	
-749.7	-14	76.5	0.7	الجدران الشرقية
-749.7	-14	76.5	0.7	الجدران الغربية
-957.95	-14	8.5	0.7	الجدران الجنوبية
-83.3	-14	102	0.7	الجدران الشمالية
-4569.6	-14	102	3.2	الشبابيك الزجاجية(الشمالية)
-33.6	-14	15	1.6	الأبواب الخشبية
-3528	-14	504	0.5	السقف
-10713.5	انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران			

جدول (٢ – ٢٥): مثال ٩

حمل التهوية:

من الخريطة السيكرومترية:



شكل (٢ – ٢٢): مثال٩

للأحوال الخارجية $h_R = 48.5\ kJ/kg$ $v_o = 0.807\ m^3/kg$

للأحوال الداخلية $h_O = 20.5\ kJ/kg$ $h_N = 34.5\ kJ/kg$

المعدل الحجمي لهواء التهوية $\dot{V} = 5 \times 100 = 0500L/s = 0.500m^3/s$

معدل سريان هواء التهوية $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_o} = \frac{0.500}{0.807} = 0.62kg/s$

حمل التهوية المحسوس $Q_{vs} = \dot{m}(h_O - h_N)$

$= 0.62(20.5 - 34.5) = -8.680kW$

حمل التهوية الكامن $Q_{vl} = \dot{m}(h_N - h_R)$

$= 0.62(34.5 - 48.5) = -8.680\ kW$

$Q_v = \dot{m}(h_O - h_R)$

$= 0.62(20.5 - 48.5) = -17.36\ kW$

أو $Q_v = Q_{vs} + Q_{vl}$

$= -8.680 + -8.680 = -17.36\ kW$

حمل الغرفة الكلي (Q_{RT})

	حمل محسوس(kW) Q_{R_S}	حمل كامن (kW) Q_{Rl}
حمل انتقال الحرارة بالتوصيل للجدران (Q_w)	-10.714	
حمل الإضاءة (Q_L)	5.040	
الحرارة الكلية المكتسبة من الأشخاص (Q_p)	7.200	4.500
حمل التهوية (Q_v)	-8.680	-8.680
حمل الغرفة الكلي (Q_{RT})	-7.154	-4.180

جدول (٢ – ٢٦): مثال ٩

حمل الغرفة الكلي $Q_{RT} = Q_{R_S} + Q_{Rl}$

$= -7.154 - 4.180 = -11.334$ kW

معامل الحرارة المحسوس للغرفة $SHF = \frac{Q_{RS}}{Q_{R_T}} = \frac{-7.154}{-11.334} = 0.63$

الخلاصة

-العوامل التي تؤثر على راحة الإنسان هي : درجة الحرارة، الرطوبة ، حرارة الإشعاع : سرعة الهواء ، حركة الشخص ونشاوة الهواء.

- خريطة منطقة الراحة : تعطي العلاقات المختلفة بين درجات الحرارة والرطوبة والتي يشعر فيها للشخص البالغ بالراحة وهو في حالة مستريح أو يزاول نشاطا خفيفا ويلبس لبسا عاديا عند هواء منخفض السرعة

- الأحمال الحرارية تنقسم إلى أحمال محسوسة وأحمال كامنة.

- الأحمال الحرارية للحيز المكيف تكون نتيجة:

أ ـ انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الجدران

ب ـ الكسب الحراري بالإشعاع والتوصيل نتيجة أشعة الشمس

ج ـ أحمال التهوية و/أو التسرب

د ـ الحرارة المكتسبة نتيجة وجود الأشخاص

هـ ـ الحرارة المكتسبة من الإضاءة

و ـ الحرارة المكتسبة من الأجهزة والمعدات

ـ تستعمل نفس المعادلات لأحمال التبريد والتسخين. وعند حساب أحمال التسخين يمكن إهمال الحرارة المكتسبة نتيجة الإشعاع والتوصيل نتيجة أشعة الشمس نسبة لأن أحمال التسخين تؤخذ عادة بالليل. كما إنه يمكن إهمال أحمال الأشخاص والإضاءة إلا في المحلات التجارية والمسارح.

- يمكن تقليل الأحمال الحرارية للمبنى عن طريق :

أ ـ استعمال مواد بناء لها معامل توصيل حراري منخفض كالعوازل مثلا

ب ـ تجنب الألوان الغامقة في المباني

ج ـ تقليل نسبة المساحات الزجاجية في المبنى .

د ـ للمساحات الزجاجية يمكن عمل ستائر خارجية و استعمال زجاج ذو طبقتين double-glazing مع مراعاة التظليل للزجاج.

هـ ـ أحكام المبنى للتقليل من هواء التسرب

و ـ استعمال الإضاءة المناسبة واللمبات ذات الكفاءة الحرارية العالية.

تمارين

١ - اذكر خمسة من العوامل التي تؤثر على راحة الإنسان ؟

٢ – ما المقصود بعوامل التصميم الداخلية والخارجية ؟ وكيف تختارها؟

٣ – حائط أبعاده $4m \times 3m$ وله معامل حراري كلي $U = 0.57W/m^2K$ بها باب إبعاده $1m \times 2m$ وله معامل حراري $U = 1.6W/m^2K$ وأيضا به نافذة زجاجية أبعادها $1.5m \times 0.75m$. معامل انتقال الحرارة الكلي للزجاج $U = 3.2W/m^2K$. أوجد معدل انتقال الحرارة خلال هذا الحائط ومكوناته إذا كان فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج يساوي $\Delta T = 16K$.

٤ – مكتب أبعاده $8m \times 6m \times 3m$ ومعدل تغير هواء التهوية للمكتب ACH=2. أوجد معدل التهوية الحجمي للمكتب.

٥ - مكتب أبعاد مساحته $8m \times 6m$ ، يراد إضاءته بمعدل $60\ W/m^2$. أوجد عدد اللمبات قدرة 40 W التي يجب تركيبها للمكتب وأيضا حمل الإضاءة في حالة استعمال:

أ . لمبات فلورسنت ب . لمبات عادية

٦- الرسم أدناه يبين غرفة طولها 10 m و عرضها 8 m وارتفاعها 3 m و بها عدد واحد باب مساحته 3 m^2 وأربع شبابيك زجاج مساحة كل واحد منها 1.5 m^2 . ودرجة حرارة الغرفة 24 ^oC كما موضح وأيضا درجة حرارة الغرفة المجاورة لها 24 ^oC . إذا علمت درجات الحرارة التالية :-

- درجة الحرارة الجافة الخارجية 40 ^oC
- درجة حرارة التربة 27 ^oC
- فرق درجات الحرارة نتيجة الشمس للناحية الجنوبية 7 ^oC
- فرق درجات الحرارة نتيجة الشمس للناحية الغربية 3 ^oC

ومعامل التوصيل الحراري الكلى (U) كما يلي:-

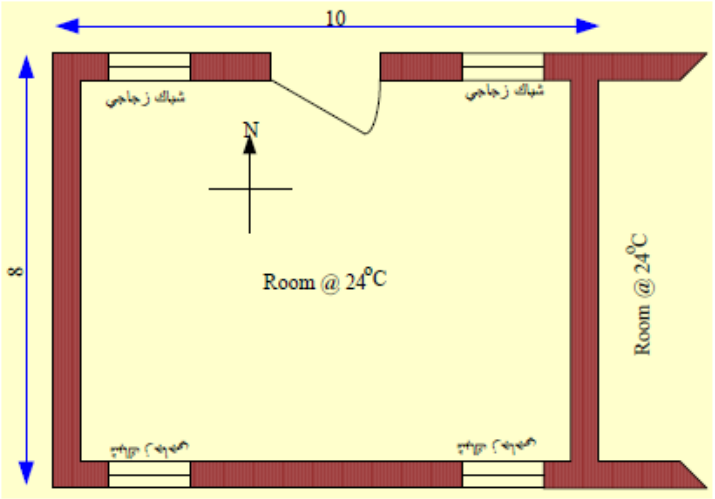
- الحوائط 2.4 W/ m^2 K
- الأرضية 0.6 W/ m^2 K
- الباب 2.0 W/ m^2 K
- الشبابيك 5.6 W/ m^2 K

ومعدل اكتساب الحرارة خلال الزجاج بالإشعاع لكل من:

الاتجاه الغربي 300 W/m^2

الاتجاه الجنوبي 200 W/m^2

احسب معدل انتقال الحرارة خلال الجدران مع إهمال انتقال الحرارة خلال السقف (لوجود غرفة في الدور العلوي منها عند نفس درجة الحرارة).

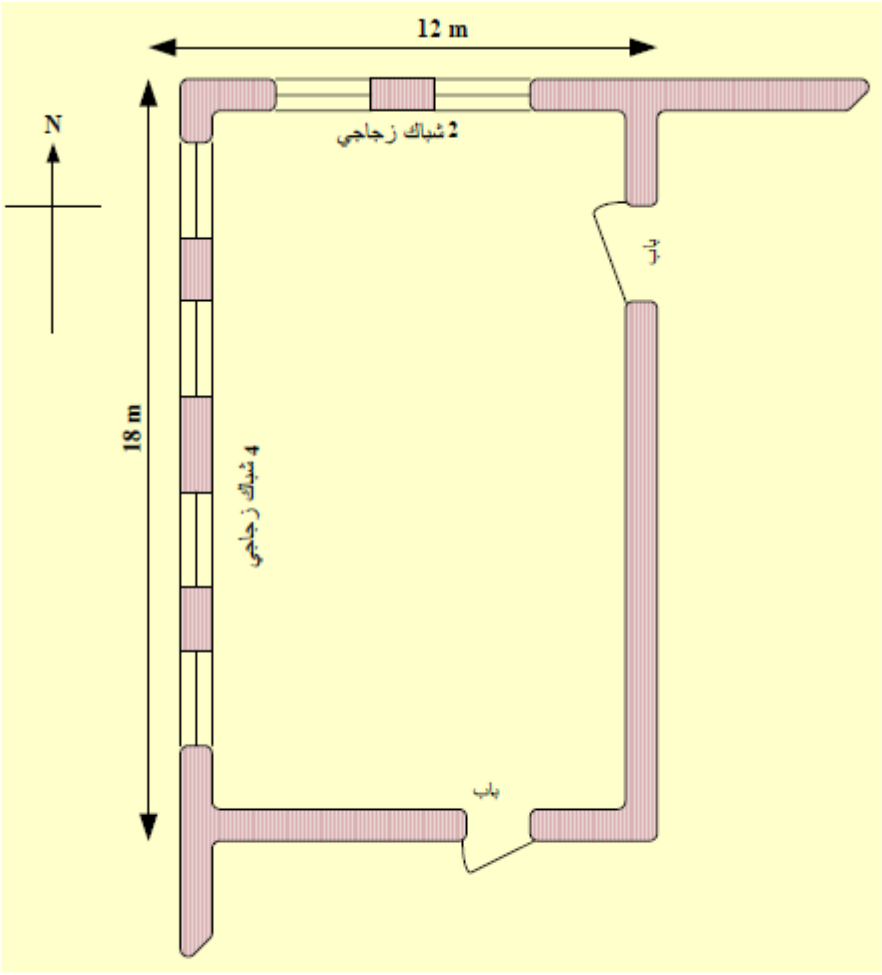


٧ - الرسم أدناه يوضح مكتبا يراد تكييفه. تم معرفة المعلومات الأولية التالية:

- أحوال المكتب الداخلية $24°C(db),50\%RH$
- الأحوال الخارجية $35°C(db),26°C(wb)$
- عدد شاغلي المكتب 30 شخصا
- الإضاءة 400 W
- ارتفاع السقف 3 m
- المبنى به 6 شبابيك زجاجية أبعاد كل منها $1.2m \times 3m$ و عدد2 باب أبعادها كالآتي : $1.5m \times 3m$ من الناحية الشرقية و $1.5m \times 1.2m$ من الاتجاه الجنوبي كما في الرسم.
- المباني المجاورة والمبنى الذي يعلو المكتب عند درجة حرارة $30°C(db)$ بينما المبنى الذي تحت المكتب عند درجة حرارة $24°C(db)$
- معامل انتقال الحرارة الكلي كما يلي:.
  - الحوائط الخارجية $U = 1.6\ W/m^2K$
  - الحوائط الداخلية (بين المباني) $U = 2.5\ W/m^2K$
  - السقف والأرضية $U = 1.5\ W/m^2K$
  - الشبابيك الزجاجية $U = 3.2\ W/m^2K$
  - الأبواب $U = 1.8\ W/m^2K$

بافتراض قيم مناسبة لتأثير الشمس ومعدلات التهوية، أوجد الحمل الكلي للمبنى.

أوجد الحمل الحراري للمبنى إذا كانت الأحوال الخارجية $10°C(db),6°C(db)$ مع عمل أي افتراضات جديدة تراها مناسبة مع التعليل.


12 m
N
2 شباك زجاجي
18 m
4 شباك زجاجي
باب
باب

اختبار ذاتي

السـؤال الأول

ضع علامة (✓) للإجابة الصحيحة وعلامة (×) للإجابة الخاطئة:

أ) الهواء الجوي عبارة عن 80 % أكسجين و 20 % نيتروجين ( )

ب) عند تسخين الهواء الرطب تزداد رطوبته النسبية ( )

ج) الرطوبة النسبية المنخفضة للهواء تساعد على تبخر العرق من الجسم ( )

د) هواء عند $35°C(db),30\%RH$ تم تبريده إلى $12°C(db),10°C(wb)$ اذن يحدث عندئذ تكثف لبخار الماء ( )

هـ) الستائر على المساحات الزجاجية تزيد من عملية انتقال الحرارة للمبني .

و) كلما زاد عدد الأشخاص لحيز ما شتاء كلما قل حمل التسخين للمبني ( )

ز) هواء جوي عند $12°C,10°C$ ، عليه تكون درجة الحرارة الرطبة هي $12°C$ والحرارة الجافة هي $10°C$ ( )

ح) كلما زادت درجة حرارة الهواء ، كلما زاد حجمه النوعي ( )

ط) معامل التلامس لملف التبريد يعتمد على نوعية ملف التبريد فقط ( )

ك) عملية الترطيب بالبخار تشريبياً مع ثبوت درجة الحرارة الجافة ( )

السـؤال الثاني

وحدة مناولة هواء (AHU) تتكون من مرطب بخار وملف تسخين على التو إلى . الحمل المحسوس للحيز هو 40 kW ومعامل الحرارة المحسوس للحيز يساوي 80%.تم خلط 60% من الهواء الراجع مع 40% من الهواء النقي . تم إعطاء المعلومات التالية:

- الأحوال الداخلية $25°C(db),\ 50\%RH$
- الأحوال الخارجية $10°C(db),6°C(wb)$
- درجة حرارة هواء التغذية للغرفة عند الأحوال الداخلية $35°C(db)$

مستعملا المعلومات المعطاة ، ارسم العمليات المذكورة على الخريطة السيكرومترية ومن ثم أوجد :

(i) ـ معدل سريان هواء التغذية للغرفة

(ii) ـ سعة ملف التسخين

(iii) ـ كمية بخار الترطيب

السـؤال الثالث

مكتب أبعاده $6m\times5m\times3m$ ، به عدد 2شباك زجاجي مساحة كل شباك $3m\times2m$ وباب خشبي واحد أيضاً أبعاده $1.5m\times2m$ (كما في الرسم المرفق). المكتب به عدد 10 أشخاص وكمية الحرارة الكلية الناتجة من الشخص الواحد هي 132 W. إضاءة المكتب تتم عن طريق 16 لمبة فلورسنت قدرة كل لمبة 50 W. معدل تغير الهواء للمكتب ACH=2. أحوال التصميم الداخلية هي $25°C(db),\ 50\%RH$ بينما أحوال التصميم الخارجية هي $10°C(db),6°C(wb)$. المكتب المجاور عند درجة حرارة $26°C(db)$.

- معامل انتقال الحرارة الكلي لمواد بناء الغرفة هي :

- ♦ معامل انتقال الحرارة الكلي للحوائط $1.6\ W/m^2K$
- ♦ معامل انتقال الحرارة الكلي للمساحات الزجاجية $3.2\ W/m^2K$
- ♦ معامل انتقال الحرارة الكلي للباب الخشبي $1.8\ W/m^2K$

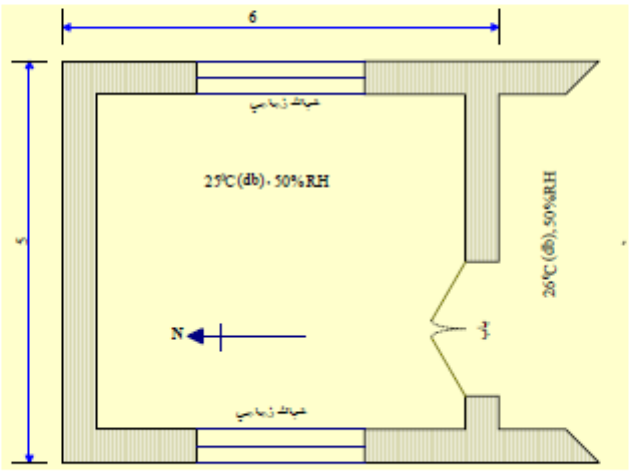
احسب الآتي:

أ ـ اوجد حمل الحوائط الرأسية بما في ذلك الشباك الزجاجي والباب باعتبار فرق درجات الحرارة

ب ـ حمل الأشخاص

ج ـ حمل الاضاءة

د ـ حمل التهوية .



الحل:

السـؤال الأول

ضع علامة (✓) للإجابة الصحيحة وعلامة (×) للاجابة غير الصحيحة :

أ) ـ الهواء الجوي عبارة عن 80 % أكسجين و 20 % نيتروجين (×)

ب) عند تسخين الهواء الرطب تزداد رطوبته النسبية (×)

ج) ـ الرطوبة النسبية المنخفضة للهواء تساعد على تبخر العرق من الجسم (✓)

د) هواء عند $35°C(db),30\%RH$ تم تبريده إلى $12°C(db),10°C(wb)$ إذن يحدث عندئذٍ تكثف لبخار الماء (✓)

هـ) الستائر على المساحات الزجاجية تزيد من عملية انتقال الحرارة للمبنى (×).

و) كلما زاد عدد الأشخاص لحيز ما شتاء كلما قل حمل التسخين للمبنى (✓)

ز) هواء جوي عند $12°C,10°C$ ، عليه تكون درجة الحرارة الرطبة هي $12°C$ والحرارة الجافة هي $10°C$ (×)

ح) كلما زادت درجة حرارة الهواء ، كلما زاد حجمه النوعي (✓)

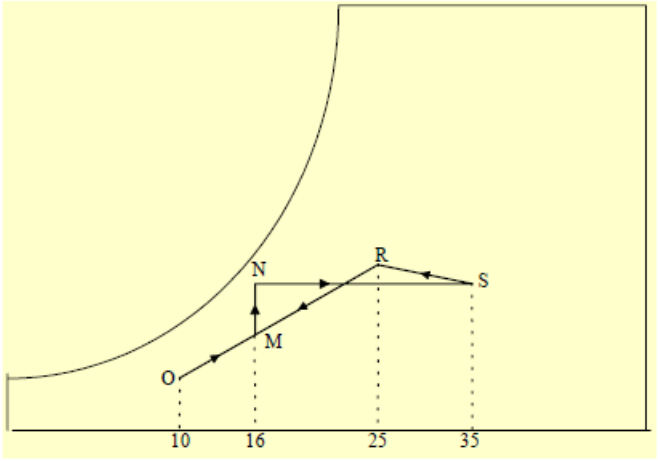
ط) معامل التلامس لملف التبريد يعتمد على نوعية ملف التبريد فقط (×)

ك) عملية الترطيب بالبخار مع ثبوت درجة الحرارة الجافة (✓)

لإيجاد درجة الحرارة الجافة لنقطة الخلط من المعادلة التالية:

$$T_M = \frac{\dot{m}_O T_O + \dot{m}_R T_R}{\dot{m}_O + \dot{m}_R}$$
$$= \frac{0.4\times10 + 0.6\times25}{0.4+0.6}$$
$$= 16\ ^\circ C$$

عليه يمكن تحديد النقطة M بين النقطتين O و R وبشيمة درجة الحرارة الجافة للنقطة M تساوي $16^\circ C$ بعدها يتم رسم SHF وبشيمة 0.8 من النقطة R إلى النقطة S(عند درجة الحرارة الجافة $35^\circ C$ كما موضح في السؤال)



الخط NS يمثل التسخين المحسوس والخط MN عملية ترطيب بالبخار تشريباً

عليه يكون الشكل كالتالي:

من الشكل السابق نجد إن :

$h_s = 58.5\,kJ/kg$ $\quad$ $h_N = 39.5\,kJ/kg$

$w_N = 0.0092\ kg/kg$ $\quad$ $w_M = 0.0065\,kg/kg$

معدل سريان هواء التغذية $(\dot{m})$

$$\dot{m} = \frac{Q_s}{c_p \times \Delta T}$$
$$= \frac{40}{1\times10} = 4\,kg/s$$

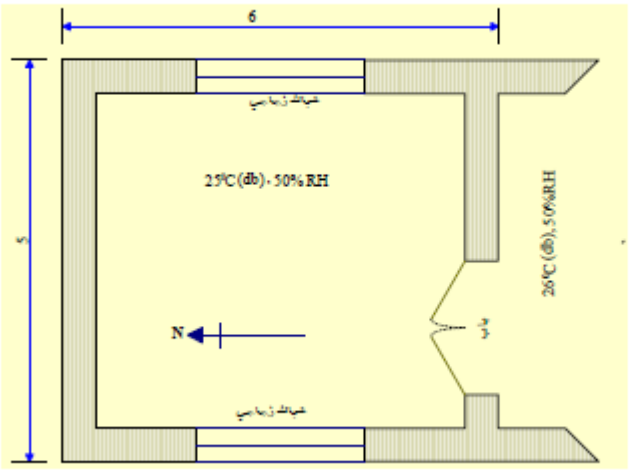
سعة ملف التسخين (Q_{hc})

$$Q_{hc} = \dot{m}\Delta h = \dot{m}(h_S - h_N)$$
$$= 4\times(58.5-39.5)$$
$$= 76\ kW$$

كمية ماء الترطيب $(\dot{m}_w)$

$$\dot{m}_w = 3600\dot{m}(w_N - w_M)$$
$$= 3600\times4\times(0.0092-0.0065)$$
$$= 38.88\ L/hr$$

الســـؤال الثالث



أ ـ أحمال الحوائط الرأسية

المعادلة :

$$Q_w = \sum AU\Delta T$$

$$\Delta T = T_o - T_i$$

Q_w W	Q_w W	ΔT $°C$	U W/m^2K	A m^2	البيان /الاتجاه
					الحوائط
	-360	-15	1.6	15	الشمال
	19.2	01	1.6	12	الجنوب
	-288	-15	1.6	12	الشرق
	-288	-15	1.6	12	الغرب
-916.8					
					الشبابيك الزجاجية
	-288	-15	3.2	6	الشرق
	-288	-15	3.2	6	الغرب
-576					
					الأبواب
-81		-15	1.8	3	الجنوب
-1573.8					

انتقال الحرارة من الخارج إلى داخل الغرفة $Q_w = 1573.8W \approx 1.574\ kW$

حمل الأشخاص (Q_p)

$$Q_p = N \times q_p$$
$$= 10 \times 132$$
$$= 1320W \quad = 1.320\ kW$$

حمل الإضاءة (Q_L)

$$Q_L = N \times F \times P$$
$$= 16 \times 1.25 \times 50$$
$$= 1000\ W \quad = 1.000\ kW$$

حمل التهوية (Q_v)

حجم الغرفة $V = 6 \times 5 \times 3 = 90\,m^3$

من الخريطة السيكرومترية

الحجم النوعي للهواء التغذية (هواء خارجي) $v_0 = 0.806\,m^3/kg$

طاقة الإنثالبي الداخلية والخارجية $h_O = 20\ kJ/kg$ $h_R = 50.5\ kJ/kg$

معدل سريان هواء التهوية $(\dot{m})$

$$\dot{m} = \frac{V}{3600 v_O} = \frac{90}{3600 \times 0.806} = 0.031\ kg/s$$

حمل التهوية

$$Q_v = \dot{m}(h_O - h_R) = 0.031(20 - 50.5) = -0.9455\ kW$$

(إشارة السالب تعني إن الحرارة منتقلة من الخارج إلى الداخل وليس العكس)

&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&

****

م. نادر دريدي

أجهزة تكييف الهواء

أساسيات جهاز مكيف الهواء:-

تعتمد فكرة عمل أجهزة تكييف الهواء على نفس المبدأ الذي تعمل عليه الثلاجة المنزلية لتبريد محتوياتها. تستخدم خاصية تبخير سائل التبريد وهو الفريون للحصول على البرودة المطلوبة. ودورة الفريون للتبريد هي نفسها المستخدمة في الثلاجة، وغاز الفريون هو غاز غير قابل للاشتعال

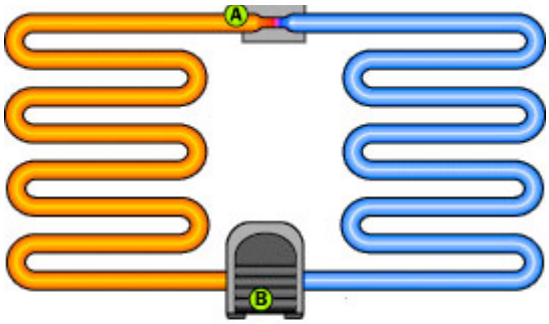
إن الفكرة الأساسية التي تعتمد عليها فكرة عمل المكيف هي ببساطة تحويل سائل إلى غاز عن طريق امتصاص حرارة من الوسط فيسبب في انخفاض درجة حرارته، ولتوضيح هذه الفكرة دعنا نذكرك عزيزي القارئ عندما تضع الماء على وجهك في يوم حار تشعر بعد ذلك ببرودة نتيجة لتبخر الماء وتحوله إلى بخار عن طريق امتصاص الحرارة من الجلد فتشعر بالبرودة كما أنك إذا ما قمت بوضع بعض قطرات من الكحول على يدك وانتظر لمدة 20-30 ثانية فستشعر ببرودة في يدك عند المنطقة التي كان عليه الكحول وستكون البرودة أكثر من تلك التي سببها الماء لأن درجة حرارة التبخر الكحول أقل من الماء، والسبب في ذلك أن الكحول يمتص حرارة من يدك ليتبخر ويتحول إلى غاز.

إذا نستنتج من ذلك بأن عملية التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تحتاج إلى حرارة وهذه الحرارة توفرت من خلال يدك وكانت النتيجة انخفاض في درجة حرارة اليد وإذا استمرت عملية التحول من سائل إلى غاز استمرت عملية التبريد.

دورة عمل المكيف

يقوم المكيف بالتبريد بصفة مستمرة من خلال تكرار عملية تحويل السائل إلى غاز داخل أنابيب التبريد في المكيف فتمتص حرارة من داخل الغرفة ليتبخر السائل المبرد ويتحول إلى غاز، ثم يتم ضغط الغاز باستخدام موتور خاص فتنطلق الحرارة التي امتصها إلى ليتحول إلى سائل مرة أخرى وتتم مرحلة الضغط في الجزء الخارجي من نظام التكييف، تتكرر العميلة باستمرار لسحب الحرارة من داخل الغرفة إلى خارج الغرفة ولكي يؤدي المكيف هذه المهمة بكفاءة فإن له دورة تعمل من خلال عدة مراحل وهي على النحو التالي:

(1) يقوم الموتور Compressor بضغط غاز الفريون مما يرفع درجة حرارته ويزداد ضغطه كما هو موضح في الشكل الجزء الأيسر باللون الأحمر.



A صمام التمدد
B الموتور

www.hazemsakeek.com

<!--[endif]--> <!--[if !vml]-->

شكل توضيحي لتركيب مكيف الهواء

(2) هذا الغاز الحار يمر عبر أنابيب طويلة وعلى شكل التفافي ليغطي اكبر مساحة ممكنة ليتمكن من التخلص من حرارته، ويتكاثف متحولاً إلى سائل.

(3) يعمل صمام التمدد على الفصل بين منطقتين مختلفتين في الضغط وعند مرور سائل الفريون من خلال صمام التمدد فإنه ينتقل من منطقة ضغط مرتفع إلى منطقة ضغط منخفض فيتمدد ويتبخر سائل الفريون ويتحول إلى غاز مرة أخرى عن طريق امتصاص الحرارة من الغرفة المراد تبريدها.

(4) يمرر غاز الفريون عبر أنابيب التبادل الحراري الداخلية والتي تكون على شكل التفافي لتغطي اكبر مساحة ممكنة وتعطي الفرصة لامتصاص اكبر قدر ممكن من الحرارة من داخل الغرفة لتبقى باردة إلى أن يصل غاز الفريون إلى الموتور الذي يقوم بضغط الغاز مرة أخرى ويحوله إلى سائل عند النقط (B) وتتكرر العملية.

ملاحظة: يتم خلط غاز الفريون بكمية صغيرة من الزيت ليعمل على تزييت الموتور.

هذه هي فكرة عمل المكيف وسوف نقوم الآن بتوضيح الأنواع المختلفة للمكيفات والتي هي على النحو التالي:

(1) مكيف النافذة . Air Condition Units Window

(2) مكيف الوحدة المفصولة Unit Air Condition Split

(3) مكيف الماء المبرد Air Condition Chilled-water

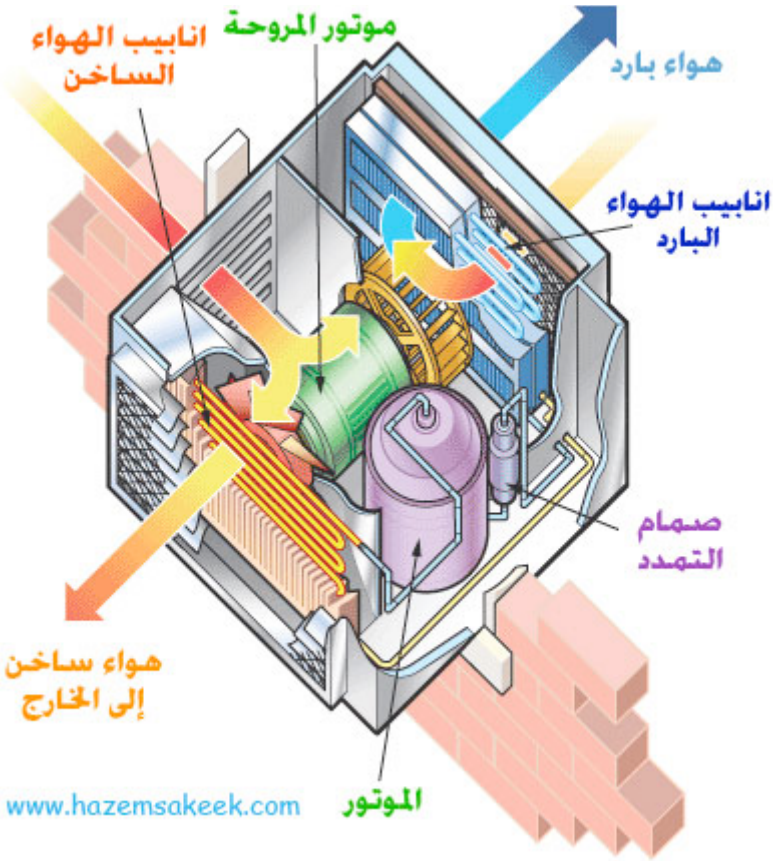
اولا مكيف النافذة . Air Condition Units Window

مكيف النافذة تجمع كل مكونات المكيف في حيز صغير بحيث يمكن أن تثبت داخل إطار النافذة أو تخصص لها فتحة في الجدار على شكل نافذة ليتم تثبيت المكيف بحيث يكون نصفه داخل الغرفة ونصفه الأخر في الخارج

<--[endif]--!> <--[if !vml]--!>

جهاز مكيف نافذة

فإذا نظرنا داخل المكيف لوجدنا الأجزاء الرئيسة له مثل الموتور وصمام التمدد ومجموعة أنابيب حلزونية حارة في الجهة الخارجية ومجموعة أنابيب حلزونية مبردة في الجهة الداخلية ومروحة تدفع الهواء خلال الأنابيب لتبديد الحرارة إلى الهواء الخارجي ومروحة أخرى لتحريك الهواء البارد عند الأنابيب الباردة إلى داخل الغرفة بالإضافة إلى لوحة التحكم الالكترونية للتحكم في أنماط تشغيل المكيف وضبط درجة الحرارة المطلوبة والتحكم في سرعة مروحة الهواء البارد.



<--[endif]--!>

<--[if !vml]--!>

الأجزاء الداخلية لمكيف النافذة

ثانياً مكيف الوحدة المفصولة Unit Air Condition Split

عند الحاجة إلى قدرة تكيف اكبر فإننا سوف ننتقل إلى هذا النوع من المكيفات والذي يأتي في صورة وحدتين منفصلتين. ويستخدم في الأماكن الكبيرة مثل المخازن والمراكز التجارية والشركات مع زيادة عدد وحدات الخارجية وتجميعها فوق المباني حيث تتصل كل وحدة خارجية بوحدة داخلية تقوم بتبريد جزء معين من المبنى.

<--[endif]--!> <--[if !vml]--!>

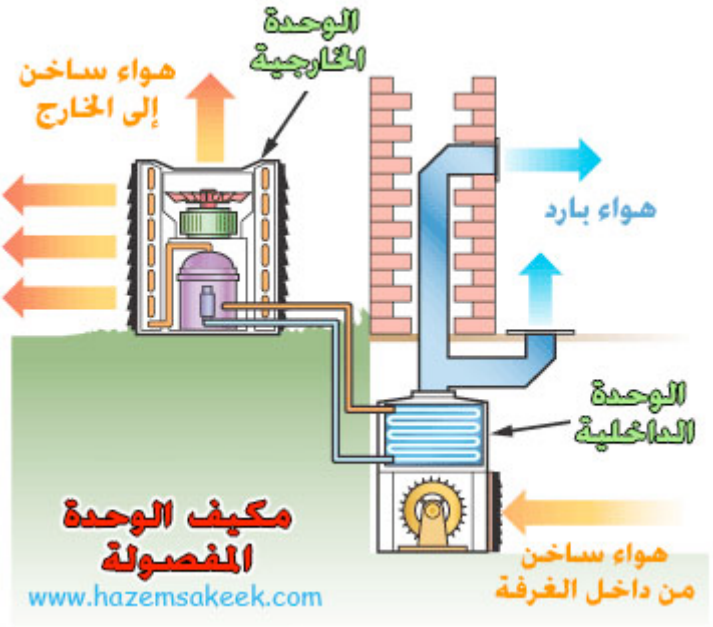
مكيف الوحدة المفصولة

ولا يختلف هذا المكيف عن مكيف النافذة إلا في فصل الجانب البارد عن الجانب الحار بحيث يمكن تثبيت الجزء الخاص بالبرودة داخل الغرفة على أي جدار مناسب وتثبيت الجزء الأخر في الخارج.

الجزء الداخلي البارد يحتوي على صمام التمدد والأنابيب الحلزونية الباردة والمراوح التي تدفع الهواء عبر الأنابيب البارة فيخرج الهواء للغرفة بارداً ويمكن التحكم في سرعة المروحة وتوجيهها من خلال ريش خاصة للتوجيه قابلة للحركة.

أما الجزء الخارجي الحار فيوضع في خارج الغرفة أو على السطح أو يثبت على الأرض في مكان خاص ويحتوي هذا الجزء على الموتور وعلى الأنابيب الحلزونية الساخنة والمروحة التي تعمل على تسهيل تخلص الأنابيب من الحرارة.

ووجود الجزء الذي يحتوي على الموتور خارج الغرفة يجعل من صوت المكيف اقل إزعاجا من مكيف النافذة.

<!--[if !vml]--> 

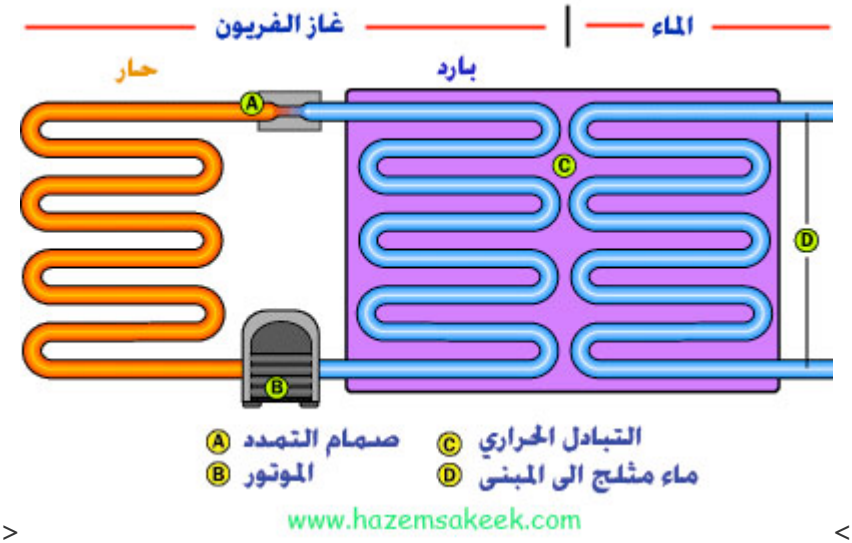
<!--[endif]-->

تتواجد هذه المكيفات بعدة أحجام لتناسب الكثير من الأماكن من الغرف الصغيرة وحتى الغرف الكبيرة ويمكن زيادة عدد الوحدات بالقدر المطلوب حسب حجم الغرفة والمكان المراد تبريده.

أما في الأبنية الضخمة فإن الاعتماد على هذه المكيفات يشكل بعض المصاعب وخصوصا في كثرة أنابيب التوصيل بين الوحدة الخارجية والوحدة الداخلية وزيادة طولها عن الحد المسموح به. ولهذا يجب الاستعانة بالنوع الثالث من المكيفات.

ثالثاً مكيف الماء المبرد Air Condition Chilled-water

في بعض الحالات التي تصل فيها المباني المطلوب تبريدها إلى أحجام ضخمة جدا، تستخدم أنظمة تبريد بالمياه بدلا من نظم التبريد بغاز الفريون المضغوط الذي يصبح غير عملي لطول المسافة بين وحدات الضغط ووحدات توزيع الهواء البارد الداخلية، وهذه الأنظمة إما أن تتخذ شكل مبرد مياه يثبت فوق المبنى وتصل درجة حرارة الماء فيه إلى مابين 4 إلى 7 درجات مئوية. وينقل الماء المبرد عبر أنابيب إلى وحدات توزيع داخلية تشكل هذه الأنابيب لتناسب الأماكن المراد تبريدها ولا يوجد أي قيود على طول هذه الأنابيب طالما أنها معزولة بشكل جيد.



<!--[if !vml]--> <!--[endif]-->

شكل توضيحي لتركيب مكيف الماء المبرد

ويتم تبريد الماء باستخدام الفريون كما هو موضح في الشكل أعلاه في الجزء الأيسر ويتم التبادل الحراري بين الفريون البارد جداً مع الماء. الذي يستخدم في التبريد من خلال تمريره عبر الأنابيب المتصلة في المبنى.

وحدة تقدير كفاءة المكيف

الوحدة الأكثر استخداما لقياس كفاءة المكيف هي وحدة الحرارة البريطانية British thermal units والتي تعرف بالاختصار BTU. وتعرف وحدة الحرارة البريطانية على إنها مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة باوند (أي ما يعادل kg0.45) من الماء درجة فهرنيهايت واحدة (أي ما يعادل 0.56 درجة مئوية). ووحدة الحرارة البريطانية تعادل 1.055 جول. وغالباً ما نستخدم الطن لمعرفة قدرة المكيف والطن يعادل BTU 12,000.

وعلى سبيل المثال أن مكيف النافذة تكون قدرته في حدود 10 آلاف وحدة تبريد BTU. أي اقل بقليل من 1 طن. ولمنزل مساحته 180 متر مربع تحتاج إلى مكيف بقدرة تصل إلى BTU 60,000 أي 5 طن. ويقدر خبراء التبريد أن كل متر مربع تحتاج إلى BTU 333 وبالطبع هذا رقم تقديري لان ارتفاع سقف الغرفة وعدد النوافذ وحجم الأثاث تؤثر على تقدير القدرة المطلوبة لتبريد الغرفة.

معدل كفاءة الطاقة

معدل كفاءة الطاقة energy efficiency rating (EER) للمكيف تقدر بحاصل قسمة الوحدات الحرارية البريطانية BTU على معدل استهلاك الكهرباء. على سبيل المثال إذا كان المكيف بقدرة BTU10,000 يستهلك قدرة كهربية مقدارها 1,200 watts فإن معدل كفاءة الطاقة EER تقدر بـ 8.3 والتي نتجت عن قسمة BTU/1200watts10000. ونحن

نريد أن تكون قيمة EER اكبر ما يمكن وذلك بزيادة قدرة المكيف من خلال الحصول على قيمة أعلى لـ BTU وهذا بالطبع يزيد التكلفة المالية.

ولتوضيح ذلك بشكل أفضل دعنا نفترض أن لديك خياران للحصول على جهاز تكييف بقدرة 10,000 BTU ولكن الأول له EER تساوي 8.3 ويستهلك كهرباء بقدرة 1,200 watts وهو اقل تكلفة من المكيف الثاني الذي له EER تساوي 10 ويستهلك كهرباء بقدرة 1,000 watts. وكان فرق السعر بين الاثنين في 100 دينار. والسؤال الآن ما هي المدة الزمنية التي تجعل المكيف الأكثر تكلفة يعوض الفرق في التكلفة من خلال توفيره لفاتورة الكهرباء؟

المطلوب معرفة الأمور التالية:

(1) كم عدد الساعات التقديرية التي سوف يعمل فيها المكيف خلال السنة؟

(2) كم تكلفة الكيلووات للساعة؟

لنفترض انك تخطط لتشغيل المكيف في فصل الصيف والذي يستمر لفترة أربعة أشهر خلال العام ولمدة 6 ساعات يومياً. ولنفترض أن تكلفة الكهرباء من الشركة التي تزود منزلك بالكهرباء هي 0.1 دينار لكل كيلووات في الساعة.

الفرق بين استهلاك المكيفين هو 200 وات وهذا يعني انه كل 5 ساعات تشغيلية فإن المكيف الأقل تكلفة سوف يستهلك كهرباء أكثر من المكيف الأعلى تكلفة بمقدار 1 كيلو وات للساعة أي 0.1 دينار إضافية عن كل 5 ساعات.

فإذا كان عدد أيام الشهر 30 يوم فإنه خلال فصل الصيف سيتم تشغيل المكيف

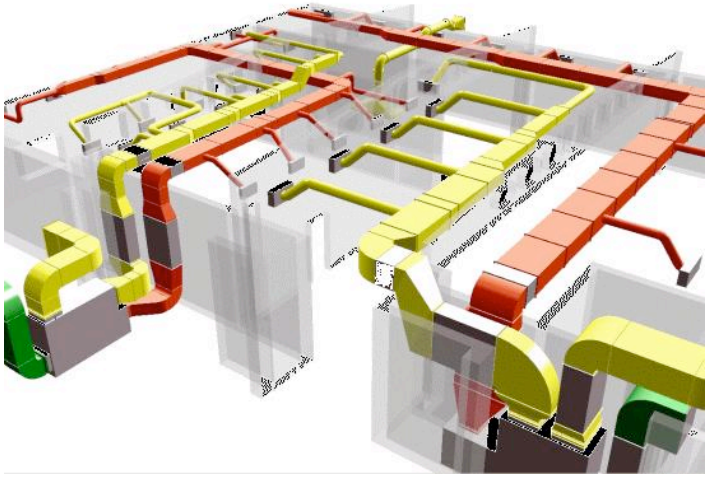
4 (اشهر). x 30 (يوم) x 6 (ساعات) = 720 hours

[(720 hrs x 200 watts) / (1000 watts/kW)] x JD 0.10/kWh = JD 14.40

وهذا يعني انه بعد 7 سنوات ستكون تكلفة المكيف الأعلى سعرا يعادل المكيف الأقل سعراً.

بالرغم من التكلفة التشغيلية لأجهزة تكيف الهواء إلا إنها أجهزة لا يمكن الاستغناء عنها وتعتبر الأكثر كفاءة من أي وسائل تبريد أخرى.

مراحل تصميم تكييف الهواء المركزي



ـمرحلة التصميم:

من مراحل التصميم هي حساب الأحمال الحرارية للمشروع ويفضل حساب تلك الأحمال في استخدام برامج الكمبيوتر منها علي سبيل المثال .(Hap 2.40, Block load) وبعد أن يتم حساب الأحمال الحرارية يتم تحديد حجم المكائن المطلوبة للمبني.
وعند الانتهاء من حساب الأحمال الحرارية وتحديد حجم المكائن المطلوبة للمبني يتم البدء في تصميم مجاري الهواء (Duct) حيث يعتمد حجم تلك المجاري علي كمية المساحة بعد الانتهاء من التصميم المعماري والإنشائي للمشروع المراد تكييفه يتم البدء في تصميم التكييف وتكون أول مرحلة واهم مرحلة المراد تبريدها ويجب التأكد من تصميم مجاري الهواء بالشكل المناسب. ويلاحظ وجود مباني تعاني من مشكلة صوت مرتفع في مجاري الهواء (Duct) وكذلك سوء في توزيع التبريد حيث تجد اختلافا في درجات الحرارة في المبني الواحد ويرجع السبب في ذلك إلى سوء التصميم وعدم توزيع الهواء في مجاري (Duct) بالشكل المناسب.
وبعد الانتهاء من تصميم مخططات التكييف يجب مطابقتها مع المخططات الأخرى كمخططات المدني والكهرباء لضمات عدم تعارض هذه المخططات وحتى يتم إنجاز المشروع في احسن صورة.

ـ2مرحلة التنفيذ:

أ ـ مرحلة اعتماد المواد:

أول خطوه واهم خطوه في مراحل التنفيذ هي مرحلة اعتماد المواد فيجب معرفة مواصفات المواد المستخدمة في التركيبات قبل الاتفاق مع أي شركة لتنفيذ التركيبات لان أسعار هذه الشركات تعتمد علي مواصفات هذه المواد فكثيرا ما نجد إعلانات تكون رخيصة نسبية لشركات التكييف ولاكن عند السؤال في مواصفات المواد تجدها أسوء المواد وبالتالي نجد أن أسعارها رخيصا نسبيا مقارنة مع السوق. ويعتقد كثير من الناس عند تنفيذ أعمال التكييف بمواد رخيصة نسبيا انهم يقومون بتوفير المال ولاكنهم يجهلون أن بهذه الطريقة سوف يقومون بصرف أضعاف المبالغ التي تم توفيرها عن طريق الصيانة المستمرة للتكييف وكذلك نتيجة للصرف الحاد للكهرباء ووجد أن لو تم تركيب تكييف باستخدام في مواصفات عالية وبالتالي بمبالغ اكبر من استخدام المواصفات العادية سيكون المستفيد الأول هو صاحب المشروع لأنهم سيوفر أعمال الصيانة والكلفة التشغيليه.(Operating Cost)

وسنتطرق لمواصفات بعض المواد المستخدمه في اعمال التكييف:

العوازل: هناك 3 أنواع من العوازل المستخدمة في أعمال التكييف (العازل الداخلي والعازل الخارجي وعازل الصوت). فيجب أن يكون العازل الداخلي المستخدم لتغطية الدكت في الأماكن غير المكيفة وغير المعرضة للشمس بسماكة 1 أنش وبكثافة 24 كجم ويكون العازل الخارجي المستخدم في تغطية المناطق المعرضة للشمس بسماكة 2 أنش وبكثافة 48 كجم ويكون عازل الصوت المستخدم في داخل الدكت بسماكة 1 أنش وبكثافة 24 كجم ويكون يمتد من ماكينة التكييف إلى داخل المبني بمسافة 3الي 6 متر.

مجاري الهواء : (Duct) هناك مواد كثيرة تستخدم في صناعة مجاري الهواء ولاكن افضل نوع هو النيبون استيل الياباني.

موزعات الهواء :(Grill Diffusers) ما يجب الحرص عليه في موزعات الهواء هو وجود الدابر وهو مفتاح للتحكم في كمية الهواء.

الكلادينج : وهو المعدن الذي سيتم تغطية الأجزاء الخارجة من المكينه والداخلة في المبني ويستحسن أن يكون بسمك .4 إلى .6 مم. التأكد من جودة نوعية صناديق الخشب المستخدمة في بفتحات مجاري الهواء كما هي مصممة بالمخطط.

التأكد من نوعية القماش المستخدم بين الماكينة والدكت الداخل للمبني حيث يتم وضع هذا لقماش ليقلل من انتقال الاهتزازات بين الماكينة والدكت.

ب- مرحلة التركيبات:

-1بعد أن يتم الانتهاء من تصنيع مجاري الهواء طبقا للأبعاد الموجودة بالمخططات التنفيذية وبالتنسيق مع الأعمال الأخرى (الإنشائي , والمعماري , الكهرباء , الصحي , الحريق) يتم تثبيت صناديق الإطارات الخشبية بعد دهنها بمادة عازلة للرطوبة في الأماكن المحددة بالمخططات .ويجب أن تكون الإطارات الخشبية من خشب جيد ونظيف ومن النوع الذي يسمح بتركيب وفك البراغي به بسهوله.وعند الانتهاء من صب الخرسانة المسلحة وبعد فك خشب الخرسانة يكون المشروع جاهزاً لتركيب مجاري الهواء (Duct).

-2يتم تعليق القطع المصنعة لمجاري الهواء علي حمالات مصنوعة من زوايا حديدية مدهونة بمادة مانعة للصدأ ويراعي فيها السماكة والنوعية والمسافات البينية بين الحمالات.

-3بعد الانتهاء من تحميل مجاري الهواء علي الحملات يتم ربط بينهما عن طريق رابط وتسمي هذه الطريقة بعملية الجمع. وهناك طريقتين في للجمع هما:

·طريقة البوكت جوينت(POCKET JOINT).

·طريقة اليو اس(U S JOINT).

وتستخدم الطريقة الأولى إذا كانت الأحجام المستخدمة في عملية جمع مجاري الهواء أحجام كبيره والطريقة الثانية إذا كانت الأحجام المستخدمة صغيرة.

-4بعد الانتهاء من جمع مجاري الهواء يتم احكام قطع الصاج مع بعضها بوضع معجون حديد علي اماكن الربط بين العلب لكي لا يكون هناك تسرب للهواء من مجاري الهواء.

-5وبعد الانتهاء من جميع المراحل السابقة يتم وضع العازل الحراري حول مجاري الهواء وذلك بتثبيته بدهان مجاري الهواء بمادة لاصقه ثم يلف العازل الحراري حول مجاري الهواء ويتم وضع زوايا الصاج في أركان مجاري الهواء فوق العازل الحراري لحمايته عند لفه بالسلك المجلفن وتختلف سماكة هذا العازل وكثافته باختلاف طبيعة استخدام المبني.

-6يتم تغطية مجاري الهواء الخارجة مني المبني بنوعية مختلفة من العازل حيت تكون الكثافة والسماكة اكبر من نوعية العازل المستخدمة في داخل المبني نظرا لتعرضة إلى أشعة الشمس والظروف المناخية. وينصح باستخدام عازل بكثافة 48 كجم وبسمك 2 أنش.

-7عند تركيب السقف الزائف تترك أماكن لمداخل ومخارج الهواء بالسقف الزائف وبعد ذلك يتم تركيب مدخل مداخل ومخارج الهواء بالأماكن التي تم تركها بالسقف الزائف وتثبت مع فتحات مداخل ومخارج الهواء لمجاري الصاج .وبالنسبة للاماكن التي لا يوجد بها سقف زائف يتم تركيب مداخل ومخارج الهواء علي الحوائط عن طريق تثبيتها بالإطارات الخشبية المخصصة لهذا الغرض.

-8بعد أن يتم الانتهاء من أعمال العازل لمجاري الهواء الخارجة من المبني والمتصلة بماكينة التكييف يتم تغطيتها للحماية. وهناك طريقتين للتغطية:
·التغطية بواسطة الأسمنت.
·التغطية بواسطة ألواح الألمنيوم.

-9وعند وضع الماكينات علي القواعد علي الأسطح يتم وضع عازل بين ماكينة الكتييف والقاعدة المحمولة عليها لمنع انتقال الاهتزازات إلى الأرضيات المتصل بالقاعدة وينصح باستخدام عازل بسماكة 2 أنش.

-10وبعد ربط مجاري الهواء الخارجة من المبني بماكينة التكييف بواسطة نوعية خاصة من القماش لكي يتم عزل الاهتزازات الخارجة من بماكينة وعدم انتقالها إلى مجاري الهواء ويتم تركيب مرشح الهواء النفي (FILTER) في مكان سواء كان في مجاري الهواء أو في الماكينة.

-11يتم في بعض مجاري الهواء تركيب السخان الكهربائي للهواء (DUCT HEATERS) داخل مجاري الهواء علي السطح للتدفئة في فصل الشتاء.

-12يجب أن يتم توصيل الكهرباء الداخلة إلى ماكينة التكييف بوصلات خاصة تكون علي شكل بايب مرن لكي يمتص الاهتزازات الصادرة مع الماكينة. ويتم توصيل بايبات تصريف الماء إلى الماكينة عن طريق هوز بين الماكينة وبايب الصرف لمنع انتقال اهتزازات الماكينة إلى البايب.

-13ويتم عند الانتهاء من جميع أعمال تركيب التكييف يتم تركيب مفتاح تشغل التكييف (THERMOSTAT) إن الموضع الصحيح لمنظم الحرارة الذي يزيد من فاعلية التكييف هو أن يكون بعيداً عن مخارج الهواء وقريبا من فتحات الراجع Return (Air Diffuser)ويراعي ضبط التكييف علي الدرجة المطلوبة ويكون عند ابعد مدخل هواء من الماكينة أن أمكن وان يكون ارتفاعها 150 سم عن الأرض (مكان النظر.(

****

م.نادر دريدي

الوحدة الرابعة

شبكات المياة والصرف الصحي

مقدمة في ميكانيكا الموائع والهيدرولوجيا

يعد كل من علم ميكانيكا الموائع وعلم الهيدرولوجيا (علم المياه) من العلوم التي تحظى باهتمام الكثير من العلماء والباحثين نظراً لما لهذين العلمين من أهمية بالغة في حياة الإنسان وتقدمه الحضاري. كما أنهما من الركائز التي قامت عليها بعض العلوم الهندسية ومنها المدنية والميكانيكية والكيمائية وارتبطت بعلوم أساسية أخرى مثل الجيولوجيا والفيزياء والأرصاد الجوية. وتعتمد بعض مشاريع التشييد على دراسة ميكانيكا الموائع وعلم المياه كما هو الحال في مشاريع شبكات المياه والسيول والصرف الصحي، ومشاريع السدود والقنوات المائية ومحطات التحلية.

إن الموائع أو المياه بطبيعتها لها خواصها تميزها عن غيرها من المواد الصلبة والغازية، ومن أبرز هذه الخواص:

- قدرتها على الانسياب
- قدرتها على التشكل بحسب الأوعية التي تشغلها
- قابليتها على الإنضغاط وتأثرها بأي قوة قص
- احتوائها على أسطح حرة

---

٢ - ١وحدات النظام العالمي SI Units:

من المناسب أن تستخدم وحدات النظام العالمي لوصف حالة الموائع بصفة عامة والمياه بصفة خاصة، وفي هذا المقرر يمكن استعمال الوحدات الأساسية التالية:

الكتلة: كيلو جرام (kg) الطول: متر(m) الزمن: ثانية(s)

ومن خلال هذه الوحدات يمكن استنتاج باقي الوحدات ومنها:

القوة: نيوتن (N) الحجم: (m^3) المساحة: (m^2)

الجاذبية: (m/s^2) السرعة: (m/s) التدفق: (m^3/s)

الضغط: (N/m^2) وتسمى باسكال (Pa) الشغل: (N.m) وتسمى الجول (J)

١- ٣ ميكانيكا الموائع Fluid Mechanics:

١- ٣- ١ كثافة المائع Fluid Density:

تعرف كثافة المائع بأنها كتلة وحدة الحجم من هذه المادة وتقاس بالوحدة $[\rho] = kg/m^3$. وتتأثر كثافة أي سائل بدرجة الحرارة، فعلى سبيل المثال تكون كثافة الماء $1000\ kg/m^3$ عند درجة حرارة $4°C$ أو $1\ gm/cm^3$.

وبمعرفة كثافة المائع (ρ) يمكن تحديد وحدة وزنه (γ) وذلك وفق العلاقة التالية:

$$\gamma = \rho g \qquad (١-١)$$

حيث ($g = 9.81\ m/s^2$) تمثل تسارع الجاذبية الأرضية.

١- ٣- ٢ لزوجة المائع Fluid Viscosity:

تنشأ خاصية اللزوجة من خلال ارتباط جزيئات السائل ببعضها البعض، وتعرف على أنها مقدار مقاومة السائل لمقاومة القص، وتتناقص لزوجة السائل بتزايد درجة الحرارة، وتستنتج من العلاقة التالية:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad (١-٢)$$

حيث:

ν = معامل اللزوجة الكينماتيكية (m^2/s)

μ = معامل اللزوجة $(Pa.s)$

ρ = كثافة السائل (kg/m^3)

١- ٣- ٣ ضغط المائع Fluid Pressure:

يولد السائل ضغطاً موزعاً في جميع الاتجاهات وبحسب المستوى الذي يحيط بذلك بالسائل. وتختلف قوة ضغط السائل باختلاف وضع المستوى، فعندما يأخذ المستوى الوضع الأفقي فإن الضغط يتساوى عند جميع نقاط ذلك المستوى، بينما يزيد ضغط الماء بزيادة العمق عندما يكون المستوى في وضع رأسي، كما يبينها الشكل رقم (١).

ويتم حساب ضغط السائل والمؤثر عمودياً على المستوى أو الجدار باستخدام العلاقة:

$$p = \frac{F}{A} \qquad (١-٢)$$

حيث:

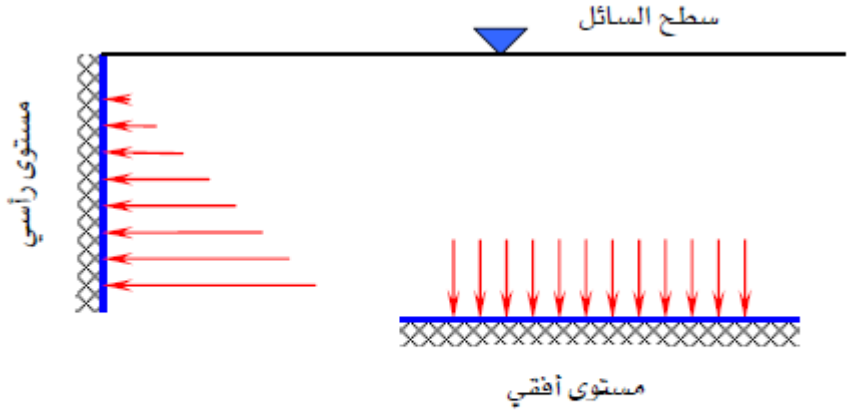
p = ضغط السائل (N/m^2)

F = القوة الموحدة للضغط (N)

A = المساحة العمودية المعرضة للضغط (m^2)

بمعرفة كثافة السائل (ρ) يمكن تحديد الضغط الذي يولده عند عمق معين (h) عن طريق العلاقة التالية:

$$p = \rho g h = \gamma h \qquad (١- ٤)$$



شكل رقم (١ -١): ضغط المائع على المستويين الأفقي والرأسي

ويتضح من هذه العلاقة أن ضغط المائع يزيد بازدياد العمق من سطح ذلك المائع. ويمكن تمثيل ضغط السائل بوحدة البارومتر bar والتي تمثل الضغط النسبي ($\bar{p}$) يحسب طالما الكثافة ثابتة من الصيغة:

$$\bar{p} = \frac{p}{10^5} \qquad (١- ٥)$$

وهذا يعني أن 1.0 kPa من ضغط الماء يكافئ ضغط نسبي مقداره 0.102 m.

مثال (١ -١):

خزان أرضي ارتفاع الماء فيه 3 m ، احسب الضغط المائي بوحدة kPa في أسفل الخزان.

الحل:

حيث أن كثافة الماء $1000\ kg/m^3$ ، وبتطبيق المعادلة (١ -٢)، فإن ضغط الماء أسفل الخزان:

$$p = \rho g h$$
$$= 1000\frac{kg}{m^3} \times 9.81\frac{m}{s^2} \times 3m$$
$$= 29430\frac{kg}{m.s^2} = 29430\frac{N}{m^2} = 29.43\frac{kN}{m^2} = 29.43\ kPa$$

١-٣-٤ حركة المائع Fluid motion:

تعد حركة الموائع ذات صبغة معقدة نتيجة ارتباط حركة تدفقها بعدة عوامل، فقد يكون التدفق انسيابي بحيث تتحرك جزيئات السائل بشكل خطي وقد يكون مضطرب تتحرك جزيئاته بشكل غير منتظم. كما يمكن أن يكون التدفق منتظم لم تتغير قيمة واتجاه سرعته من نقطة لأخرى خلال لحظة من الزمن أو غير منتظم، وكذلك دوراني حول محور التدفق أو غير دوراني، أحادي أو ثنائي أو ثلاثي الأبعاد، ثابت أو متغير مع الزمن.

معادلة الاستمرار Continuity Equation:

يرجع أساس معادلة الاستمرار إلى مبدأ احتفاظ السائل بكتلته، أي أن هذه الكتلة تظل ثابتة في مقاطع تدفق السائل وفي وحدة الزمن المتحركة. فعندما يتدفق السائل خلال أنبوب كما يبينه الشكل رقم (٢)، فإن معدل التدفق عند المقطع (١) يكون مساوياً لمعدل التدفق عند المقطع (٢)، أي أن:

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \qquad (١-٦)$$

حيث: ρ_1 = كثافة السائل عند المقطع (١)

ρ_2 = كثافة السائل عند المقطع (٢)

V_1 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (١)

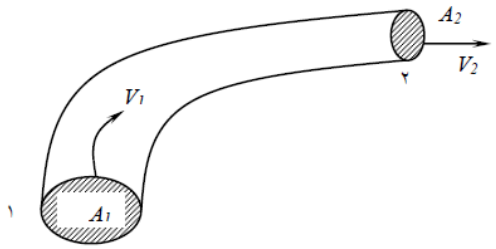
V_2 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (٢)

A_1 = مساحة المقطع (١)

A_2 = مساحة المقطع (٢)

أما كمية تدفق السائل (Q) فتحسب من العلاقة التي تربط مساحة المقطع (A) مع معدل سرعة السائل (V):

$$Q = VA \qquad (١-٧)$$



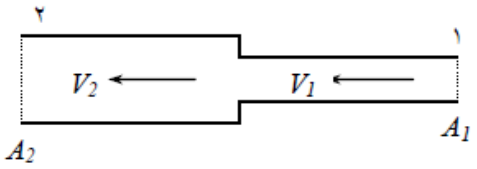
شكل رقم (٢ -١): تدفق لسائل منتظم الاستمرار خلال أنبوب

وفي حالة الموائع الغير منضغطة تكون كثافة المائع متساوية عند المقطعين، أي أن $\rho_1 = \rho_2$ ، وبذلك تصبح معادلة الاستمرار:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \qquad (١-٨)$$

مثال (٢ -١):

أنبوبتان متصلتان ببعضهما كما في الشكل رقم (٢ -١)، ويتدفق خلالهما الماء بسرعة 4.0 m/s عند المقطع (١) و 0.25 m/s عند المقطع (٢). فإذا كان قطر المقطع (1) هو 3.0 mm، فكم يكون قطر الأنبوب عند المقطع (٢)؟



شكل رقم (٢ -١): رسم توضيحي للمثال رقم (٢ -١)

الحل:

معطى: $V_1 = 4.0\ m/s$ $V_2 = 0.25\ m/s$

يتم حساب مساحة المقطع (1):

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times \left(\frac{3}{1000}\right)^2}{4} = 7.07 \times 10^{-6}\ m^2$$

وبتطبيق معادلة الاستمرار يتم حساب مساحة المقطع (٢) كما يلي:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$
$$4.0 \times 7.07 \times 10^{-6} = 0.25 \times A_2$$
$$A_2 = 1.1312 \times 10^{-4}\ m^2$$

وبمعرفة مساحة المقطع يمكن تحديد قطر الأنبوب عند المقطع (٢):

$$A_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$$
$$1.1312 \times 10^{-4} = \frac{\pi D_2^2}{4}$$
$$D = 0.012\ m = 12.0\ mm$$

مثال (٢ -١):

أنبوبة قطرها 150 mm يتدفق من خلالها الماء بمقدار $0.12\ m^3/s$ ، أوجد سرعة تدفق الماء بهذا بالأنبوب.

الحل:

معطى:

$$D = 150\ mm \qquad Q = 0.12\ m^3/s$$

مساحة مقطع الأنبوب:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 150^2}{4} = 17.671 \times 10^3\ mm^2 = 17.671 \times 10^{-3}\ m^2$$

سرعة تدفق الماء بالأنبوب:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.12}{17.671 \times 10^{-3}} = 6.80\ m/s$$

١-٤ الهيدرولوجيا Hydrology:

١-٤-١ الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle:

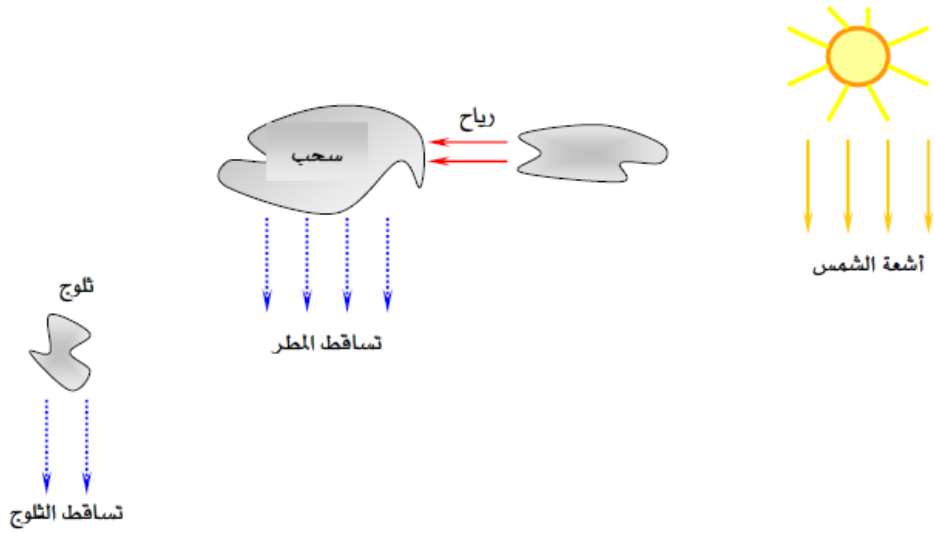
يهتم علم الهيدرولوجيا بدورة المياه على الكرة الأرضية سواء كانت هذه المياه في باطنها أو على سطحها أو بالغلاف الجوي من حيث توزيعها وخواصها الكيميائية والفيزيائية وتفاعلها مع مكونات البيئة وعلاقته بالحياة.

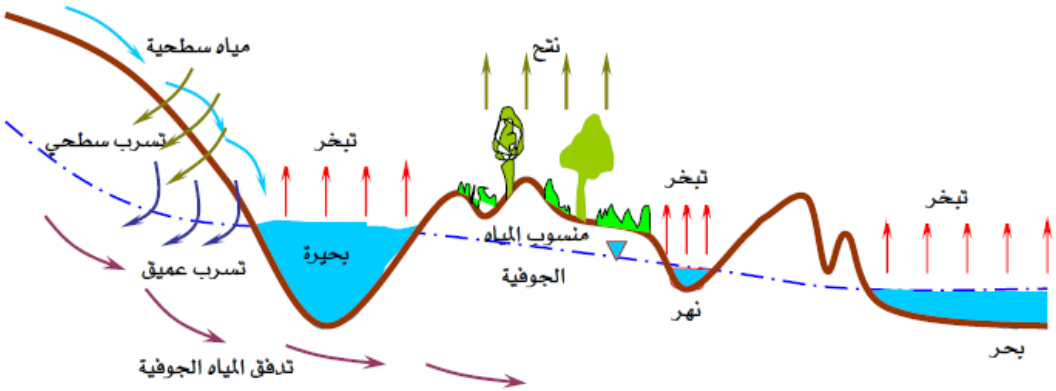
يغطي الماء ما يقارب ثلاثة أرباع الكرة الأرضية ويمر بحركة طبيعية مستمرة كما يوضحها الشكل (٦ -١)، فدورة الهيدرولوجيا أو الدورة المائية تتكون من سلسلة من الأحداث التي تصف مسارات الماء من الغلاف الجوي إلى الأرض ومن الأرض إلى الغلاف الجوي. وتتمثل الدورة المائية في العناصر الرئيسة التالية:

التبخر	النتح
التساقط	الجريان السطحي
التسرب السطحي	التسرب العميق
التدفق السطحي	التدفق العميق

تعمل الدورة المائية في مجملها على حفظ التوازن المائي في الكرة الأرضية. ويمكن التعبير عن التوازن المائي لمساحة معينة من العلاقة:

$$I - O = \Delta S \qquad (١-٩)$$





الشكل (٦ -١): الدورة الهيدرولوجية للماء

حيث (I) يمثل كمية المياه الداخلة للمساحة، و (O) يمثل كمية المياه الخارجة، بينما يمثل(ΔS) المخزون المائي لتلك المساحة.

شبكات التغذية (أولا)

مقدمة Introduction

لقد ساهمت النظم الهندسية للتغذية والمياه إلى حدٍ كبير في تطوير المدن والمجتمعات، فالمياه لها ارتباط أساسي بتطور الطبيعة والحياة، وبدون مياه نقية لا يستطيع الإنسان العيش. وبالرغم من ذلك فإن النمو السكاني المستمر والتقدم الصناعي جعل عملية الإمداد بالمياه الصالحة للشرب صعبة. فمصادر المياه العذبة شبه ثابتة في حين معدل استهلاك هذه المياه يتزايد بصفة مستمرة وغالبية الدول تعتمد على المياه الجوفية التي عادة ما تكون غير كافية للطلبات المتزايد للمياه.

مصادر المياه Water Resources

١ مياه الأمطار Rainfall

تعد مياه الأمطار والثلوج المصدر الرئيسي لكل الموارد المائية العذبة، وتختلف معدلاتها من فصل لآخر ومن منطقة لأخرى. ويمكن استعمال هذه المياه بطريقة صحية بعد تنقيتها من الأتربة والمعلقات ومعالجتها. ويحتاج الاستعمال المباشر لهذه المياه إلى سدود وأحواض لاستقبالها وتخزينها بطريقة ملائمة تحافظ عليها من التدفق ومن مصادر التلوث. وتتم دراسة معدلات سقوط مياه الأمطار على مدار السنة لكل منطقة ودراسة تكاليف تجميعها ومعالجتها ومقارنة ذلك بتكاليف الإمدادات من مصادر أخرى.

2 المياه السطحية Surface Water

تكون المياه السطحية في العادة قريبة من المناطق السكنية وتشمل مياه الأنهار والبحيرات ذات المصادر الوافرة. وتجب الإشارة أن المياه السطحية وفروعها تحتاج إلى متابعة دورية لتنقيتها من الرواسب والمواد العالقة والكائنات الحية حتى تكون صالحة للاستعمالات المختلفة إلى سطح الأرض.

٣ المياه الجوفية Groundwater

وهي المياه التي توجد تحت سطح الأرض على أعماق مختلفة حسب طبيعة المنطقة. وتعد هذه المياه من أهم المصادر من حيث الكمية مقارنة بالمياه السطحية. وتحتاج المياه الجوفية إلى دراسة وتحليل كامل قبل استعملها من حيث صلاحيتها والتكاليف اللازمة لرفعها.

الاستهلاكات المختلفة للمياه Consumption for various purposes

تستعمل المياه في جميع الأغراض اليومية للإنسان وكذلك في الصناعة والتجارة. ويمكن تقسيم كميات المياه التي تزود بها المدن حسب غرض استهلاكها إلى الأقسام التالية:

- **الاستهلاك لأغراض شخصية** Domestic: ويشمل كميات المياه التي تزود بها الوحدات السكنية والفنادق والمطاعم بغرض الشراب والطهي والاستحمام والغسيل وأغراض أخرى. وتتفاوت معدلات الاستهلاك هذه من منطقة لأخرى حسب المستوى المعيشي للأفراد وتتراوح بين ٧٥ و ٣٤٠ لتر/شخص/يوم، حيث تزيد معدلات الاستهلاك مع ارتفاع مستوى المعيشة.

- **الاستهلاك لأغراض التجارة والصناعة** Commercial and Industrial: يؤثر مستوى الصناعة على معدلات الاستهلاك فيزيد بنسبة كبيرة في المناطق الصناعية حسب نوعية الصناعة ومدى احتياجاتها للمياه وعادة ما يقدر معدل استهلاك المؤسسات الصناعية والتجارية للمياه حسب المساحة الإجمالية التي تحتوي عليها فيحسب باللتر/متر^{2}/اليوم. وقد يصل هذا الاستهلاك في المدن التي يزيد عدد سكانها عن ٢٥٠٠٠ نسمة إلى ١٥٪ من الاستهلاك الإجمالي للمدينة.
- **استهلاك المياه للخدمات العامة** Public use: تشمل المباني العامة كل من المدارس والمستشفيات ومحطات النقل والمطارات ومباني الخدمات العمومية وأماكن الاجتماعات وكل هذه المباني تستهلك كميات كبيرة من المياه وقد تصل إلى ٧٥ لتر/شخص/يوم.
- **إتلاف وفقدان بكميات المياه** Loss and waste: وهي كميات المياه التي تضيع بسبب التسرب من وصلات المواسير، وبسبب العطل في المضخات وفي العدادات وكذلك بسبب التوصيلات الغير قانونية. وعادة ما تعرف هذه بكمية المياه الغير محصورة.

استخدام المياه في إطفاء الحريق Fire demand

بالرغم من أن كميات المياه المستخدمة في إطفاء الحرائق قليلة نسبياً إلا أن معدلات استهلاكها تكون مرتفعة وتستخدم طرق عديدة لحساب معدلات المياه اللازمة لإطفاء الحرائق وقد تختلف هذه المعادلات من دولة إلى أخرى حسب المواصفات الخاصة بكل دولة والنظم المستعملة فيها

العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه Factors Effecting Water Consumption

تختلف معدلات الاستهلاك اليومية للمياه من منطقة إلى أخرى وذلك حسب العوامل التالية:

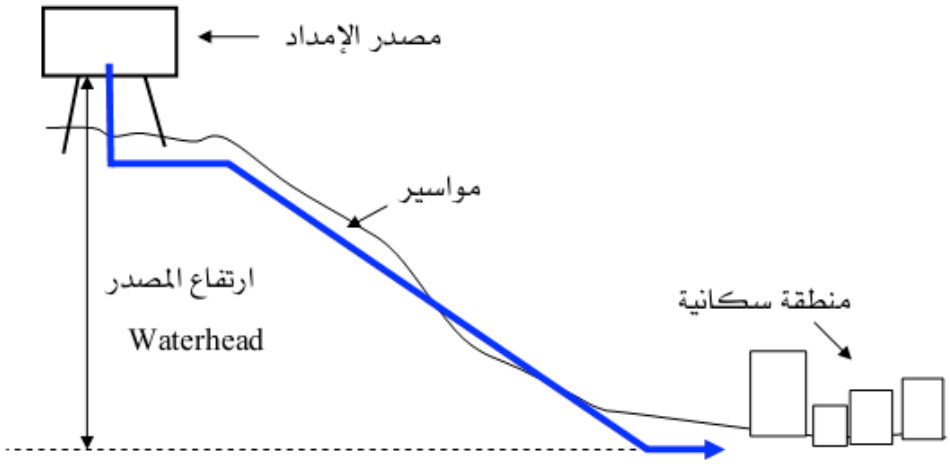
١. حجم المدينة.
٢. التقدم الصناعي.
٣. نوعية المياه.
٤. ثمن المياه.
٥. ضغط المياه في الشبكة.
٦. طبيعة الطقس.
٧. التوزيع المستمر للمياه.

طرق توزيع المياه Methods of Water Distribution

هنالك طرق عديدة لتوزع المياه إلى المدن يتم اختيار المناسب منها حسب طبوغرافية المنطقة والمعطيات والظروف الخاصة بها ومن هذه الطرق :

١ التوزيع بواسطة الانحدار Gravity distribution

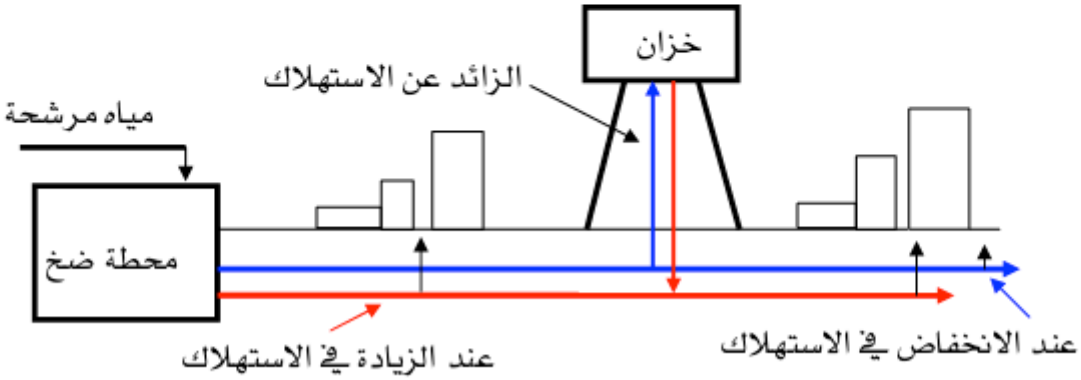
تستخدم هذه الطريقة عندما يكون اتجاه سريان المياه داخل المواسير هو نفس اتجاه ميل الأرض الطبيعية كما هو مبين في الشكل (٥.٢).ويكون مصدر الإمداد بالمياه على ارتفاع مناسب من المدينة (مثال بحيرة أو خزانات اصطناعية) حتى يسمح بإبقاء الضغط داخل الشبكة كافياً لتوزيع المياه بالمعدلات المطلوبة للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق وتعد هذه الطريقة من أفضل الطرق إذا كانت الأنابيب الرئيسية والفرعية الموصلة للمياه مصممة جيداً لمقاومة الكسور العارضة.



شكل (٥.٢): التوزيع بواسطة الانحدار.

٢ التوزيع بواسطة الضخ والتخزين Distribution by means of pumping with storage

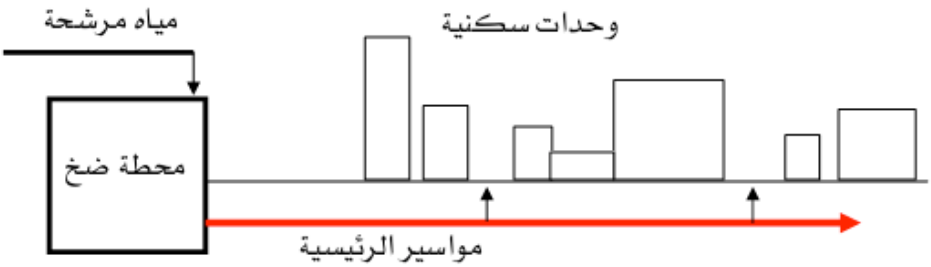
يتم في هذه الطريقة ضخ كميات المياه الزائدة بمضخات رفع خلال الساعات التي تنخفض فيها معدلات الاستهلاك ثم تخزن في خزانات أو أحواض علوية لكي يستعان بها خلال الفترات التي تزيد فيها معدلات الاستهلاك أو تتوقف فيها المضخات عن العمل وتعد هذه الطريقة اقتصادية حيث تقوم الخزانات بعمل موازنة بين معدلات الضخ ومعدلات استهلاك المدينة من المياه كما هو موضح في الشكل (٦.٢). فحينما يزيد معدل رفع المضخات عن معدل الاستهلاك ترفع الزيادة إلى الخزانات العلوية وحينما يزيد معدل استهلاك المدينة عن معدل الضخ يتم سحب الفرق بين المعدلين من الخزانات العلوية.



شكل (٦.٢): التوزيع عن طريق الضخ والتخزين.

٣ التوزيع بواسطة الضخ وبدون تخزين Distribution by means of pumping without storage

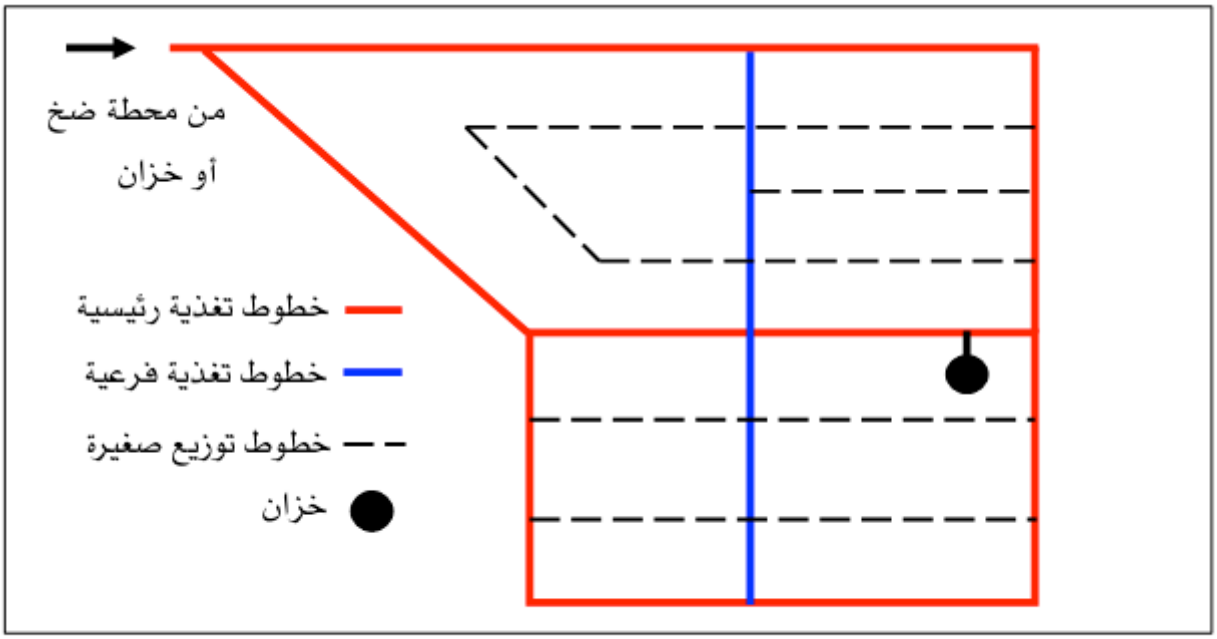
في هذه الطريقة يتم ضخ الماء مباشرة داخل الأنابيب الرئيسية لتصل إلى المستهلك دون أن تمر بخزانات علوية كما في الشكل (٧.٢) بحيث تعمل المضخات بمعدلات ثابتة خلال ٢٤ ساعة. وهذه الطريقة غير مرغوب فيها لأن أي خلل في المضخات أو عطل كهربائي سوف يؤدي إلى انقطاع الماء كلياً عن المستهلك. كما أن التغير في معدلات الاستهلاك يؤدي إلى تذبذب في ضغط الماء داخل الأنابيب.



شكل (٧.٢): التوزيع عن طريق الضخ المباشر (بدون تخزين).

تتكون شبكات توزيع المياه من الأجزاء التالية:

- خطوط التغذية الرئيسة Primary Feeders: وتستخدم لنقل كميات المياه الكبيرة من محطات الضخ إلى الخزانات العلوية ومن الخزانات العلوية إلى الأجزاء المختلفة للمنطقة التي ستزود بالمياه كما هو موضح في شكل (١٣.٢). ويجب أن تزود الخطوط الرئيسة بصمامات تعديل الضغط في النقاط المنخفضة وفي النقاط المرتفعة، وكذلك عند الربط مع أنابيب التوزيع اللازمة.
- خطوط التغذية الفرعية Secondary Feeders: تستخدم لنقل كميات المياه الكبيرة من الخطوط الرئيسة إلى الأجزاء المختلفة للمنطقة التي ستزود بالمياه. وتشكل حلقات صغيرة بانتقالها من خط رئيسي لآخر كما هو مبين في الشكل (١٣.٢).
- خطوط التوزيع الصغيرة Small Distribution Mains: تستخدم لنقل المياه من خطوط التغذية الرئيسة والفرعية إلى أنابيب المباني وحنفيات الحريق.



شكل (١٣.٢): شبكات توزيع المياه.

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه Types of Pipes

هناك أنواع عديدة من المواسير التي تستخدم في توزيع المياه وتوصيلها إلى مناطق الاستعمال كالمساكن والمصانع والمتاجر وغيرها ، وتختلف في تكلفتها حسب مكوناتها وطريقة صناعتها ومتانتها ومدى مقاومتها لضغط المياه ، وعموماً فيجب أن تتوفر الشروط التالية في المواد التي تصنع منها المواسير:

١. قدرتها على تحمل الضغوط الداخلية والخارجية.

٢. مقاومتها للتآكل الداخلي والخارجي لفترة طويلة (العمر الافتراضي).

٣. تحملها لدرجات حرارة مرتفعة.

٤. احتوائها لوصلات محكمة تمنع التسرب.

ومن أهم أنواع المواسير:

١. مواسير الحديد الزهر: وتمتاز بمقاومتها للتآكل والصدى وتحملها للضغوط الداخلية والخارجية وسهولة وتركيبها، وقد يصل عمرها الافتراضي إلى ١٠٠ سنة ، وتنتج عادة بأقطار حتى ١٢٠ سم.

٢. مواسير الصلب: وهذه المواسير أخف وزناً من مواسير الحديد الزهر وبالتالي أقل مقاومة للتآكل والصدى ، وتمتاز بتحملها للضغوط العالية وبسهولة نقلها وتركيبها، وتنتج عادة بأقطار متعددة لا تتعدى ٢٥٠ سم ويكون سعرها مرتفعاً نسبياً.

٣. مواسير خرسانية: تصنع هذه المواسير من الخرسانة العادية أو المسلحة وتستخدم عادة للإمدادات الطويلة وقد تصل أقطرها إلى ١٨٠ سم، وتمتاز هذه المواسير بمقاومتها للتآكل والصدى وبتحملها للضغط الخارجي وبانخفاض سعرها مقارنة بالمواسير الأخرى، ومن عيوبها أنها لا تتحمل الضغوط الداخلية العالية وأن التسرب من وصلاتها عال كما أنها ثقيلة الوزن وبالتالي يكون نقلها وتركيبها صعب.

٤. مواسير بلاستيكية: وينتج منها أنواع كثيرة بأقطار تصل إلى ٣٠ سم، وتختلف في أثمانها حسب متانتها ومدى مقاومتها للضغط، وتمتاز بمقاومتها العالية للتآكل والصدى وبسهولة نقلها وتركيبها وكذلك بسهولة انحنائها وقلة تكاليفها. ومن عيوبها أنها ضعيفة المقاومة للحرارة.

شبكات تصريف مياه الصرف الصحي (ثانيا)

مقدمة Introduction

تشمل مياه الصرف الصحي المخلفات السائلة المستعملة في المباني والمصانع ومياه الأمطار، ويمكن تصنيفها كالتالي:

١. المخلفات السائلة المنزلية: وتسمى أيضاً مياه المجاري وهي المياه المستعملة في الوحدات السكنية والإدارية والمباني العامة، وكذلك تشمل المياه المستعملة في الحمامات والمطابخ وغيرها.

٢. المخلفات السائلة الصناعية: وهي المخلفات الناتجة من المياه التي يتم استعمالها في عمليات التصنيع المختلفة، وتختلف مكوناتها حسب نوع الصناعة والمواد المستخدمة فيها وقد تحتوي في بعض الأحيان على مواد سامة ومواد ضارة، ولذلك لا يسمح بصرفها في شبكات الصرف الصحي إلا إذا توفرت فيها الشروط اللازمة.

٣. مياه الأمطار: وهي المياه التي يتم تجميعها في شبكات الصرف أثناء تساقط الأمطار، وعادة تكون هذه المياه مصحوبة بالأتربة والمواد العضوية المختلفة.

٤. مياه الرشح: وهي المياه الجوفية التي يمكن أن تصل إلى مواسير الصرف إذا كان منسوب المياه الجوفية أعلى من منسوب المواسير. وتتوقف كمية هذه المياه على مسامية التربة ودرجة نفاذية الماء فيها وعلى المواد التي تصنع منها المواسير.

ويتم تجميع مياه المخلفات المنزلية والمخلفات الصناعية ومياه الأمطار في شبكات تصريف تسير بالانحدار الطبيعي إلى غرف تفتيش ومنها ترفع إلى نقاط المعالجة.

تستخدم مواسير متنوعة لصرف المخلفات السائلة، وهي مصنوعة من مواد مختلفة مثل الفخار والخرسانة والبلاستيك والزهر وغيرها. ويراعى في اختيار نوع المواسير الأسس التالية:

١. توفر المواسير بالأقطار والكميات المطلوبة.

٢. مقاومة المواسير للأحمال الخارجية.

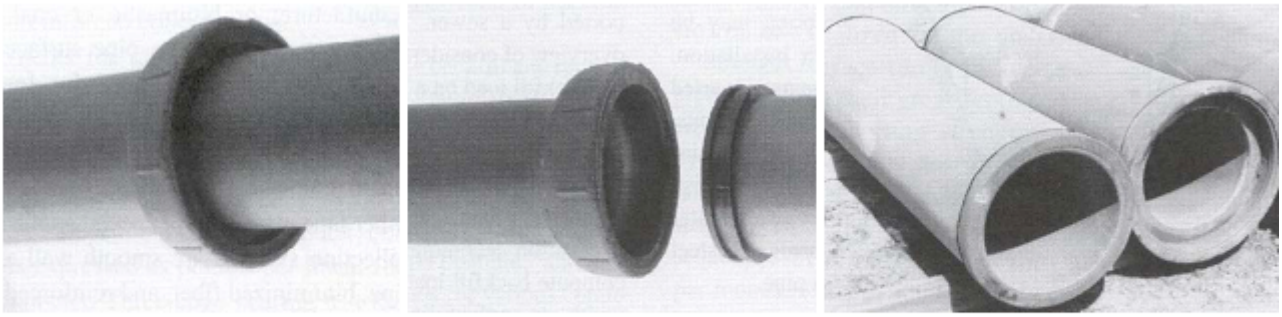
٣. طبيعة التربة ومدى تحملها.

٤. الأسعار المناسبة.

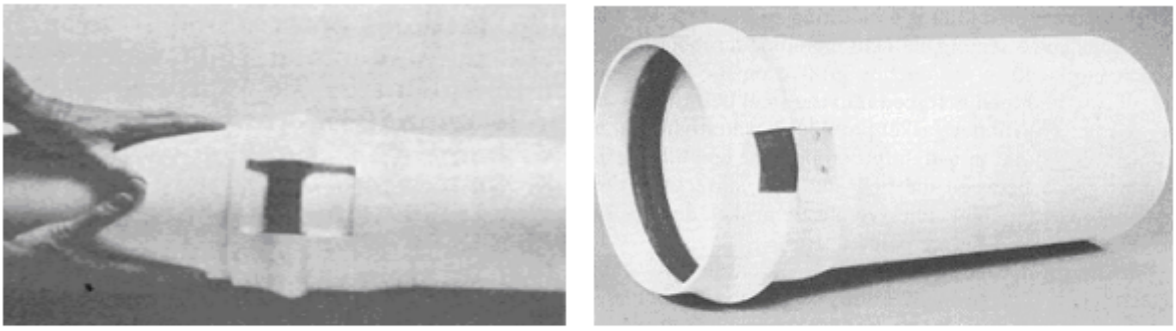
٥. سهولة التنفيذ.

ومن أهم أنواع المواسير ما يلي:

- مواسير الفخار الحجري (Verified clay pipes: VCP): وتنتج بأقطار تتراوح بين ١٥٠ و٦٠٠ مم وتستخدم لخطوط الانحدار فقط، وقدرة تحملها للضغط الداخلي قليلة. ويعد هذا النوع من أفضل أنواع المواسير الحاملة لمياه الصرف الصحي لكونها رخيصة الثمن وسهلة التصنيع والتركيب والصيانة ولها عمر افتراضي طويل، والشكل (٣.٤) يوضح عينة من هذه المواسير.
- مواسير الخرسانة العادية (Plain concrete pipes: PC): وتنتج بأقطار تصل إلى ٣٠٠ مم وبوصلات مرنة مما يساعد خط المواسير على الترتيب دون حدوث أي كسر في حالة هبوط التربة.
- مواسير الخرسانة المسلحة (Reinforced concrete pipes: RC): وتنتج بأقطار كبيرة تتراوح بين ٦٠٠ مم و ٣٠٠٠ مم وبوصلات مرنة وتستخدم عموماً في خطوط الانحدار.
- مواسير الفيبرجلاس (Glass fiber reinforced pipes: GRP): وتنتج بأقطار كبيرة من ٦٠٠ إلى ٣٠٠٠ مم وتتميز بخفة وزنها وبسهولة تركيبها ويمكن تنزيلها وتركيبها يدويا إلى قطر ٨٠٠ مم.
- مواسير بوليفينيل كلورايد (Polyvinyl chloride pipes: PVC): وتتراوح أقطارها من ١٥٠ مم إلى ٣٠٠ مم، وهي خفيفة الوزن وسهلة التركيب، والشكل (٣.٤) يوضح عينة منها.



شكل(٣.٤): مواسير الفخار الحجري (VCP).



شكل (٥.٤): مواسير بوليفينيل كلورايد (PVC).

الوحدة الخامسة

أعمال التركيبات الصحية بالمبنى

الباب الأول: الأجهزة الصحية (plumbing Fixtures)

نحاول في هذا الباب استعراض أهم الأجهزة الصحية من حيث أنواعها ومقاساتها وكيفية توزيعها داخل الفراغ المعماري وكذلك أقل الأبعاد المسموح بها بين تلك الأجهزة بعضها لبعض.

أولاً : أنواع الأجهزة الصحية :

وتشمل جميع أنواع الأجهزة الصحية التي تستخدم في الحمامات ودورات المياه الخاصة والعامة وكذلك المطابخ.. وما شابه ذلك داخل المبنى. والتي تتمثل في الآتي :

١- المغاسل – أحواض غسيل الأيدي – (Lavatories)

ويطلق عليها أيضاً (Washbasins) وهي أكثر الأجهزة الصحية استخداماً بالمبنى، وهي تصنع عادة من الفخار المطلي صيني أو من الصيني– أبيض أو ملون – بأشكال ومقاسات كثيرة، شكل رقم (١).

ويتكون الحوض عادة من سلطانية بها فتحة علوية لتصريف الفائض وأخرى بالقاع للصرف يثبت بها طابق السيفون على شكل (S) أو (P) أو كأس ، وفي حافة السلطانية الخلفية توجد ثلاثة ثقوب لتثبيت الخلاطات – الساخنة والباردة.

ويمكن تقسيم أحواض غسيل الأيدي إلى ثلاثة أنواع رئيسة طبقاً لطريقة تثبيتها وهي:

١- ١ حوض كابولي (Lavatory wall hung) :

يتكون عادة من قطعة واحدة – سلطانية الحوض – ويثبت على الحائط بواسطة كابولي حديد، شكل رقم (٢). ويتميز هذا الحوض بمرونة التحكم في ارتفاعه عن الأرض وأيضاً سهولة إجراء الصيانة الدورية له. ويعيبه ظهور سيفون الصرف الخاص به مما يعطيه شكلاً غير مقبول في أحيان كثيرة، لذا ينصح استعماله في أماكن الخدمات بسيطة المستوى- مثل: المستودعات، ورش صيانة، دورات المياه العمومية.. الخ.

١- ٢ حوض بقاعدة (lavatory on pedestal):

ويتكون من قطعتين قاعدة و رجل – وسلطانية الحوض تثبت عليها (شكل رقم ٣). ويمتاز هذا الحوض بأشكاله المتعددة وألوانه الجميلة ، وإخفاء سيفون الصرف وراء هذه القاعدة، لذا يكثر استخدامه في المنازل والوحدات السكنية. ومن عيوبه ثبات ارتفاعه حسب النموذج الخاص بكل نوع بالإضافة إلى صعوبة إجراء الصيانة الدورية له حيث يتطلب ذلك فك مسامير التثبيت لتحريك القاعدة للوصول إلى السيفون.. مما قد يعرض الجهاز للكسر في أحيان كثيرة، ، لذلك

لا ينصح باستعماله في الأماكن العامة التي تحتاج كثيراً للصيانة الدورية – مثل المطاعم والكافيتريات.. وما شابهها.

١- ٣ حوض ساقط داخل رخامة (Vanity) :

وهو عبارة عن سلطانية حوض ساقطة – مثبتة – داخل دولاب ظهره من الرخام (في أغلب الأحيان) وهو أكثر الأنواع استخداماً- خاصة في الأماكن العامة- لمظهره الجميل وأشكاله المتعددة والمرونة في تحديد ارتفاعه بالإضافة إلى سهولة الوصول إلى سيفونه لإجراء الصيانة الدورية اللازمة له، شكل رقم (٤).

٢- المراحيض (Water Closets):

وهي ثاني الأجهزة الصحية من حيث الاستخدام بالمبنى، وتنقسم إلى نوعين رئيسين:

٢- ١ المرحاض الشرقي (Oriental water closet):

ويسمى أيضاً " المرحاض العربي " وأطلق عليه هذه الأسماء لكثرة استعماله في الشرق والبلاد العربية. ومن مميزاته عدم تلامس جسم الإنسان به عند استعماله مما يقلل من نقل الأمراض التي تأتي عن طريق التلامس، لذا ينصح باستعماله في دورات المياه العامة.

وينحصر المرحاض الشرقي – من حيث مكوناته – في ثلاثة أنواع رئيسة :

أ- مرحاض شرقي ثلاث قطع يتكون من:

- قاعدة المرحاض التي تصنع من مواد عديدة مثل : الفخار أو الزهر المطلي صيني أو البلاستيك أو الاكريليك أو الاستلس استيل.
- سلطانية تصنع عادة من نفس مادة القاعدة ويكون لها فتحه صرف قطر ٤".
- حاجز مائي لمنع الروائح يسمى سيفون (Siphon) من البلاستيك أو الزهر يثبت في الفتحة السفلية للسلطانية ويكون على شكل حرف (S) أو (P)، شكل رقم (٥).

ب- مرحاض شرقي قطعتين:

حيث تكون القاعدة والسلطانية قطعة واحدة (وهو الأكثر انتشاراً)، شكل رقم (٦).

ج- مرحاض شرقي قطعة واحدة:

حيث تكون القاعدة والسلطانية والسيفون قطعة واحدة، شكل رقم (٧).

ويلحق بالمرحاض الشرقي – بمختلف أنواعه – صندوق طرد عالٍ (غالبا) سعة ٢,٥ جالون (٩,٥لتر)، لصرف المواد الصلبة عند الاستخدام.

٢- ٢ المرحاض الإفرنجي (European Water Closet):

وسمي بهذا الاسم نسبة إلى الفرنجة – الغرب – الذين كانوا أول من قام باستعماله. والمرحاض الإفرنجي – الغربي – له أنواع كثيرة لكل منها مميزاتها وأماكن استخدامها، ويمكن حصر تلك الأنواع – من حيث الاستخدام – في الآتي:

٢- ٢- ١ مرحاض إفرنجي بصندوق طرد واطيء – أو عالٍ – وسيفون (S) أو (P) :

وهو السائد استخدامه في المنازل وبعض الأماكن العامة ، وصندوق الطرد به سعة ٣ جالون (١١,٣ لتر) والنوع المنخفض منه يأتي أحياناً منفصلاً عن السلطانية ويثبت أعلاها خلف الجالس مباشرة ، وفي أغلب الأحيان يكون جزء من المرحاض نفسه وفي تلك الحالة يسمى كومبينشن، شكل رقم (٨- أ ، ب).

٢- ٢- ٢ مرحاض إفرنجي معلق:

ويمتاز عن النوع الأول بسهولة تنظيف الأرضية أسفله وكذلك حرية التحكم في ارتفاعه.. لذا يفضل استخدامه في الأماكن العامة – خصوصاً المستشفيات – وكذلك حضانات الأطفال، شكل رقم (٩).

٢- ٢- ٣ مرحاض إفرنجي بحجر :

ويفضل استخدامه في المختبرات حيث يسهل فيه الحصول على عينات المواد الصلبة من المريض ، شكل رقم (١٠).

٢- ٢- ٤مرحاض إفرنجي بسيفون (S) مزدوج:

ويفضل استخدامه في المناطق التي يكثر فيها انتشار الحشرات والقوارض حيث يكون الحاجز المائي فيها أكثر كفاءة في العزل – من اختراق الروائح أو تلك الحشرات والقوارض إلى الوحدة الصحية – شكل رقم (١١).

وفي أحيان كثيرة يتم استخدام صمام الطرد (Flush valve type) – خصوصاً في الأماكن العامة – بدلا من صندوق الطرد لجميع تلك الأنواع السابقة من المراحيض لما يتمتع به صمام الطرد من قوة وسرعة في طرد المخلفات بالإضافة إلى سهولة الصيانة والتوفير الواضح في استخدام المياه – حيث لا تتجاوز كمية المياه اللازمة لطرد المخلفات عن ٢ جالون فقط في المرة الواحدة – شكل رقم (١٢).

٣- حوض الاستحمام:

استخدامه الأساسي - وكما هو واضح من الاسم- هو للاستحمام ، ولمنع البلل بدرجة كبيرة داخل أرضية الحمام ، ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي :

٣- ١ حوض القدم (Shower) :

ويكون إما من الزهر المطلي صيني أو البلاستيك أو الفيبرجلاس أو يصنع من قدمة من الرخام أو السيراميك بارتفاع ١٠- ١٢سم وأرضية من نفس نوع القدمة ، وهو للاستحمام فقط ومقاساته غالباً تكون ٧٥×٧٥ سم أو ٩٠×٩٠سم ، شكل رقم (١٣).

٣- ٢ البانيو (Bathtub) :

وهو حوض للاستحمام بجوانب بارتفاع يتراوح ما بين ٤٠- ٦٠سم ، ويكون من الحديد الزهر أو الحديد المطاوع المطلي صيني من الداخل أو من البلاستيك أو الفيبرجلاس أو الاكريليك، وله مقاسات وأشكال عديدة ويستخدم للاستحمام ومغطس في آن واحد ، حيث يستطيع الإنسان فيه أن يتمدد ويغمر جسمه بالماء، ويوجد بأسفله فتحه للصرف قطر ٢" يثبت فيها سيفون براكور من البلاستيك أو المعدن ، شكل رقم (١٤).

٣- ٣ الجاكوزي (Jacuzzi):

وهو مثل البانيو للاستحمام ومغطس بالإضافة إلى أنه يؤدي عملية تدليك (massage) لجسم المستخدم عن طريق فتحات جانبية تضخ مياه ساخنة أو باردة من طلمبة تربينية أسفل أو بجانب الجهاز ؛ شكل رقم (١٥- أ،ب).

٤- البيديه (Bidet):

ويسمى أيضاً "الشطاف"،وهو للاستنجاء بعد قضاء الحاجة، وهو أقل الأجهزة الصحية استخداماً في مجتمعاتنا العربية والإسلامية - نظراً لأهمية الطهارة عندنا في الجسم والثوب لدينا- وفي أحيان كثيرة يوضع داخل الحمام للزينة فقط! وهو يختلف عن المرحاض في طريقة الجلوس عليه واستخدامه، ويراعى وضع هذا الجهاز أقرب ما يمكن من المرحاض.

ويتكون البيديه من سلطانية من الفخار المطلي صيني لها شفة عليا وفتحة في الخلف لصرف الفائض من المياه، وثقبان لتثبيت خلاط المياه. وللبيديه فتحة للصرف في قاع السلطانية بسيفون حرف (P) قطر ١,٥" ، شكل رقم (١٦ – أ ، ب).

٥- حوض المطبخ (Kitchen sink):

ويستخدم لأغراض كثيرة منها غسيل الأواني والأطباق بالمطبخ. ويوجد منه أشكال وألوان ومقاسات كثيرة ، وأغلبه الآن يصنع من الاستلس ستيل أوالفيبرجلاس وهناك أنواع أخرى تصنع من الفخار أو الحديد الزهر المطلي صيني ، شكل رقم (١٧ – أ ، ب).

٦- ٢ المبولة القائمة (Stall urinal) :

وتصنع عادة من الفخار المطلي صيني وتثبت على الحائط وتمتد حتى الأرض حيث يتم الصرف من خلال مجرى أرضي عند القاعدة، شكل رقم (١٩).

٦- ٣ المبولة الحائطية (hlall urinal):

وتصنع أيضاً من الفخار المطلي صيني وتثبت على الحائط وتكون مرتفعة عن الأرض بمقدار حوالي ٦٠سم ، وهذا النوع هو الأكثر استخداماً نظراً لصغر حجمها وقلة تكلفتها بالنسبة للمباول الأخرى ، شكل رقم (٢٠).

٦- ٤ المبولة القاعدية (Pedestal Urinal):

وهي توضع على الأرض وتثبت عليها ، ولها أشكال عديدة ، وتستخدم كمبولة للنساء في البلاد الغربية ، شكل رقم (٢١).

ثانياً: أسلوب توزيع الأجهزة الصحية داخل الفراغ المعماري:-

بداية نشير إلى أنه سيقتصر الشرح هنا – طبقا للمحتوى العلمي للحقيبة التدريبية – على كيفية توزيع الأجهزة الصحية بالوحدات الصحية داخل المنزل – حمام أو دورة مياه.

وهناك بعض الاعتبارات الفنية التي تجب مراعاتها عند توزيع الأجهزة الصحية داخل الفراغ المعماري –حمام أو دورة مياه– والتي يمكن تطبيقها على كافة الأنواع الأخرى من الوحدات الصحية بالمباني، وتلك الاعتبارات تتمثل في الآتي:

١.مراعاة أقل المسافات – الأبعاد – المطلوب تحقيقها بين الأجهزة الصحية بعضها عن بعض:

فمثلاً أقل مسافة مسموح بها بين جهازي المرحاض والبيديه – الشطاف – هي ٥٠ سم من المحور إلى المحور ، كذلك فإن أقل مسافة بين المرحاض وأي جهاز أمامه هي ٥٠سم ، وأيضاً المسافة بين حواف المغسلة والجدار هي ١٥ سم ، وبين حدود مغسلة وأخرى هي ١٠ سم، ..الخ ، شكل رقم (٢٢).

٢.وضع الأجهزة طبقاً لأهميتها – من حيث الاستخدام – داخل الفراغ:

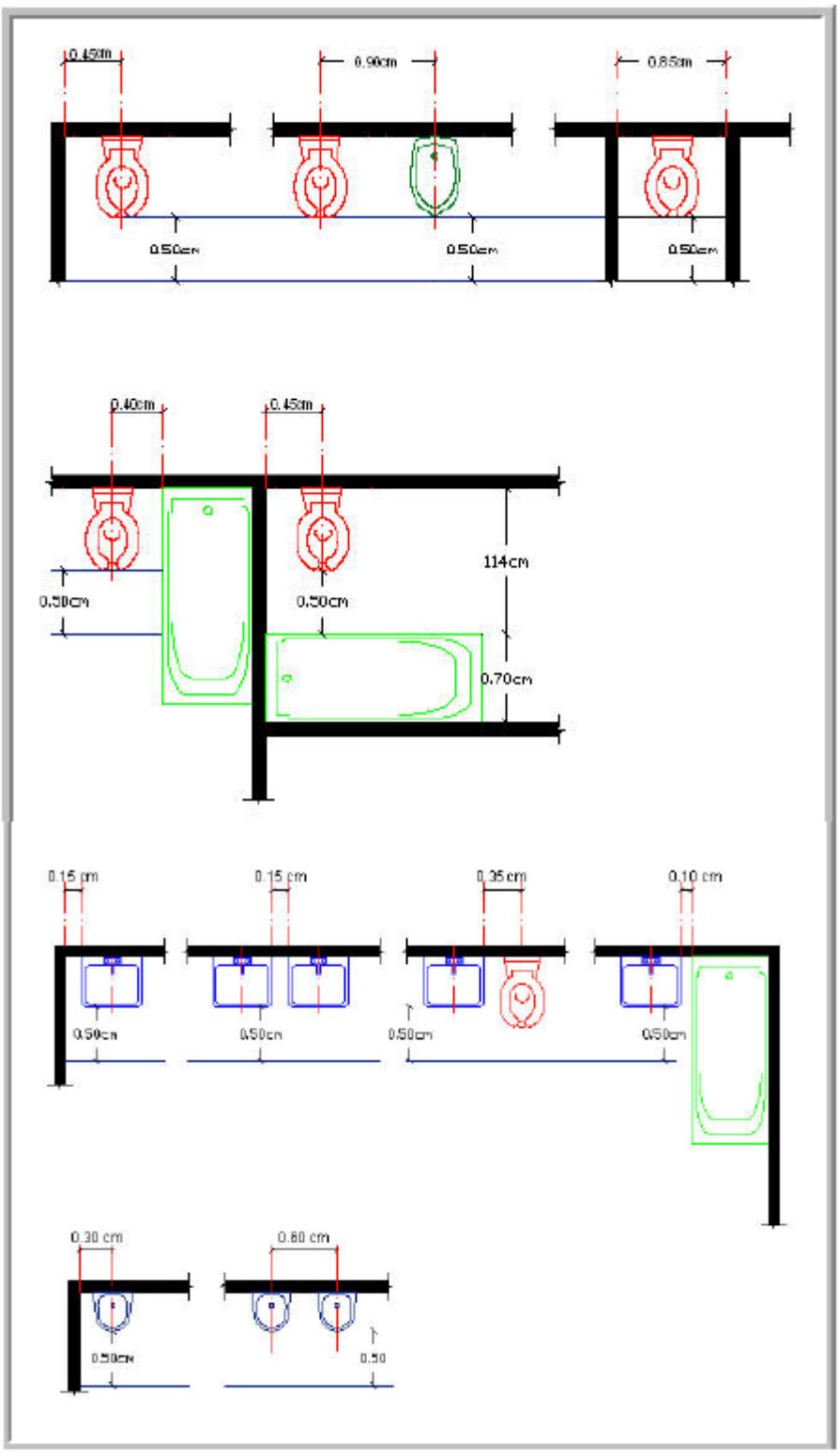
فنجد أن المغاسل – أحواض غسيل الأيدي – هي أكثر الأجهزة استخداماً داخل الحمام ودورة المياه ، لذا يجب أن توضع أقرب ما يمكن من فتحة الباب وفي اتجاهها ، شكل رقم (٢٣- أ). أما المرحاض فنضعه بعيداً لأنه أقل استخداماً من المغسلة ، ويوضع بجواره أو أقرب ما يمكن منه البيديه لعلاقتهما مع بعضهما البعض ، بينما نضع حوض الاستحمام – البانيو – داخل الفراغ بشكل يسهل استخدام الفراغ والحركة داخله ، انظر شكل رقم (٢٣- ب ، ج).

٣.معرفة جهة الصرف :

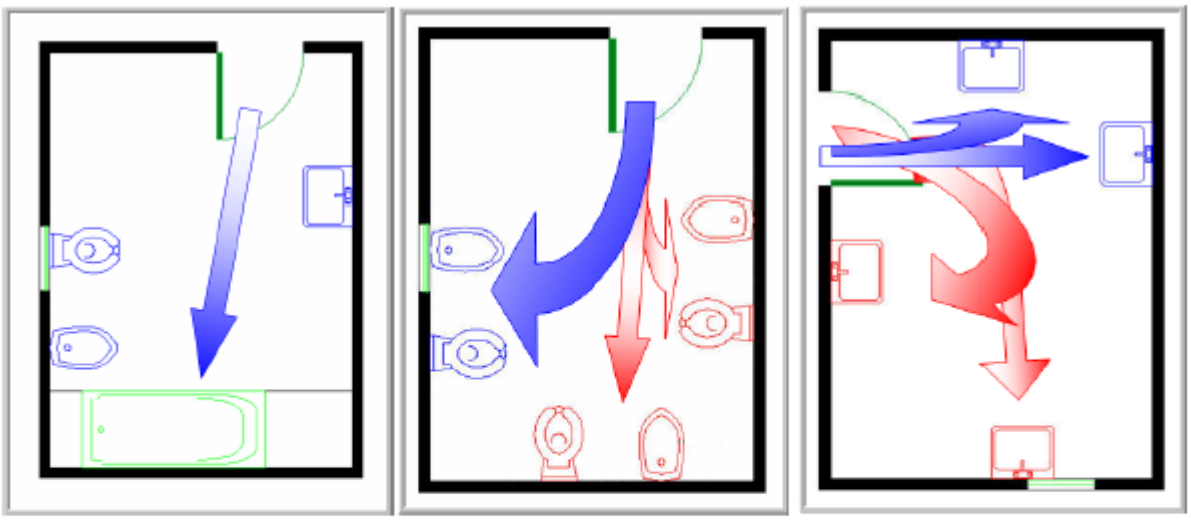
ويقصد بها هنا أماكن مواسير الصرف الرأسية بالمبنى، حيث يجب وضع الأجهزة، خاصة ذات أقطار الصرف الكبيرة – المرحاض – أقرب ما يمكن من جهة الصرف لتسهيل عملية الصرف عليها ، شكل رقم (٢٤).

٤.حركة الباب والاستغلال الأمثل للفراغات :

حيث يراعى عدم وضع أي جهاز يعيق حركة الباب أو فتحه بسهولة ، كذلك لا يتم ترك فراغات صغيرة بين الأجهزة المختلفة والجدار – خصوصاً البانيو – لا يمكن الاستفادة منها أو تقسيم الفراغ بشكل لا يسهل استغلاله ، شكل رقم (٢٥).



شكل رقم (٢٢)- أقل مسافة مسموح بها بين الأجهزة الصحية



(أ) المغسلة أقرب ما يمكن من الباب

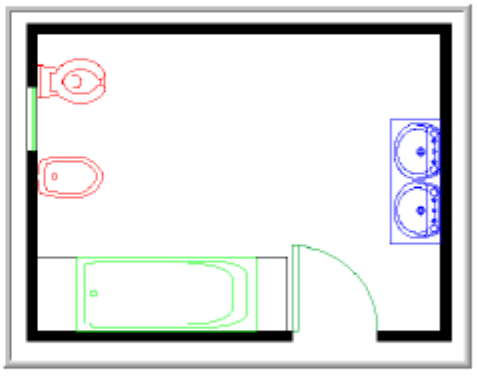
(ب) المرحاض أقرب ما يمكن من الجدار الخارجي وبجواره الشطاف

(ج) البانيو يوضع بشكل يسهل استغلال الفراغ

أماكن مثالية

أماكن غير جيدة

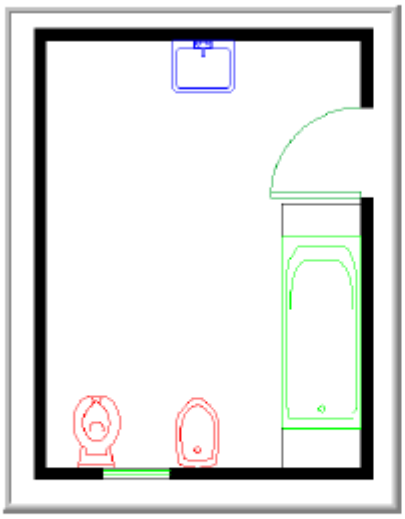
شكل رقم (٢٣)- وضع الأجهزة الصحية طبقا لأهميتها داخل الفراغ



شكل رقم (٢٤)

تحديد جهة الصرف (الشباك)

لتحديد أسلوب فرش الفراغ



شكل رقم (٢٥)

تحديد حركة الباب والاستغلال

الأمثل للفراغ

الباب الثاني – أعمال الصرف الصحي بالمبنى *(Sanitary Works in Building)*

في هذا الباب سيتم استعراض لأنواع أجهزة ومواسير الصرف الصحي بالمبنى ، وكذلك أنظمة الصرف المعمول بها بالمباني.

و تشتمل على الآتي :

أولاً : أنواع أجهزة ومواسير الصرف الصحي بالمبنى:

١- سيفون الأرضية (Floor drain):

ويطلق عليه باللغة العامية " البلاعة " ، أما بلغة الحرفيين فيسمى " بيبة ". ويصنع من البلاستيك – وهو الأكثر انتشاراً الآن – أو من الحديد الزهر المطلي صيني من الداخل، ويكون داخل المبنى (في الحمام أو دورة مياه.. الخ).

ويصرف عليه جميع الأجهزة الصحية ذات الصرف الخفيف – مغاسل أو بانيوهات أو حوض غسيل الأواني – لذا فإن قطر مدخله ٢" أما مخرجه فقطر ٣" ، شكل رقم (٢٦- أ ، ب).

٢- الجاليتراب (Gully – trap):

يصنع من الفخار المطلي أو الخرسانة أو البلاستيك أو الحديد الزهر ويصرف عليه عمود الصرف الخفيف، وكذلك أجهزة الصرف الخفيف بالدور الأرضي، لذا فإن قطر مدخله ٣" ومخرجه ٤".

ويوجد منه نوعان أساسيان هما :

- جاليتراب بفتحه خاصة لاستقبال عمود الصرف الخفيف.
- جاليتراب بدون فتحة خاصة لعمود الصرف الخفيف.

ويوضع الجاليتراب خارج المبنى – في المناور أو على الرصيف الخارجي – على فرشة من الخرسانة العادية تحيط به من الجوانب أيضاً، شكل رقم (٢٧- أ ، ب).

٣- عمود العمل (Soil stack):

هو ماسورة من البلاستيك غالباً الآن- حيث إن المملكة تأتي في المرتبة الأولى بالشرق الأوسط في تصنيع المواسير البلاستيك وملحقاتها- أو من الحديد الزهر بقطر لا يقل عن ٤" تصرف عليها مباشرة المراحيض والمباول.

٤- عمود الصرف (Waste stack):

يصنع أيضاً من البلاستيك أو الحديد الزهر وقطره لا يقل عن ٣" ويصرف عليه سيفونات الأرضية والمغاسل والبيديهات والبانيوهات وحوض غسيل الأواني – وجميع الأجهزة الصحية ذات الصرف الخفيف.

٥- عمود التهوية (Vent stack):

يصنع من نفس نوعية عمود العمل وعمود الصرف ولكن قطره ٢" فقط ، ويكون اتصاله بالأجهزة الصحية وسيفوناتها حسب نظام الصرف المستعمل – الذي سيتم شرحه بالتفصيل في الباب القادم – وفوائد عمود التهوية تتلخص في الآتي :

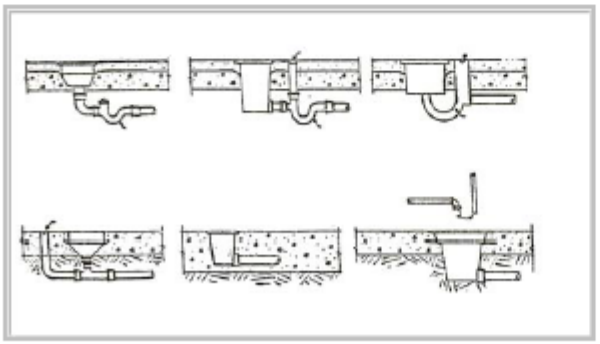
- تجديد الهواء داخل مواسير العمل – أو الصرف – مما يقلل من الغازات السامة المتكونة داخل الشبكة الصحية نتيجة تحلل المواد العضوية العالقة بها.
- تحقيق توازن في الضغط الجوي داخل شبكة الصرف مما يساعد على المحافظة على الحاجز المائي داخل الأجهزة الصحية.

٦- غرف التفتيش (Manholes):

هي غرف صغيرة مستقلة عن المبنى- مقاس ٦٠ X٦٠ سم غالبا- تصرف عليها جميع المواسير الرأسية بالمبنى، وكذلك أجهزة الصرف الثقيل بالدور الأرضي بالمبنى، شكل رقم (٢٨ أ ، ب). والوظيفة الأساسية لغرف التفتيش هي تجميع أعمال الصرف الداخلي من أنحاء المبنى المختلفة ثم صرفها من نقطة واحدة على شبكة المجاري العمومية للمدينة – حيث إنها تعتبر نقطة الاتصال النهائية بين خطوط الصرف الداخلي للمبنى وشبكة الصرف العمومية للمدينة ، وتتواجد غرف التفتيش طبقاً لحالات محددة، شكل رقم (٢٩) ، تتمثل في :

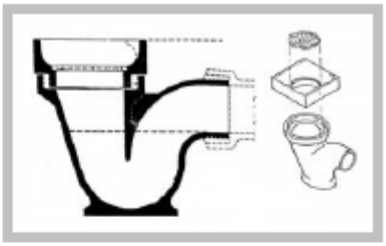
١- وجود تقاطع صرف من المبنى.
٢- زيادة المسافة بين غرفتي تفتيش بالمبنى عن ١٤م طولي.
٣- عند تغيير اتجاه الصرف في الشبكة الداخلية.
٤- عند نقطة الصرف الداخلي النهائية قبل الاتصال بالشبكة العمومية.

(أ) منظور

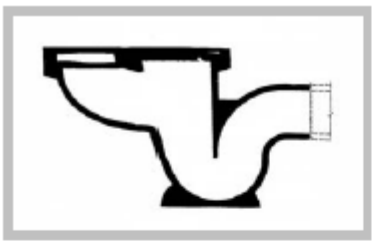


(ب) قطاعات مختلفة في سيفون الأرضية

شكل رقم (٢٦)- سيفون الأرضية

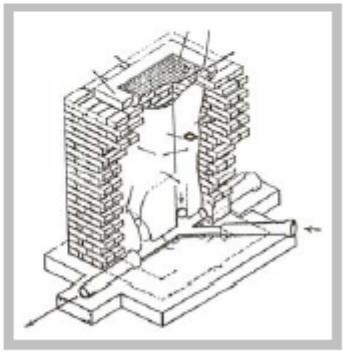


(أ) جاليتراب بلاستيك

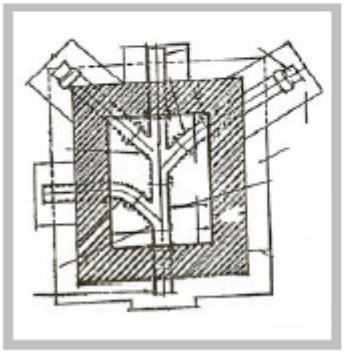


(ب) جاليتراب فخار

شكل رقم (٢٧)- الجاليتراب

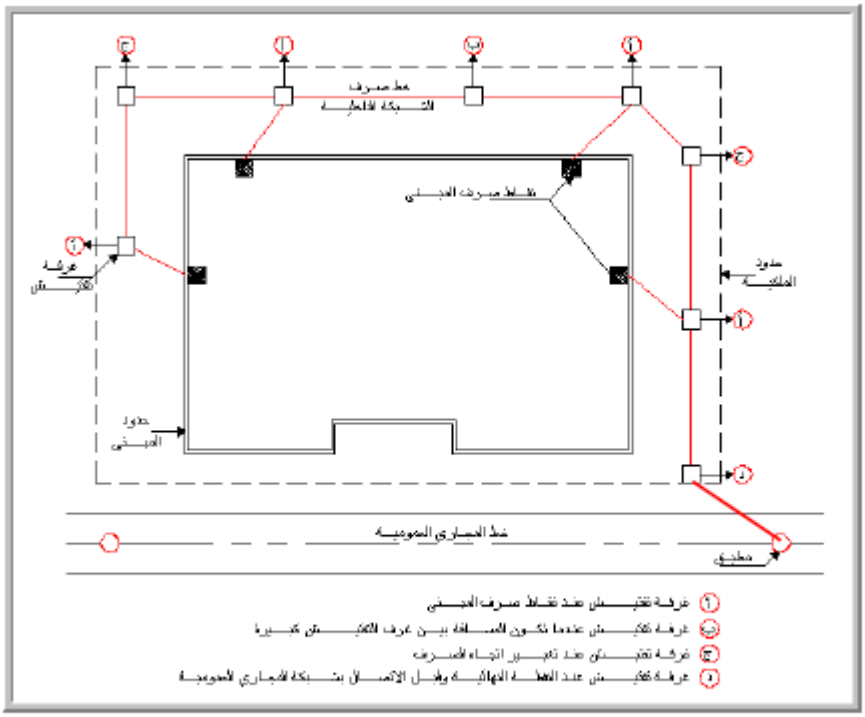


(أ) قطاع رأسي



(ب) مسقط أفقي

شكل رقم (٢٨)- غرفة التفتيش



شكل رقم (٢٩)- الحالات التي يجب أن تتواجد فيها غرف التفتيش

ثانياً: أنظمة الصرف الصحي داخل المبنى:

هناك مسميان أساسيان تندرج تحتهما جميع أنظمة الصرف الصحي داخل المباني هما:

أ- نظام الصرف ذو الماسورتين (Two pipe system):

وهو أقدم أنظمة الصرف الصحي، وتعتمد فكرته الأساسية على صرف المخلفات الثقيلة على ماسورة منفردة – عمود عمل – وصرف المخلفات الخفيفة (بيبة أو مغاسل أو بانيوهات أو بيديه.. الخ) على ماسورة أخرى – عمود صرف – ويتفرع من هذا النظام عدة أساليب للصرف تنحصر في :

١- الأسلوب التقليدي (Traditional system):

ويستخدم في حالة وجود مسافات أفقية كبيرة بين الأجهزة الصحية – مثل المباني التعليمية والصناعية، (شكل رقم ٣٠).

٢- أسلوب الماسورتين كاملتي التهوية(Two pipe system fully vented):

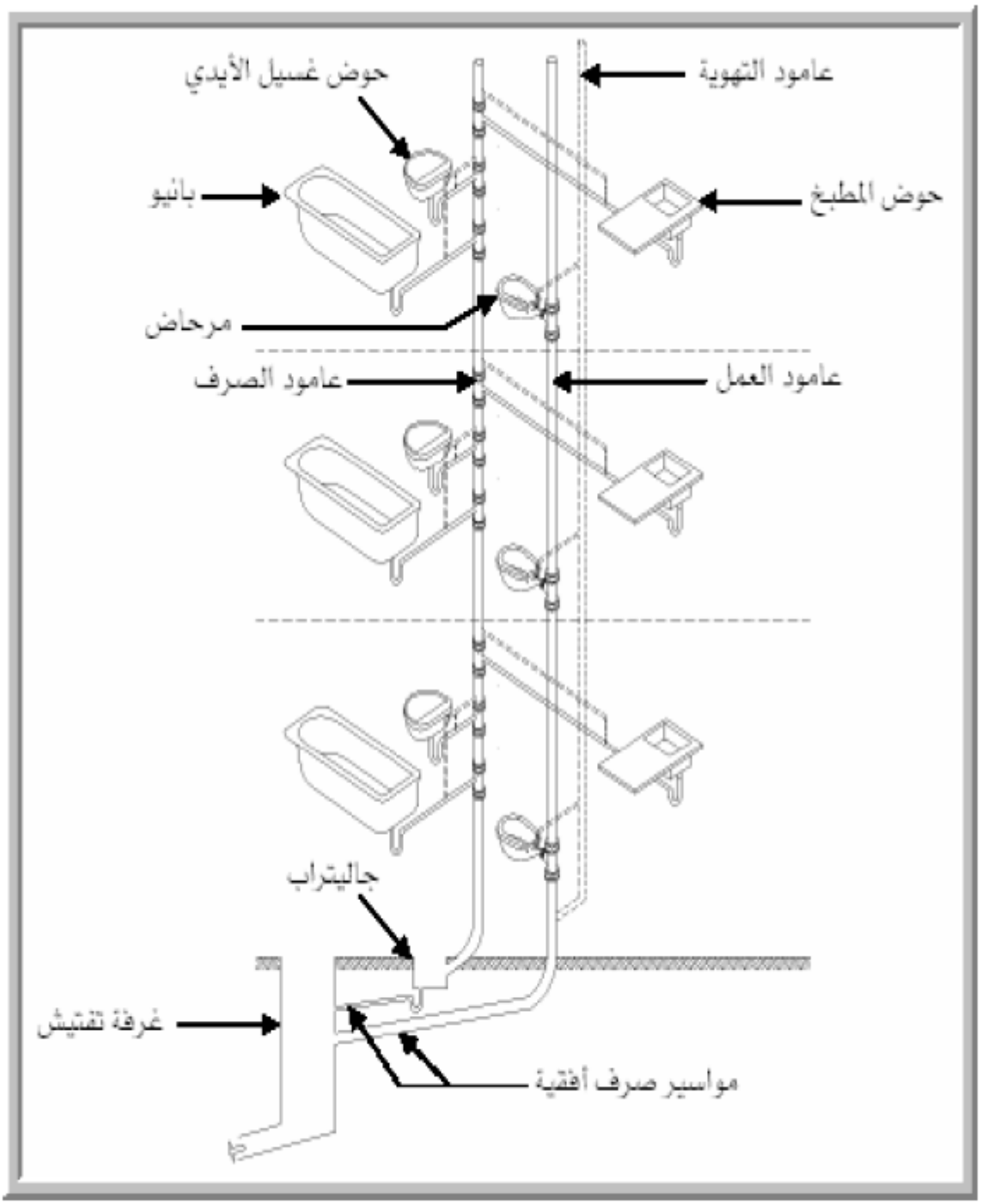
وفيه تتم تهوية كافة الأجهزة الصحية – ذات الصرف الخفيف والثقيل – بوصلة هوائية من أحد قائمي التهوية الموازيين لعمودي الصرف والعمل، شكل رقم (٣١).

٣- أسلوب النظام المعدل لماسورتين مع تهوية أفرع ماسورة العمل فقط:

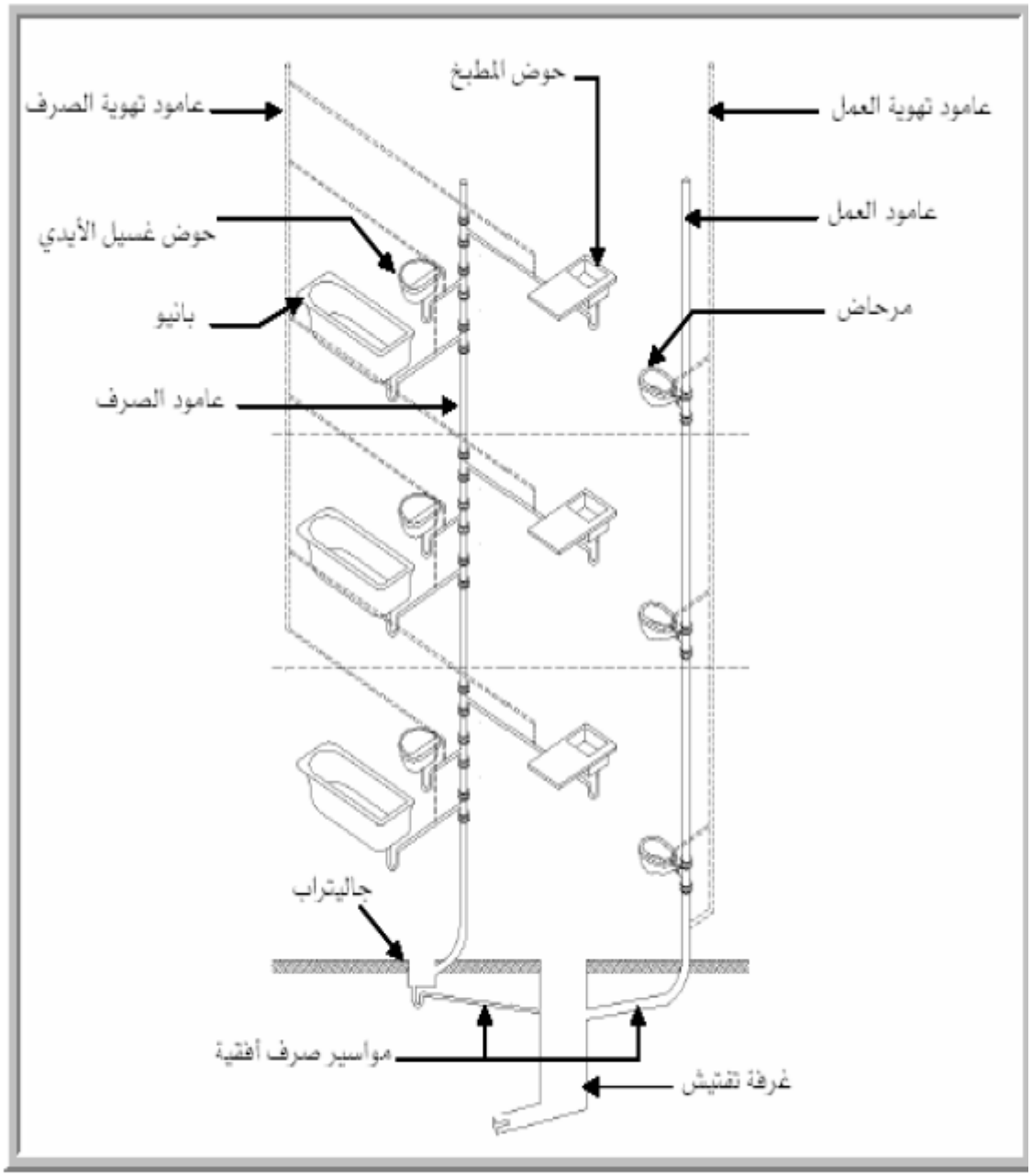
وفيه يتم صرف المخلفات الخفيفة مباشرة على عمود الصرف، والثقيلة على عمود العمل وتهوية وصلة المدادات لعمود العمل فقط ، شكل رقم (٣٢).

٤- أسلوب الماسورتين مع استعمال سيفونات الأرضيات وتهوية عمود العمل:

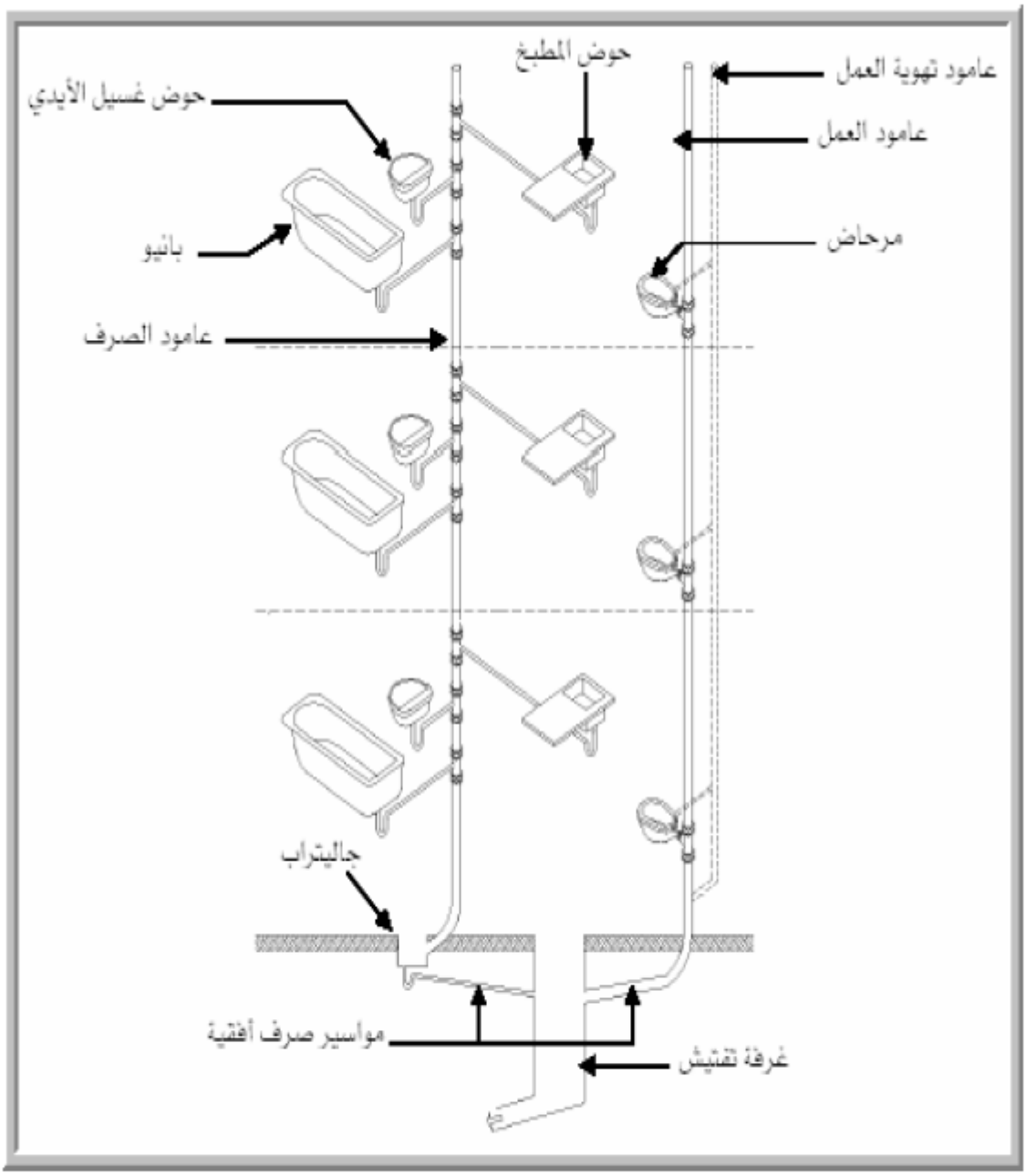
وسيتم شرحه بالتفصيل فيما بعد ، شكل رقم (٣٣).



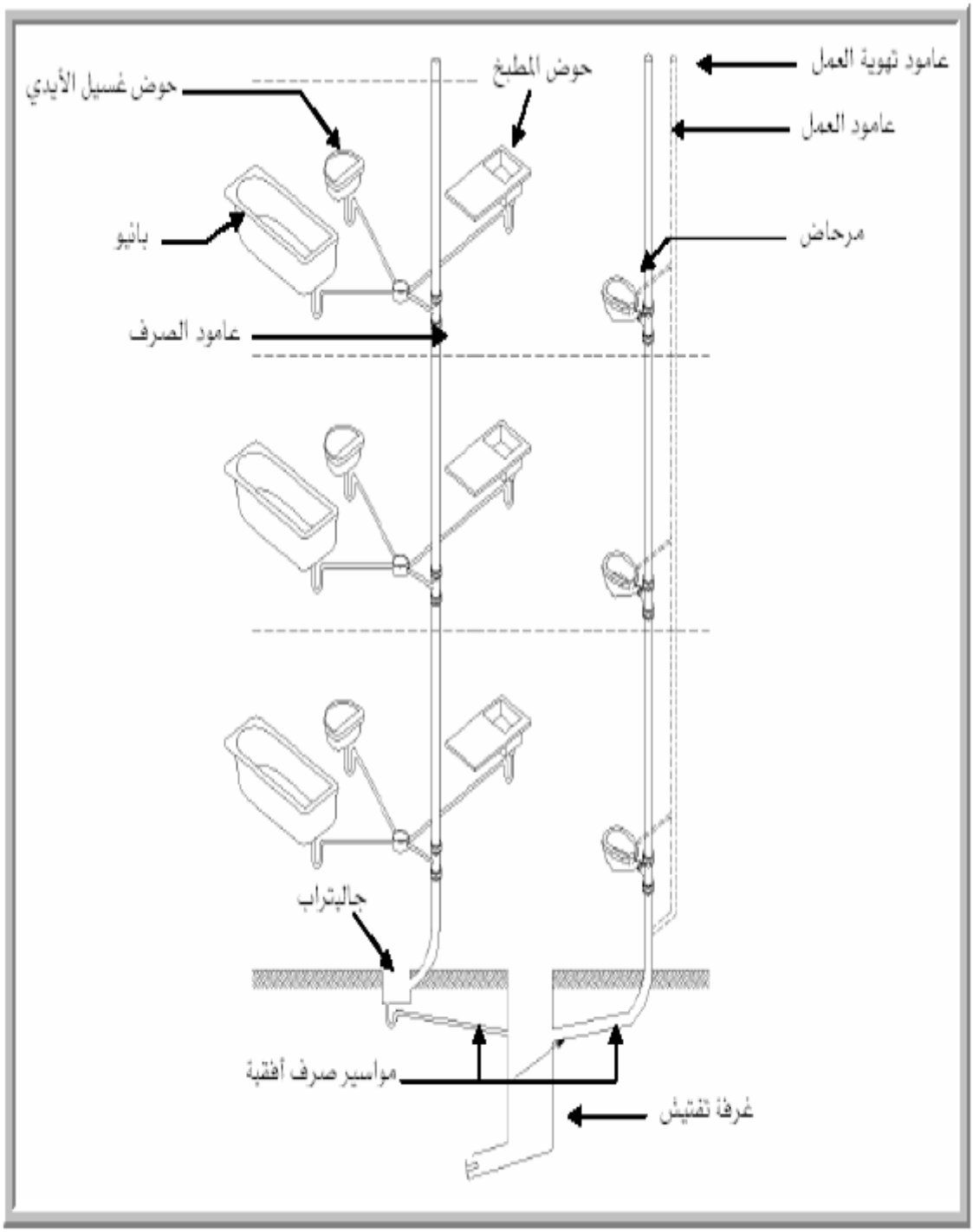
شكل رقم (٣٠)- الأسلوب التقليدي للصرف



شكل رقم (٣١)- أسلوب الماسورتين كاملتي التهوية



شكل رقم (٣٢)- أسلوب النظام المعدل لماسورتين مع تهوية أفرع ماسورة العمل فقط



شكل رقم (٣٣)- أسلوب الماسورتين بسيفون أرضي مع تهوية عمود العمـل

ب- نظام الصرف ذو الماسورة الواحدة (One pipe system):

وفكرته الأساسية تعتمد على صرف المخلفات الثقيلة (المراحيض) والخفيفة من خلال ماسورة واحدة – عمود عمل – ويخرج من هذا النظام عدة أساليب للصرف تنحصر في:

١- أسلوب الماسورة المهواة بالكامل (One pipe system fully vented):

وسيتم شرحه بالتفصيل فيما بعد ، شكل رقم (٣٤).

٢- النظام المعدل للماسورة الواحدة مع تهوية أفرع العمل:

وفيه يتم صرف المخلفات الخفيفة والثقيلة على عمود واحد رئيس مع تهوية مدادات الصرف الثقيل فقط ، شكل رقم (٣٥).

٣- أسلوب سوفينت للعمود الوحيد (Single stack sovent system):

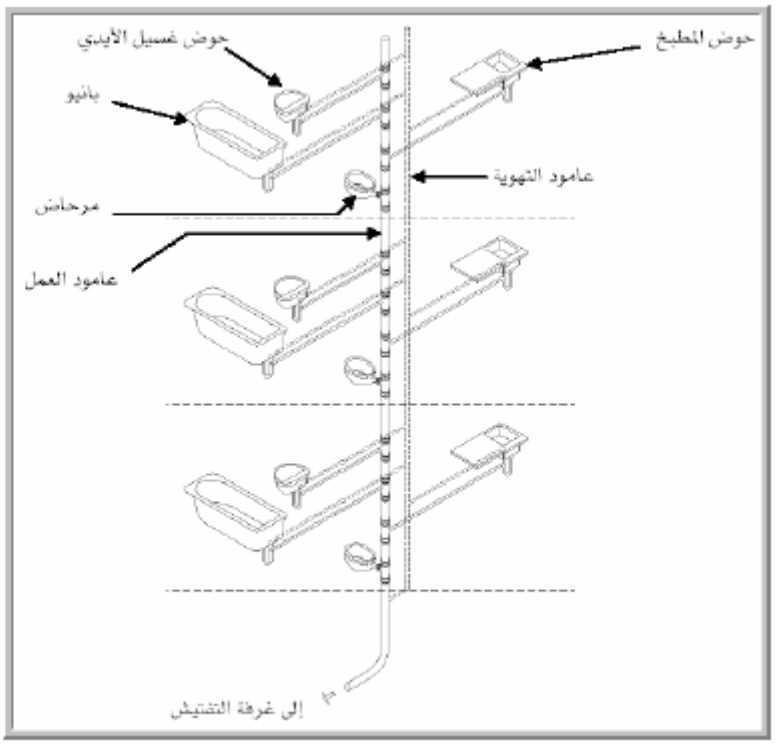
وهو نظام مستحدث جديد تقوم فكرته على استخدام المواسير النحاسية في نظم التركيبات الصحية في المباني من خلال عمود وحيد له وصلات تهوية عند كل دور لتهوية أفرع مدادات الصرف فيه للحفاظ على الحاجز المائي لكل جهاز بهذا الدور ، شكل رقم (٣٦).

٤- أسلوب العمود الوحيد :

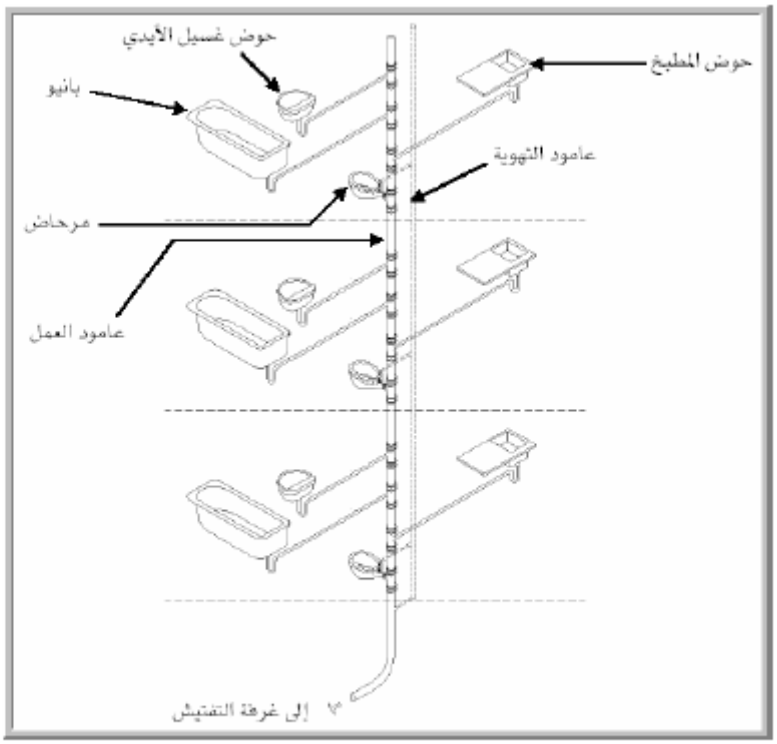
وسيتم شرحه بالتفصيل فيما بعد ، شكل رقم (٣٧).

٥- أسلوب العمود الوحيد مع عمود الهواء :

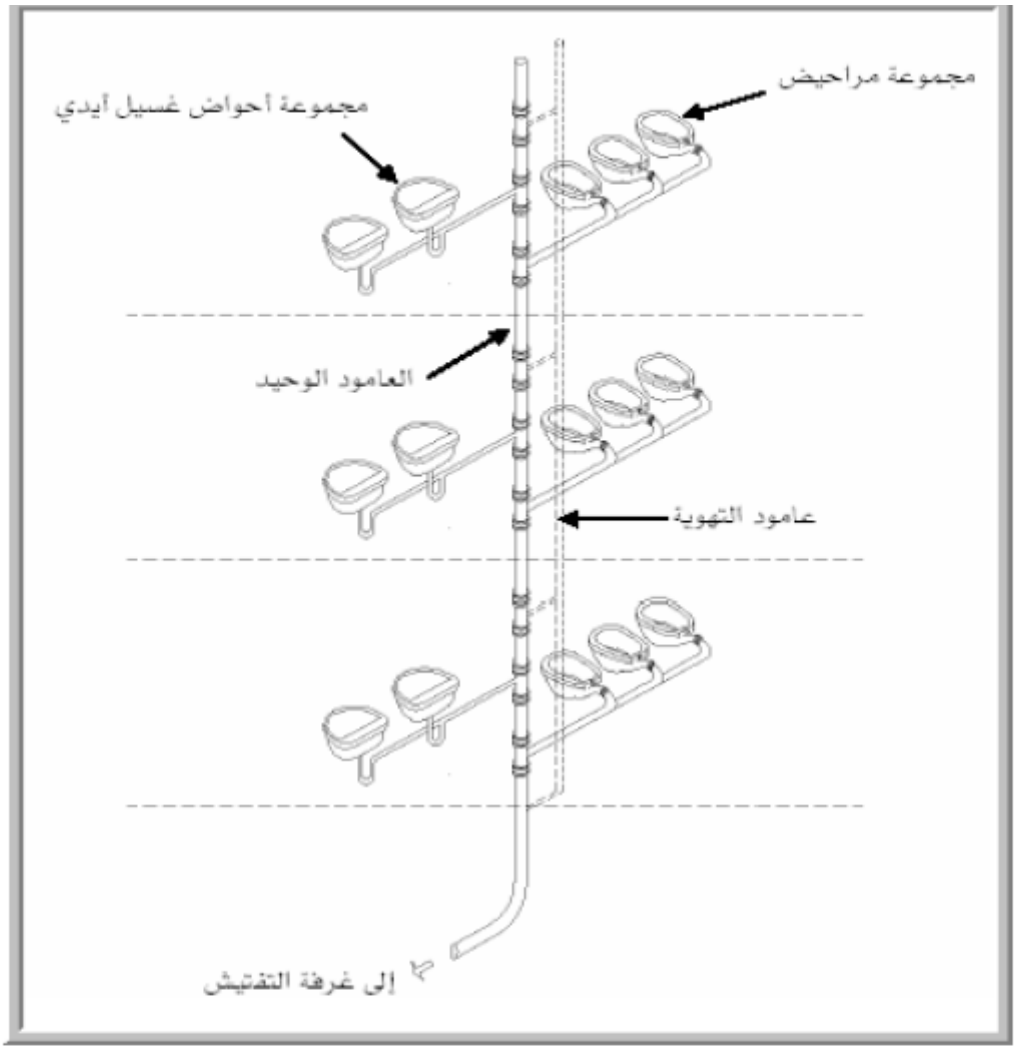
وفيه يتصل عمود التهوية بعمود العمل في كل دور على مستوى يعلو وصلات جميع الأجهزة الصحية المتصلة بعمود العمل، شكل رقم (٣٨).



شكل رقم (٣٤) اسلوب الماسورة المهواة بالكامل



شكل رقم (٣٥) الأسلوب المعدل للماسورة الواحدة مع تهوية أفرع العمل



شكل رقم (٣٨)- أسلوب العمود الوحيد مع عمود الهواء

وهناك بعض الاعتبارات الفنية التي يجب أخذها في الاعتبار عند صرف الحمامات أو الدورات أو المطابخ.. وما شابهها داخل المبنى – شكل رقم (٣٩- أ، ب، ج، د) – باستخدام أي من تلك الأنظمة السابقة تتمثل في:

أ. عدم تقاطع مدادات الصرف مع بعضها البعض أو وضعها فوق بعضها حيث إن هذا يؤدي إلى سدد في مدادات الصرف وكذلك صعوبة في الصيانة.

ب. عدم وضع مدادات الصرف فوق بعضها البعض حيث إن هذا يؤدي إلى الحاجة لفراغ أكبر أسفل أرضية الحمام أو الدورة.

ج. عدم مرور مدادات الصرف من أسفل الأجهزة الصحية حيث يؤدي ذلك إلى احتمال ثقب تلك المدادات عند تركيب تلك الأجهزة ، بالإضافة إلى الصعوبة عند الصيانة وعند الحاجة إلى تغييرها.

د. عدم وجود زوايا حادة في خطوط الصرف الأفقية – صد / رد – لأن هذا يؤدي إلى ضعف سريان المياه داخلها مما يسبب في المستقبل انسداد هذه المدادات عند تلك الزوايا الحادة.

ه. وضع المرحاض أقرب ما يمكن إلى الجدار الخارجي ليسهل صرفه على عمود العمل.

و. صرف البيديه – الشطاف – مباشرة على عمود الصرف وفي حالة الضرورة القصوى يمكن أن يصرف على سيفون الأرضية.

ز. صرف المغاسل والبانيو على سيفون الأرضية ، وصرف حوض المطبخ على ماسورة الصرف.

ح. وضع سيفون الأرضية أقرب ما يمكن من البانيو لسهولة إجراء أعمال الصيانة الدورية لصرف البانيو عليها.

ط. تركيب سيفون الأرضية أقرب ما يمكن من عمود الصرف الخارجي ولا توضع وسط الحمام أو الدورة لسهولة الصرف وللتغلب على المشاكل الجمالية والأمنية في حالة وضعها في وسط الحمام.

وسيقتصر الشرح والتدريب هنا – طبقا للمحتوى العلمي للحقيبة التدريبية – على أكثر تلك الأنظمة استخداماً في المباني بالمملكة ، والتي تتمثل في الآتي:

١- نظام الصرف ذو الماسورتين وماسورة تهوية (Two pipe system with vent pipe):

ويطلق عليه أيضا " أسلوب الماسورتين مع استعمال سيفونات الأرضيات وتهوية عمود العمل"- كما سبق ذكره – وفيه يكون صرف المراحيض مباشرة على عمود العمل الرأسي (ع.ع) المركب خارج المبنى ، بينما تصرف المغاسل والبانيو على سيفون الأرضية – البيبة – ومنها على عمود الصرف الرأسي (ع.ص) بينما يصرف البيديه مباشرة –في أغلب الأحوال - على عمود الصرف، ويقوم عمود التهوية الرأسي (ع.ت) بتهوية مداد صرف المرحاض فقط (شكل رقم ٤٠).

ويمتاز هذا النظام بأنه يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الخفيف مرة أخرى – بعد فلترتها – في صناديق الطرد (سيفونات) المراحيض مما يوفر نسبة حوالي ١٥ – ٢٠٪ من استهلاك المياه

ومن عيوب هذا النظام زيادة التكلفة الناتجة عن استخدام عدد أكبر من مواسير الصرف الرأسية بالإضافة إلى حاجة تلك المواسير لمساحة كبيرة من الجدران خارج المبنى للتعليق، وكذلك عدم وجود مرونة كافية في توزيع الأجهزة الصحية داخل الحمامات.

٢- نظام الصرف ذو الماسورة الواحدة المهواة بالكامل (One pipe system fully vented) :

هي أكثر الأنظمة استخداماً في المباني السكنية متعددة الأدوار هنا الآن بالمملكة حيث يتكون من ماسورة عمل رئيسة صاعدة تجمع كل من مخلفات العمل والصرف (ع.ع)، وبجانبها عمود تهوية (ع. ت) يقوم بتهوية جميع المدادات التي تتصل مباشرة بعمود العمل، شكل رقم (٤١- أ).

ويمتاز هذا النظام بالمرونة في توزيع الأجهزة الصحية داخل الحمامات بالإضافة إلى أن تكلفته أقل من نظام الصرف ذي الماسورتين، ويعيبه أنه لا يمكن الاستفادة من إعادة استخدام مياه الصرف الخفيف مرة أخرى في أعمال الصرف الصحي الثقيل بالمبنى.

٣- نظام الصرف ذو الماسورة الواحدة (One pipe system):

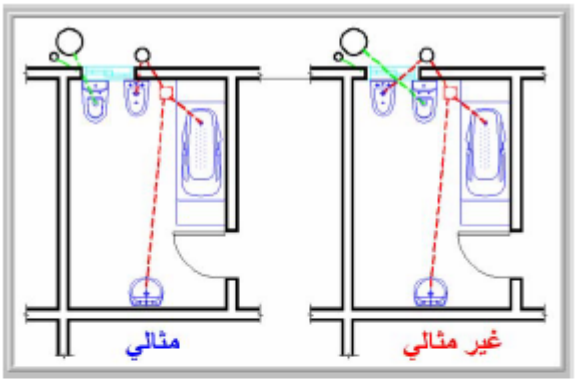
وهو يختلف عن النظام السابق في أن عمود العمل يكون بقطر كبير – لا يقل عن ٥" – وتتم عملية الصرف والتهوية من خلاله ، وكذلك فإنه يفوق جميع الأنظمة الأخرى من الناحية الاقتصادية خاصة في تقليل أعمال تركيبات المواسير بالمباني ، شكل رقم (٤١- ب).

ويشترط فيه – وجميع أنظمة الماسورة الواحدة – أن يكون اتصال الأجهزة الصحية بعمود العمل على مستويات مختلفة، حيث تترك مسافات رأسية بين منسوب مداد الصرف الثقيل ومناسيب مدادات الصرف الخفيف كما هو موضح بالجدول المرفق ، شكل رقم (٤٢).

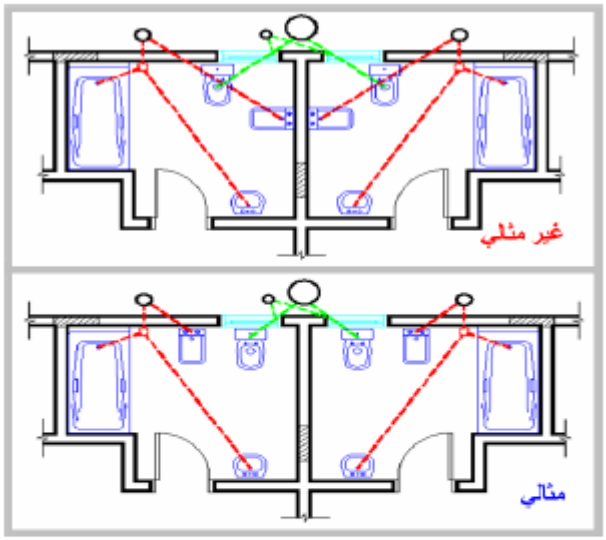
ويختلف صرف الحمامات المجمعة عن الأخرى المنفردة في الآتي، أشكال أرقام (٤٣، ٤٤، ٤٥):

١- استخدام أقل عدد ممكن من مواسير الصرف الرأسية – خاصة في نظام الصرف ذي الماسورتين – وذلك بتجميع الصرف الثقيل سوياً وكذلك الصرف الخفيف.

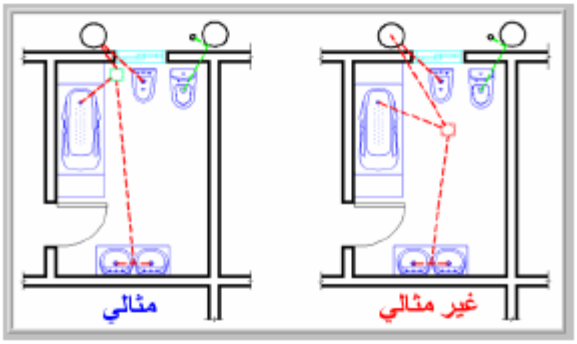
٢- محاولة توحيد فرش الحمامات – خاصة المتماثلة في الشكل – لسهولة التنفيذ. ويختلف صرف الدور الأرضي عن الأدوار المتكررة في أن الصرف الثقيل يكون على غرفة التفتيش مباشرة بينما يكون الصرف الخفيف على الجاليتراب ثم غرفة التفتيش ، شكل رقم (٤٣- ب).



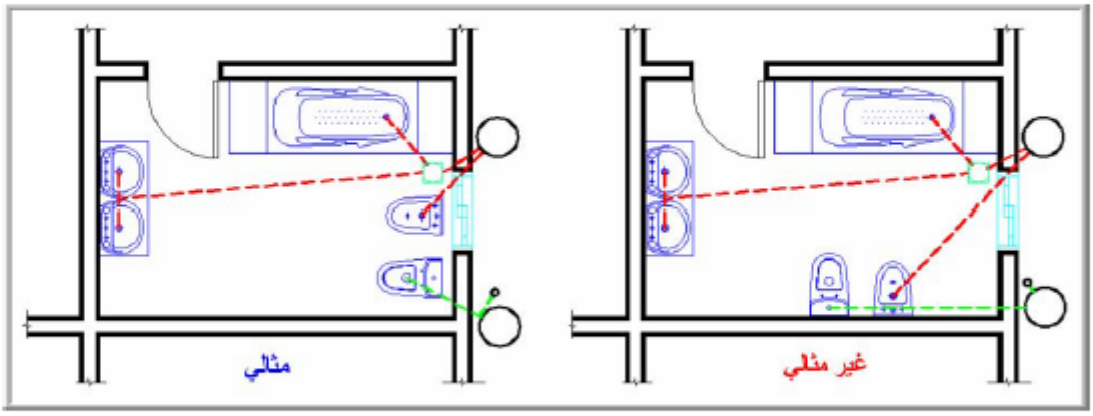
(أ) عدم تقاطع خطوط الصرف



(ب) عدم مرور مدادات الصرف تحت الأجهزة الصحية

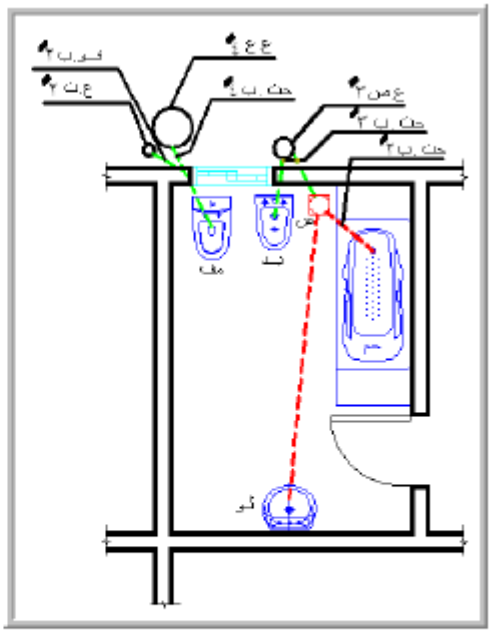


(ج) عدم وضع البيبة في نصف الحمام ووضعها أقرب ما يمكن من الجدار الخارجي، وكذلك عدم وجود زوايا حادة في الصرف

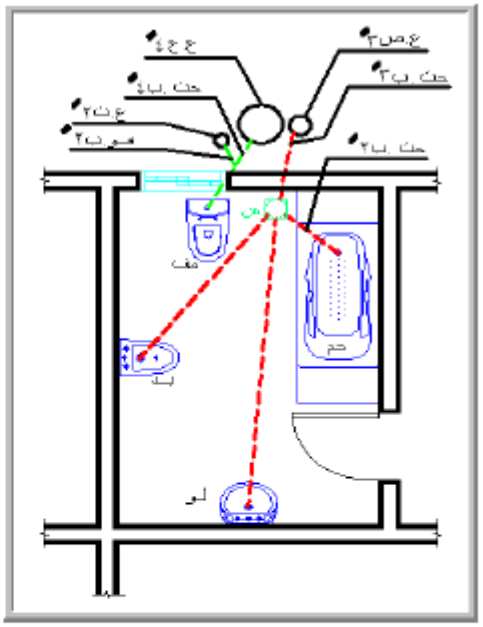


(د) المرحاض والبيديه أقرب ما يمكن من الجدار الخارجي لسهولة الصرف

شكل رقم (٣٩)- بعض الاعتبارات الفنية التي يجب اتخاذها في الاعتبار عند صرف الأجهزة



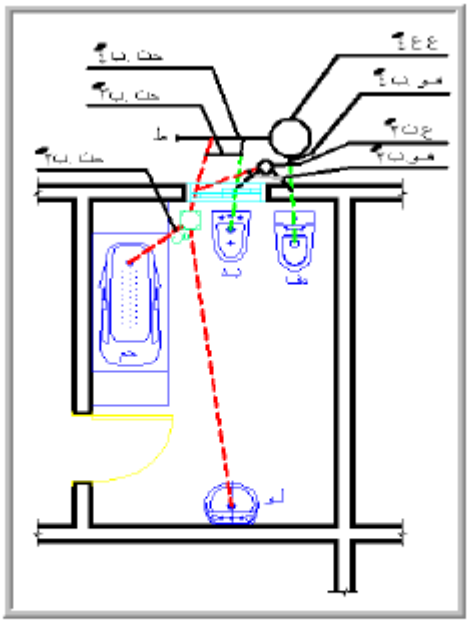
(أ) صرف البيديه مباشرة على عمـــود الصرف



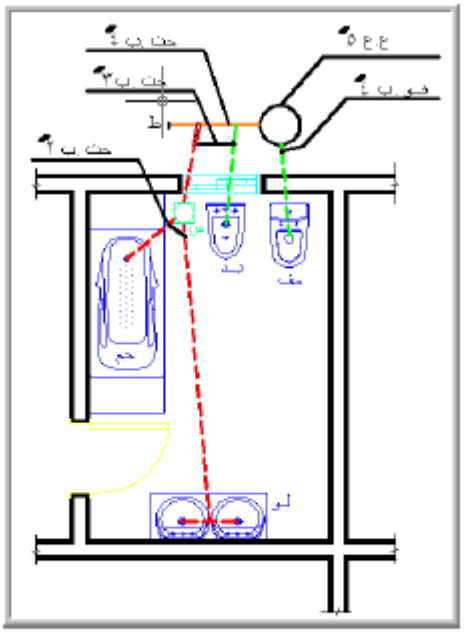
(ب) صرف البيديه على سيفون الأرضـــية عند الضرورة

جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
ع . ت	عمود تهوية
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو. ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (شطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)

شكل رقم (٤٠)- مثال لصرف حمام مفرد بنظام الصرف ذي الماسورتين وماسورة تهوية



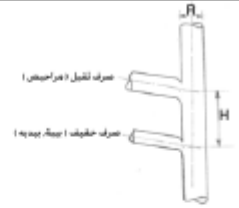
(أ)مثال على نظام الصرف ذي الماسورة الواحدة المهواة بالكامل



(ب) مثال على نظام الصرف ذي الماسورة الواحدة

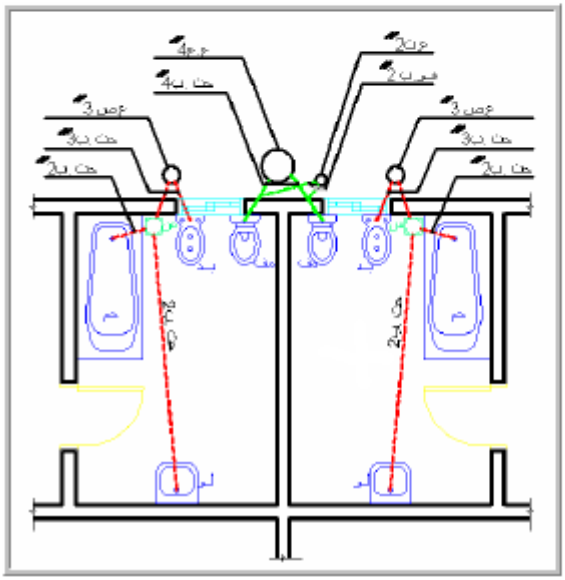
جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
ع . ت	عمود تهوية
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو . ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (شطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)

شكل رقم (٤١)- مثال لصرف حمامات مفردة بنظام الماسورة الواحدة

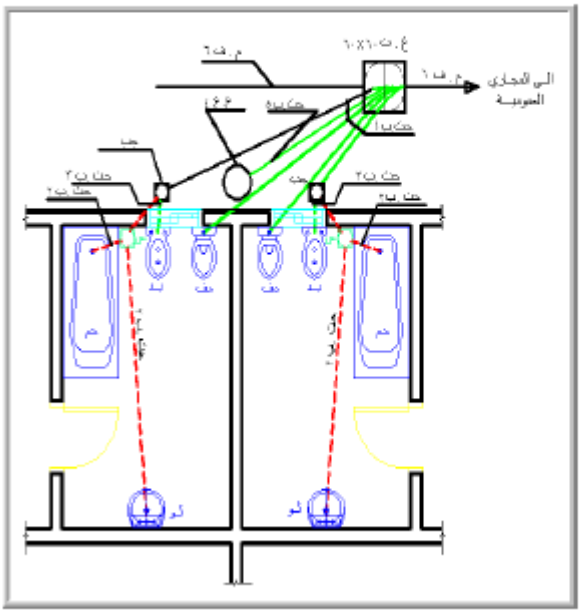
شكل النموذج	قطر الماسورة (R)	المسافة الرأسية(المنطقة الحرجة) بين مدات الصرف (H)
	٧٥مم	٩٠مم
	١٠٠مم	١٦٠مم
	١٢٥مم	٢١٠مم
	١٥٠مم	٢٦٠مم

شكل رقم (٤٢)- المنطقة الحرجة التي لا يسمح بالصرف الخفيف عليها في نظام الماسورة الواحدة

جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
ع . ت	عمود تهوية
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو. ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (شطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)
جب	جاليتراب
غ. ت	غرفة تفتيش
م. ف	ماسورة فخار

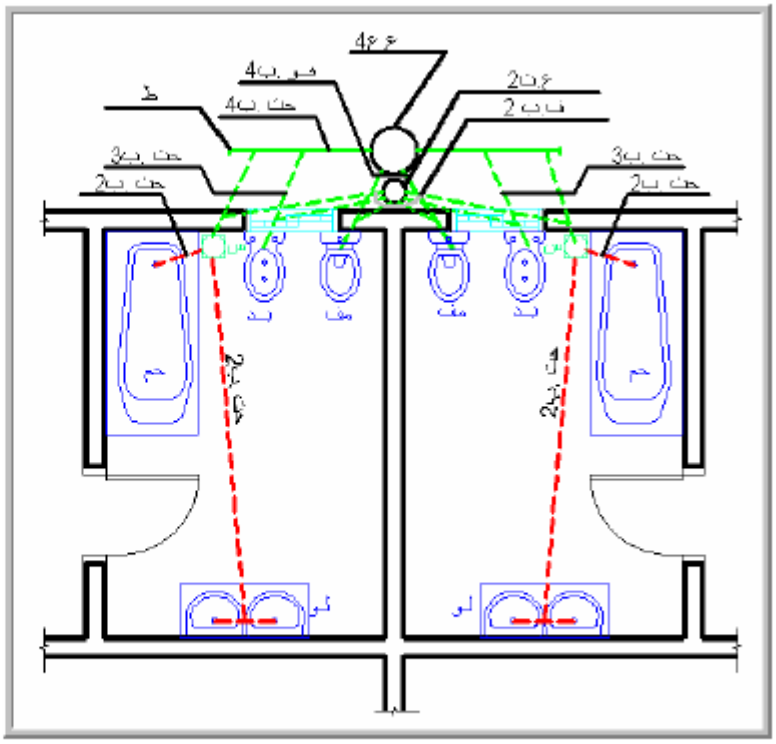


(أ) صرف حمامات مجمعة دور متكرر



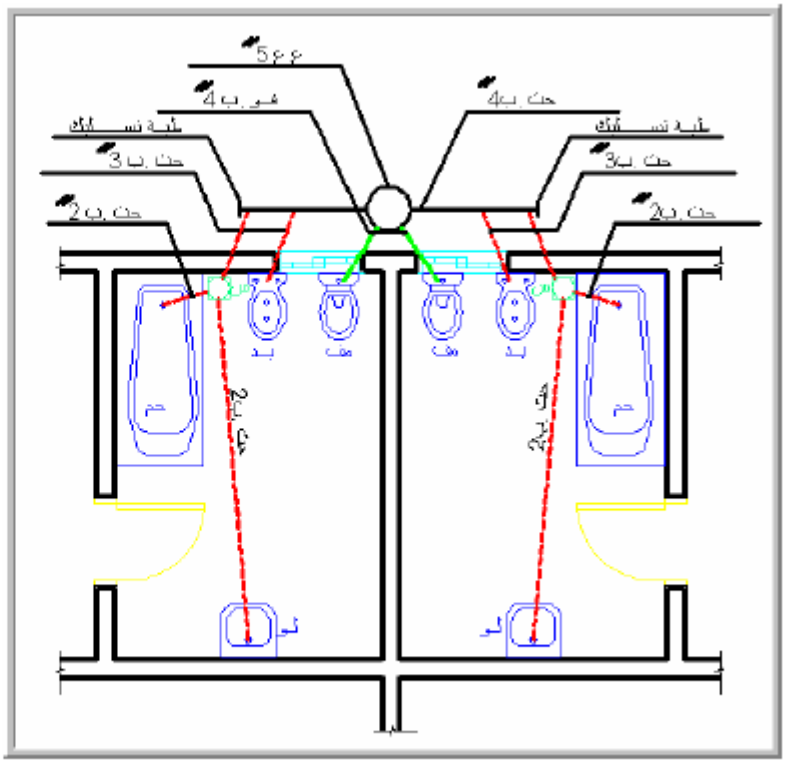
(ب) صرف حمامات مجمعة دور أرضي

شكل رقم (٤٣)- مثال لصرف حمامات مجمعة بالنظام ذي الماسورتين وماسورة تهوية



شكل رقم (٤٤)- صرف الحمامات بنظام الماسورة الواحدة المهواة بالكامل

جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
ع . ت	عمود تهوية
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو. ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (تطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)
ط	طبه تسليك



شكل رقم (٤٥)- صرف حمامات مجمعة دور متكرر بنظام الماسورة الواحدة

جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
ع . ت	عمود تهوية
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو. ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (تطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)
ط	طبه تسليك

ثالثاً : لحام المواسير وأساليب الكشف واستلام أعمال الصرف:

٣- ١ لحام المواسير:

هناك أنواع كثيرة من المواسير والمدادات التي تستخدم في أعمال الصرف والتغذية داخل المبنى – أشهرها على الإطلاق الآن البلاستيك – ويتم لحام تلك المواسير مع بعضها البعض وكذلك مع أنواع أخرى مختلفة بطرق متعددة تتمثل في الآتي ، شكل رقم (٤٦ – أ ، ب ، ج ، د ، هـ) :

- **لحام ماسورة بلاستيك مع أخرى بلاستيك:**

ويكون ذلك من خلال إحدى طريقتين :

- بغراء مخصوص لمواسير البلاستيك، وهذا يفضل في الأقطار الصغيرة حتى أقل من ٣".
- باللحام الحراري، عن طريق وضع قفيز معدني على منطقة لحام الماسورتين (بعد دخول رأس إحداها في ذيل الأخرى) وتسخينه لفترة بسيطة مع الضغط الخفيف عليهما.

- **لحام ماسورة فخار مع أخرى فخار:**

ويكون من خلال كتان مغموس في لباني الإسمنت ومونة إسمنتية قوية.

- **لحام رصاص مع رصاص:**

عن طريق لحام قصدير.

- **لحام مواسير حديد زهر مع أخرى حديد زهر:**

عن طريق كتان مقطرن ورصاص مقلفط (رصاص منصهر).

- **لحام مواسير حديد مع أخرى حديد:**

من خلال أسطُبة وقلاووظ.

- **لحام مواسير نحاس مع أخرى نحاس:**

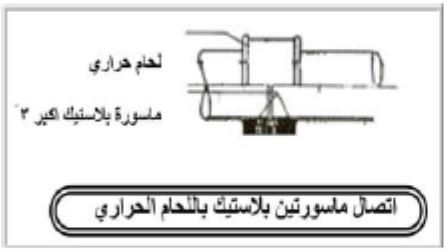
- أما إذا كان رقيقاً فيكون بواسطة لحام القصدير أو الفضة.
- إذا كان النحاس سميكاً يكون اللحام مثل المواسير الحديد أسطبة وقلاووظ.

أما لحام المواسير المختلفة النوعية مع بعضها البعض فيكون من خلال قاعدة عامة تنص على أنه: "**يتم استعمال اللحام المستخدم في إحداها ويصلح للأخرى** " مثال ذلك:

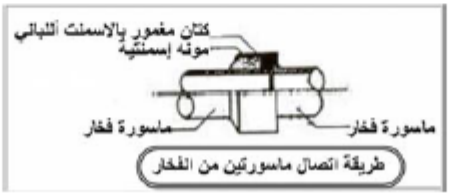
لحام ماسورة فخار مع أخرى زهر يكون من خلال كتان مقطرن ومونة إسمنتية – وهو المستخدم في لحام مواسير الفخار – ولا يستخدم نوع لحام مواسير الزهر مع بعضها البعض (كتان مقطرن ورصاص مقلفط) حيث إنه لا يصلح للماسورة الفخار.. وهكذا.

وفي حالة عدم توافق أي من اللحامات المستخدمة في كل نوعية يتم تطبيق قاعدة أخرى تنص على: "**استعمال وسيط بين الماسورتين المراد لحامها يصلح لحامه معهما سوياً** "، مثال ذلك:

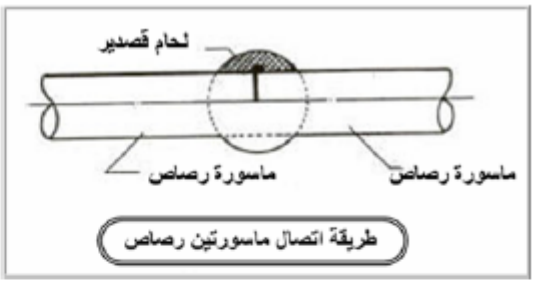
ماسورة رصاص مع ماسورة زهر نجد هنا لحام الرصاص لا يصلح مع الزهر ولحام الزهر لا يصلح مع الرصاص لذا نستخدم ماسورة نحاس تكون وسيطاً بين الاثنتين تتصل مع الرصاص بلحام القصدير ومع الزهر بالرصاص المقلفل.



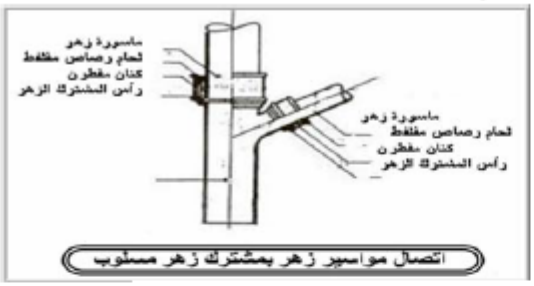
(أ) لحام ماسورة بلاستيك مع أخرى بلاستيك



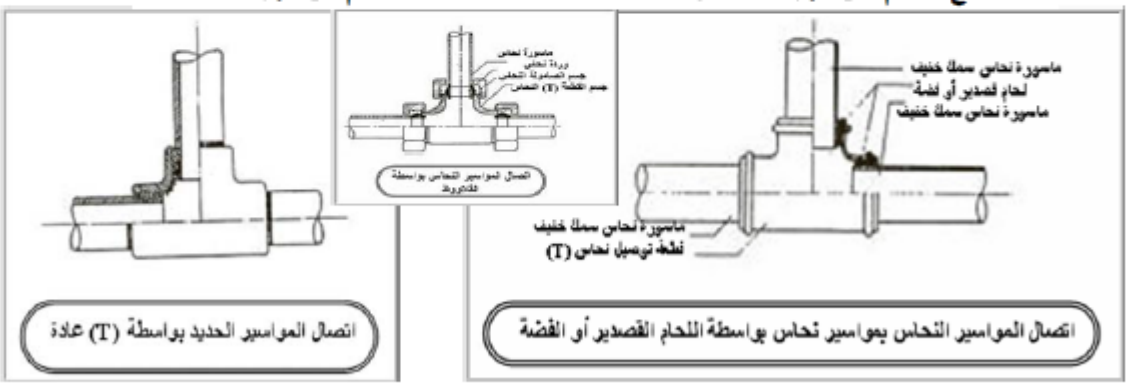
(ب) لحام مواسير فخار مع بعضها البعض



(ج) لحام المواسير الرصاص



(د) لحام مواسير زهر



(هـ) لحام مواسير نحاس ومواسير حديد

شكل رقم (٤٦)- لحام المواسير

٣- ٢ أساليب الكشف على أعمال الصرف:

هناك عدة أساليب للكشف واختبار أعمال الصرف الصحي داخل المبنى وأخرى على أعمال الصرف والتغذية وسنذكر هنا الخاصة بأعمال الصرف فقط وسنؤجل الأخرى بعد شرح أعمال التغذية في الباب القادم ، وتنحصر تلك الأساليب في الآتي :

١- أسلوب المياه :

وهو الأكثر استخداماً في أعمال الصرف حيث تسد جميع نهايات المواسير والمدادات المراد اختبارها بواسطة طبه كاوتشوك ثم يتم ملء هذه المواسير بالماء مع اتصالها بعمود مياه يرتفع ١,٥م عن أعلى متسرب لوصلات المواسير والمدادات المراد اختبارها وترك المياه فيها لمدة ١٢ – ٢٤ ساعة ، حيث يتم التأكد من عدم وجود أي رشح للمياه خلالها ، شكل رقم (٤٧).

٢- أسلوب الدخان :

وهو أقل كفاءة من الأسلوب الأول ، ويستعمل في اختبار المواسير والمدادات القائمة بالفعل – القديمة – حيث توصل المواسير والمدادات بماكينة دخان – هواء ملون – ونسد نهاياتها ، ومن أماكن التسريب تتم معرفة الأجزاء المراد تغييرها ، شكل رقم (٤٨).

٣- ٣استلام أعمال الصرف:

يكون استلام تنفيذ الأعمال الصحية بالمبنى طبقاً للمراحل الآتية :

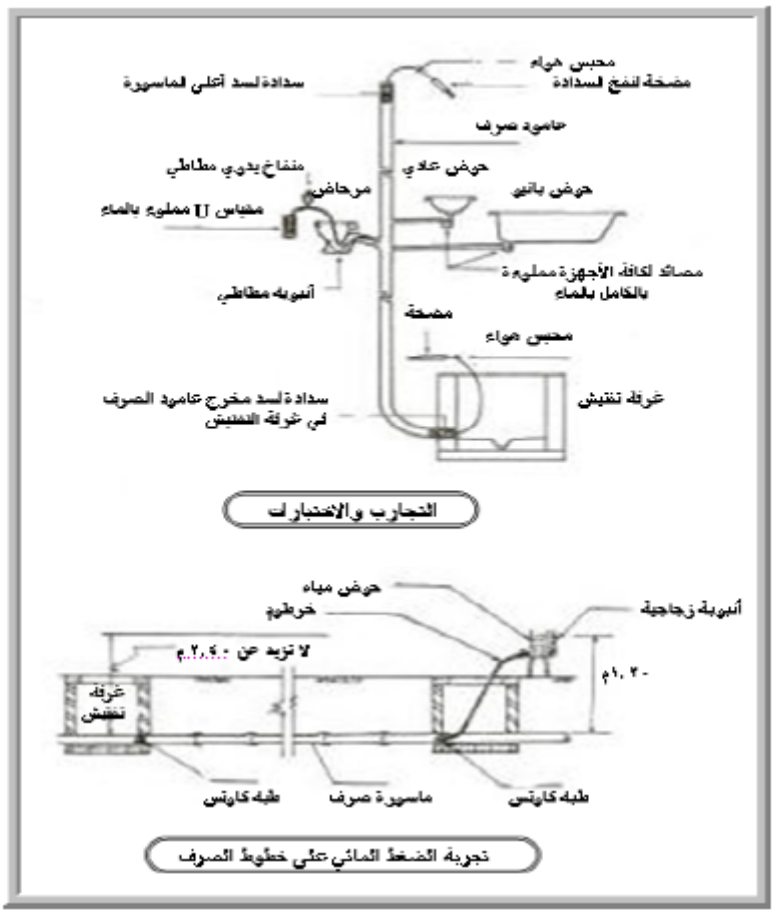
١- مطابقة نوعيات المواد المستخدمة (من أجهزة صحية ومواسير ومدادات صرف.. وخلافه) مع النوعيات المعتمدة.

٢- تنفيذ الأعمال الصحية طبقاً للمخططات المعتمدة ولأصول الصنعة.

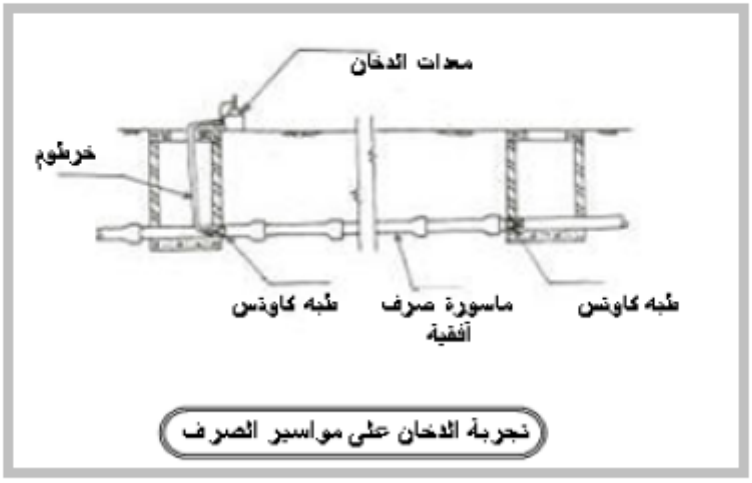
٣- تنفيذ الأعمال طبقاً للمراحل الفنية المذكورة في المواصفات ولا يتم البدء في مرحلة لاحقه إلا بعد استلام المرحلة الحالية.

٤- تنظيف المكان والأجهزة الصحية تماماً وعدم ترك أي بقايا أو شوائب أو مواد أخرى.. تقلل من كفاءتها.

٥- اختبار جميع الأجهزة طبقاً لما ذكر سابقاً ، والتأكد من عملها على الوجه الأكمل.



شكل رقم (٤٧)- أساليب الكشف واختبار مواسير الصرف بأسلوب المياه



شكل رقم (٤٨)- أساليب الكشف واختبار مواسير الصرف بإسلوب الدخان

الباب الثالث: أعمال التغذية بالمياه في المباني
(Works of Water Supply for Buildings)

بعد أن تناولنا في البابين السابقين أنواع الأجهزة الصحية وكيفية توزيعها داخل الفراغ المعماري، وكذلك أعمال الصرف الصحي داخل المبنى وأنظمة الصرف الصحي المستخدمة بالمملكة..

سنركز في هذا الباب على أعمال التغذية بالمياه داخل المباني من حيث معدلات استهلاك المياه والعوامل المؤثرة فيها ونظم توزيع مياه الشبكة العمومية في المباني، وكذلك كيفية توزيع المياه على الأجهزة الصحية المختلفة داخل الفراغ المعماري.

أولاً : معدلات استهلاك المياه :

تعتبر الدول الإسلامية عموماً والعربية منها على وجه الخصوص هي الأعلى في استهلاك الفرد للمياه، حيث يبلغ استهلاك الفرد ٢٢٠ لتر يومي، وتتأثر معدلات استهلاك المياه بمجموعة من العوامل المختلفة يمكن حصرها في الآتي:

١- طبيعة المناخ – حيث تزداد معدلات الاستهلاك في البلدان الحارة عنها في الباردة ، وفي فصل الصيف عنه في الشتاء.

٢- مستوى معيشة الفرد – حيث إن هناك علاقة طردية بين متوسط دخل الفرد ومعدل استهلاكه للمياه فكلما زاد الدخل زاد معدل الاستهلاك لزيادة المتطلبات المعيشية.

٣- أسعار المياه – وهنا العلاقة عكسية فكلما زادت أسعار م^{3} من المياه أصبح الاستهلاك مقبولاً بينما عندما تقل أسعار المياه تزداد معدلات الاستهلاك لتصل في أحيان كثيرة إلى حد الإسراف.

٤- نظم توزيع المياه – حيث يزداد معدل الاستهلاك عندما يكون توزيع المياه بصفة مستمرة طوال أيام الأسبوع بينما يقل معدل الاستهلاك عندما يتم توزيع المياه على فترات متقطعة بأيام محددة من الأسبوع أو الشهر.

٥- حجم المدينة – فالمناطق المنعزلة والتجمعات السكنية الصغيرة يقل فيها معدل الاستهلاك عن المدن ذات التجمعات السكنية الكبيرة المكتظة بالسكان.

٦- نوعية النشاط – فمعدل الاستهلاك يختلف في المناطق السكنية عن المناطق التجارية عن المناطق الصناعية، وأيضاً في المباني السكنية التجارية عن المباني السكنية التجارية الإدارية عن المباني الإدارية أو التعليمية أو الصحية.. الخ ، بل وأيضاً يمكن أن يختلف في المناطق ذات الصناعات الثقيلة عن تلك ذات الصناعات المتوسطة أو الخفيفة..الخ.

ثانيا : نظم توزيع مياه الشبكة العمومية في المباني:

تتم تغذية المباني بالمياه من خلال توصيل شبكة المياه الداخلية لها بشبكة المياه العمومية عبر ماسورة تغذية تكون عادة من الحديد المجلفن أو البلاستيك المخصص- الذي يتحمل ضغط الشبكة العالي- وفي نهايتها وصلة مرنة من الرصاص يتم تنفيذها بمعرفة مرفق المياه بالمدينة على نفقة مالك المبنى، وعادة ما تحاط بماسورة ذات قطر أكبر من الحديد الزهر لحمايتها من الكسر ويركب في نهايتها من جهة المبنى محبس لغلق المياه – في حالة عمل إصلاحات بالشبكة الداخلية للمبنى أو لأمور إدارية أخرى – ثم عداد لحساب كمية الاستهلاك ، شكل رقم (٤٩- أ ، ب).

وتتنوع أنظمة تغذية المباني بالمياه من بلد إلى آخر ومن مدينة إلى أخرى بل وأحياناً من مبنى إلى آخر. وتنحصر تلك الأنظمة في خمسة أنظمة رئيسة يتفرع منها العديد من الأنظمة الأخرى كما هو واضح بالشكل رقم (٥٠) وهي كالتالي:

١- **تغذية مباشرة من الشبكة العمومية:** وهو أحسن الأنظمة على الإطلاق- حيث لا تتعرض المياه فيها لأي تلوث- ويشترط فيها وجود المياه بالشبكة طوال أيام السنة وكذلك طوال ساعات اليوم، وهذا النظام ينقسم إلى نظامين فرعيين هما :

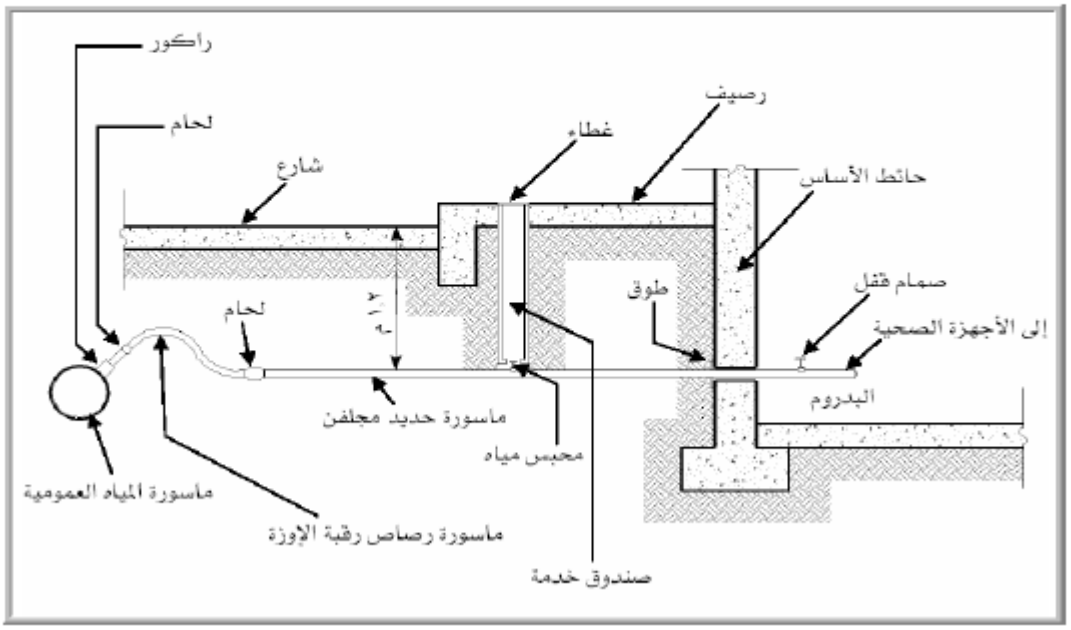
١- ١ **تغذية بضغط الشبكة:** وفيه يتم الاعتماد على ضغط المياه الموجود بالشبكة لرفع المياه لجميع أدوار المبنى. وهذا النظام يصلح للمباني التي يصل ارتفاعها الأقصى حتى ١٦م، شكل رقم (٥١- أ).

١- ٢ **تغذية مباشرة بمساعدة مضخات رفع :** وفيه تتم تغذية المبنى من الشبكة العمومية بمساعدة مضخات رفع تعمل عند استعمال أي مصدر للمياه بالمبنى ، ويستخدم هذا النظام في حالة ضعف ضغط المياه بالشبكة العمومية – لزيادة معدل الاستهلاك عليها – أو لزيادة الارتفاع حيث يصلح هذا النظام في المباني التي يصل ارتفاعها الكلي حتى ٢٧ متر ، شكل رقم (٥١- ب).

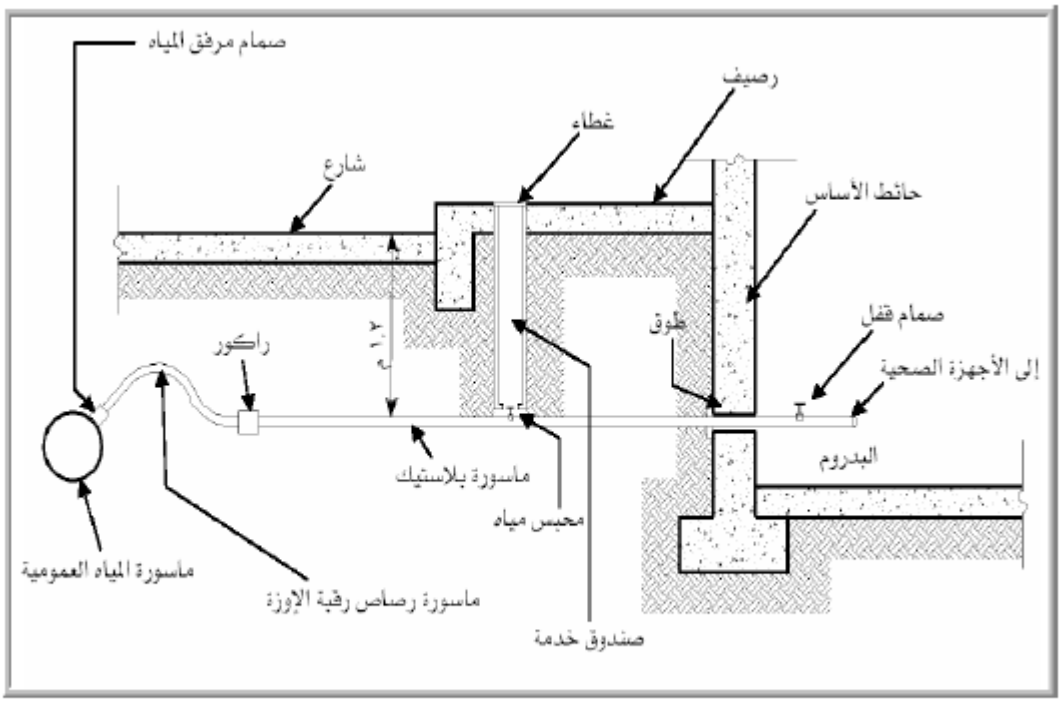
٢- **تغذية بمساعدة خزانات علوية:** – ويشترط فيه أيضاً وجود المياه بشكل مستمر مثل النظام السابق ويتم اللجوء إليه في حالة وجود ضغط شديد على الشبكة أثناء الذروة لدرجة الانقطاع أحياناً، وهذا النظام يمكن تقسيمه إلى نوعين هما :

٢- ١ **التغذية بتجميع الضغط أثناء الليل :** حيث يتم ملء الخزان العلوي أثناء الليل – أو أي أوقات غير الذروة – حيث يقل الاستهلاك ويتوفر ضغط في الشبكة لملء الخزان العلوي ، وهذا النظام يصلح للمباني حتى خمسة أدوار ، شكل رقم (٥٢- أ).

٢- ٢ **ملء الخزان بواسطة مضخات رفع** : وهو مثل السابق ولكن للمباني حتى تسعة أدوار ، شكل رقم (٥٢- ب) وفي النوعين يراعى أن يسع الخزان العلوي استهلاك مستخدمي المبنى لفترة لا تقل عن ١٢ ساعة يومياً.

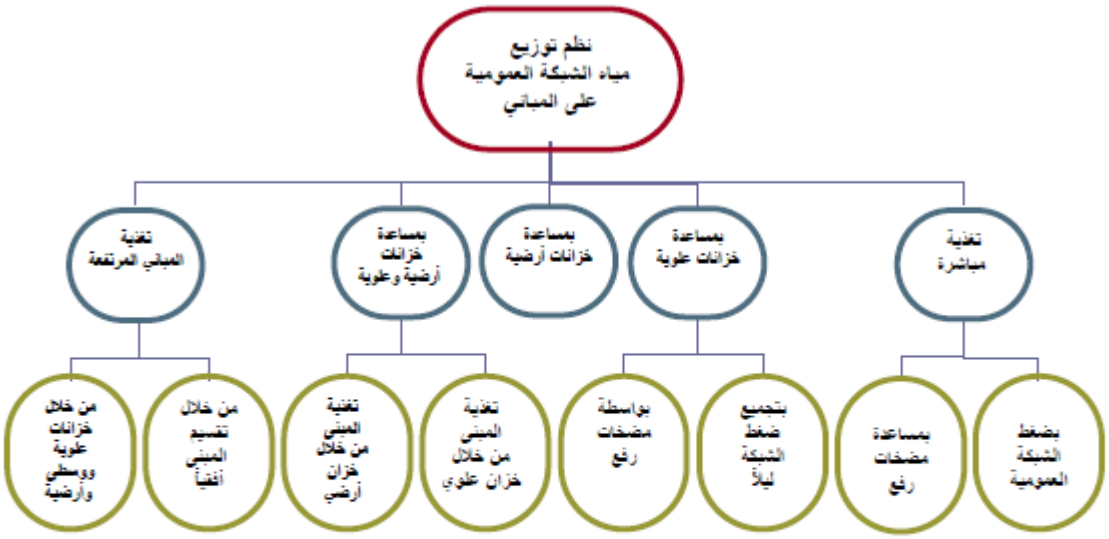


(أ) التوصيل عبر ماسورة حديد

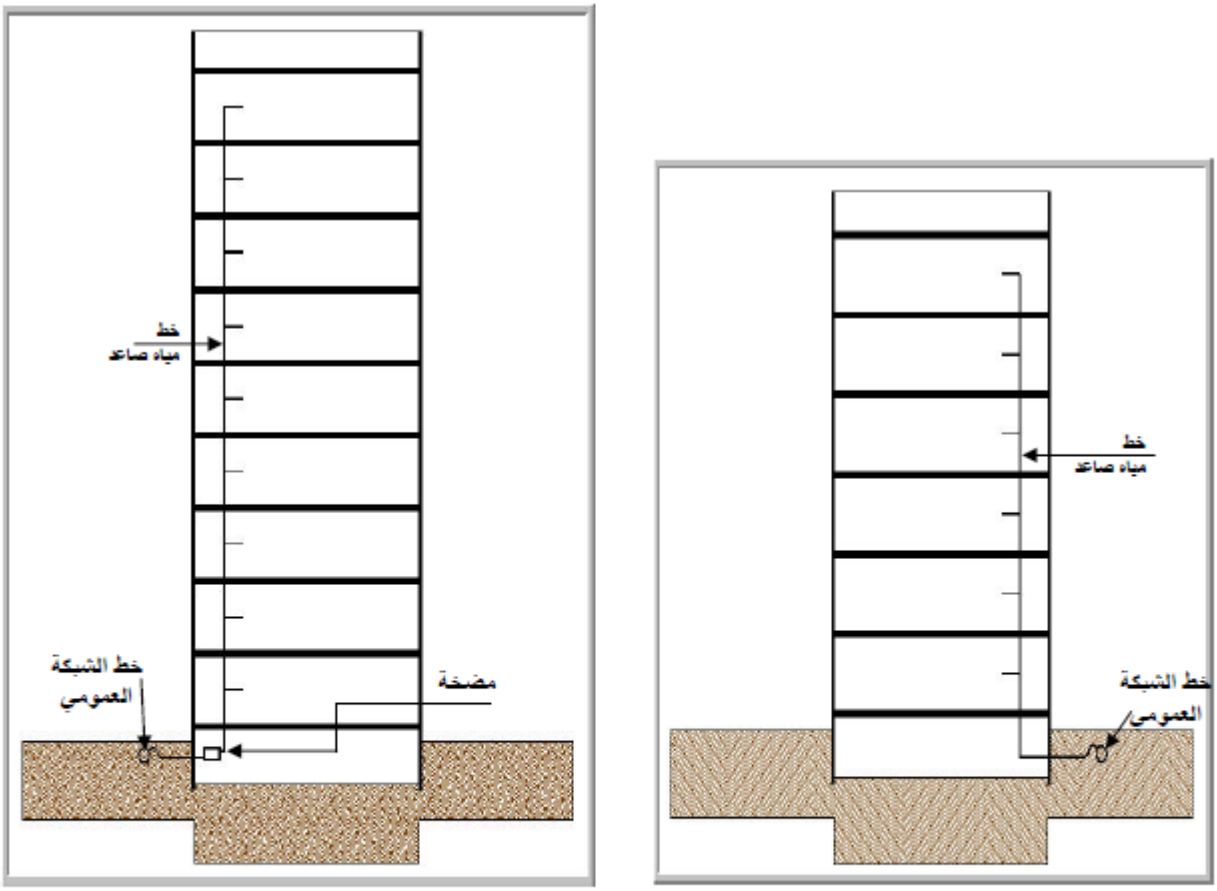


(ب) التوصيل عبر ماسورة بلاستيك

شكل رقم (٤٩)- توصيل الشبكة الداخلية للمبنى بخط

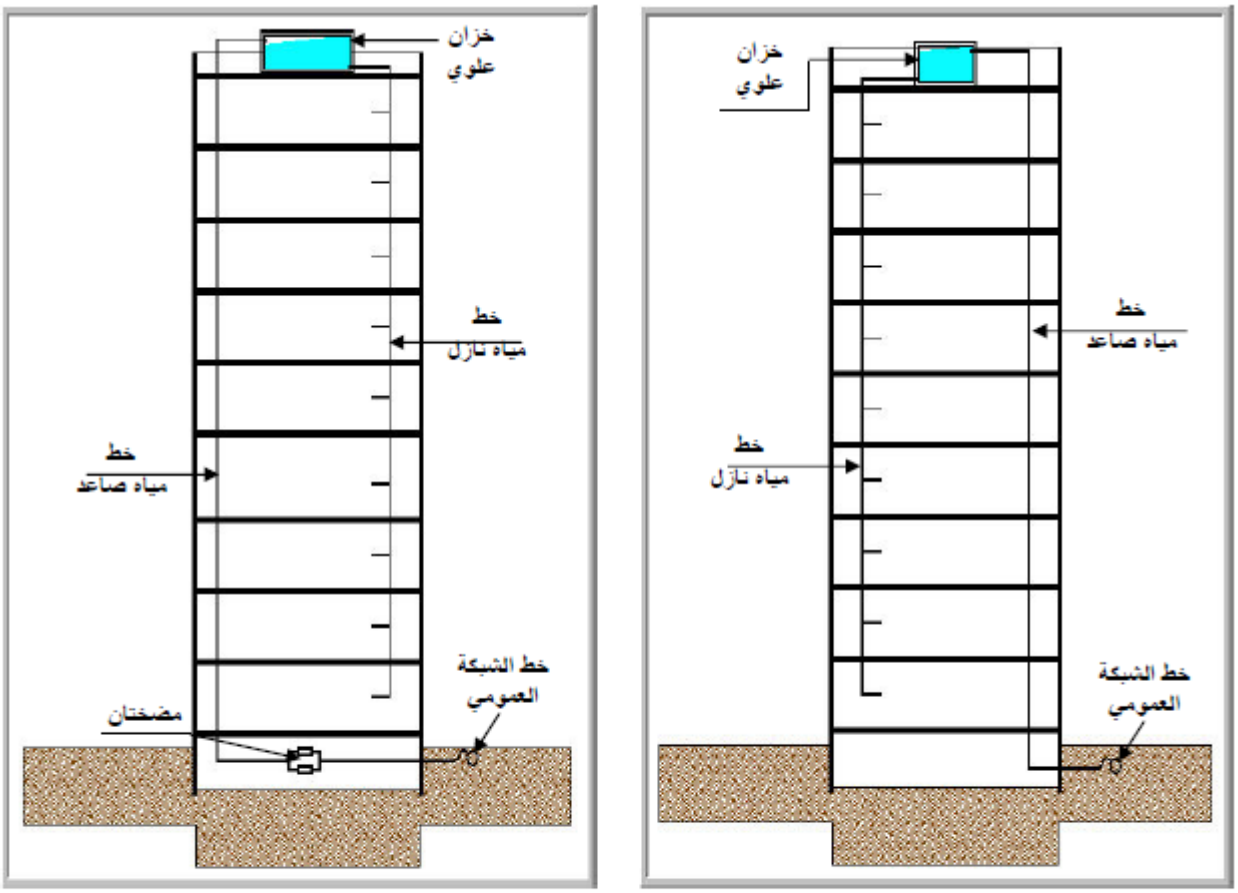


شكل رقم (٥٠)- نظم توزيع مياه الشبكة العمومية على المباني



(ب) بمساعدة مضخات رفع (أ) بضغط الشبكة العمومية

شكل رقم (٥١)- تغذية مباشرة



(ب) بواسطة مضخات رفع

(أ) بتجميع الضغط أثناء الليل

شكل رقم (٥٢)- تغذية بمساعدة خزانات علوية

٣- **التغذية بمساعدة خزانات أرضية** : ويستخدم هذا النظام في حالة توفر المياه في أيام محددة وساعات محددة فقط طوال الأسبوع أو الشهر بالشبكة ، بالإضافة إلى محاولة الحد من الاستهلاك وتقليل الفاقد من المياه، خاصة في حالة المباني التي لا تستخدم المياه إلا في أوقات محددة من اليوم- مثل : المساجد- حيث يتم الرفع بواسطة طلمبات رفع لا تعمل إلا عند الحاجة ، شكل رقم (٥٣). ويجب أن يسع الخزان الأرضي لمخزون مياه يكفي مدة انقطاع المياه مع زيادة ٢٤ ساعة بمعنى: لو أن المياه تكون في الشبكة مرتان شهرياً ، واستهلاك مستهلكي المبنى يبلغ ٣م^{٣} يومياً فتكون سعة الخزان المطلوبة

= [١٤ (عدد أيام انقطاع المياه في الشبكة) + ١ (الزيادة الإضافية)] X ٣ (الاستهلاك اليومي)

= ١٥ X ٣ = ٤٥م^{٣}

٤- **التغذية بمساعدة خزانات أرضية وعلوية** : وهو النظام الأكثر انتشاراً هنا في المملكة ، وهو مثل النظام السابق يستخدم في حالة وجود المياه في أوقات محددة بالأسبوع ، وفي هذه الحالة يجب أن يسع الخزان الأرضي على الأقل لمخزون مياه يكفي استهلاك الفترة التي تنقطع عنها المياه في الشبكة العمومية والخزان علوي يكون احتياطياً ، بمعنى لو أن المياه تضخ في الشبكة يوم واحد فقط في الأسبوع ، والاستهلاك اليومي للمبنى هو ٢م^{٣} فيكون حجم الخزان المطلوب

=٦ (عدد أيام انقطاع المياه) X ٢ (معدل الاستهلاك اليومي) = ١٢م^{٣}.

ويكون الخزان العلوي هو الاحتياطي الزائد في حالة تأخر ضخ المياه بالشبكة وينقسم هذا النظام إلى نوعين هما :

٤- ١ **ملء الخزانات – أرضي وعلوي – وتغذية وحدات المبنى من خلال الخزان العلوي:** وتمتاز هذه الطريقة بوجود ضغط مناسب في الشبكة الداخلية لتغذية جميع الوحدات ، شكل رقم (٥٤- أ).

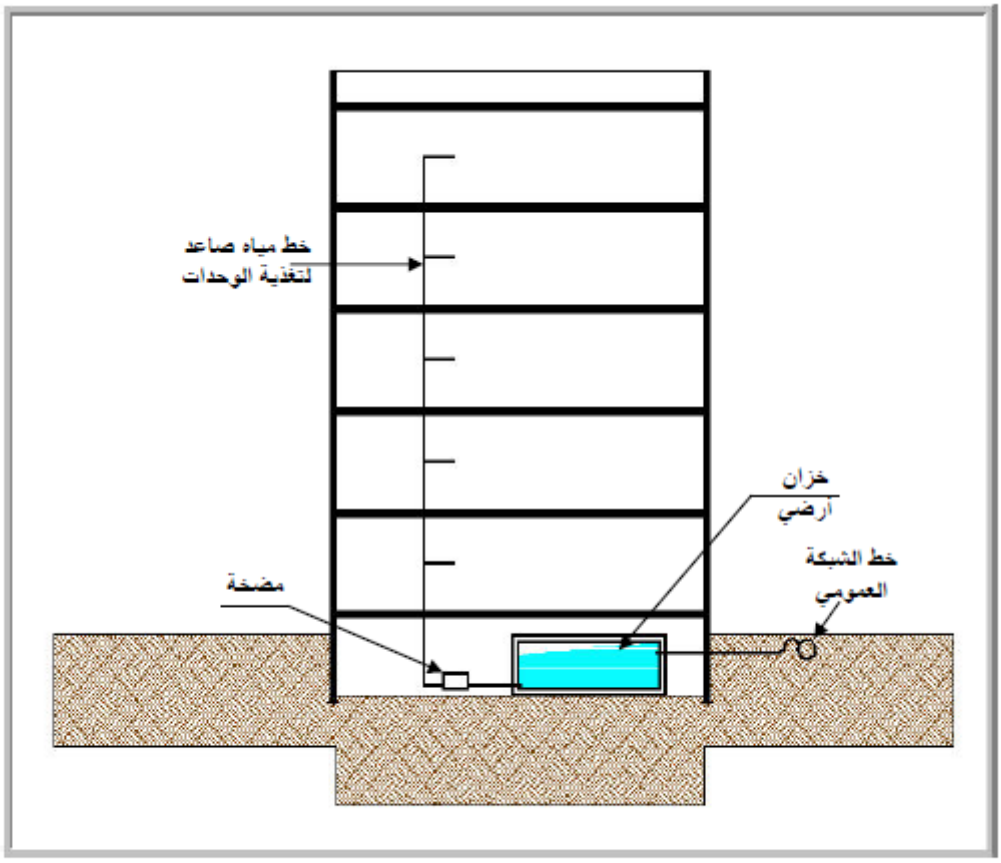
٤- ٢ **ملء الخزانات – أرضي وعلوي – وتغذية وحدات المبنى من خلال الخزان الأرضي وجعل العلوي احتياطياً:** حيث تتم تغذية الوحدات من خلال مضخة رفع تعمل عند الحاجة فقط ، شكل رقم (٥٤- ب).

٥- **تغذية المباني المرتفعة (High- rise building feed systems):**

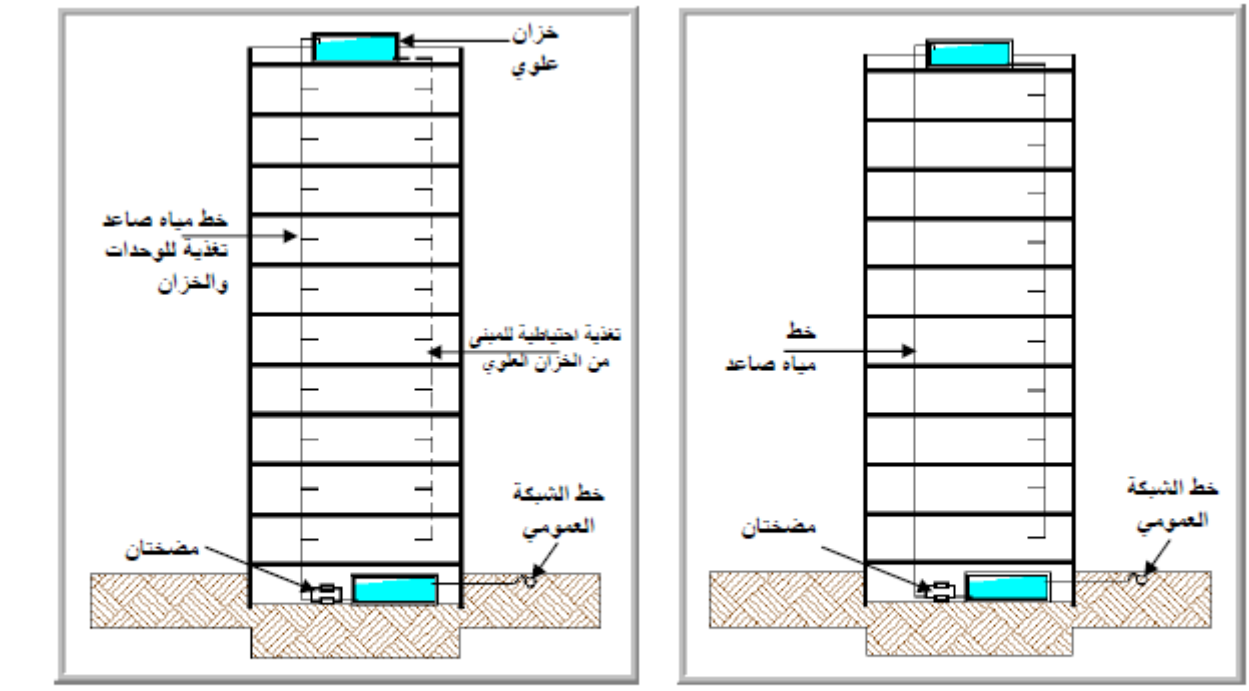
وهو نظام ثابت لا يتغير بوجود المياه بالشبكة العمومية طوال أيام الأسبوع أو في أيام محددة ويتم استخدامه في المباني التي يزيد عدد أدوارها عن ١٥ دور ، وينقسم هذا النظام إلى نوعين أساسيين هما :

٥- ١ **التغذية من خلال خزان أرضي ثم أوسط ثم علوي:** حيث يقوم الخزان الأرضي بتغذية الخزان الأوسط الذي بدوره يغذي الخزان العلوي ويغذي الأدوار التي أسفله. أما الخزان العلوي فإنه يقوم بتغذية الأدوار المحصورة بينه وبين الخزان الأوسط ، شكل رقم (٥٥).

٥- ٢ **تقسيم المبنى أفقياً إلى أجزاء تتم تغذية كل جزء منها رأسياً بالأسلوب السابق:** حيث يتم تقسيم المستطيل الأفقي للمبنى إلى أجزاء ، شكل رقم (٥٦- أ) كل جزء منها يحتوي على خزان أرضي وأوسط وعلوي مستقل عن الجزء الآخر. وأحياناً يتم عمل أكثر من خزان أوسط في المباني شديدة الارتفاع وذلك للتقليل من التكلفة العالية الناتجة من استخدام مواسير تغذية صاعدة تتحمل ضغوط عالية ومضخات رفع بمواصفات عالية باهظة الثمن ، شكل رقم (٥٦- ب).

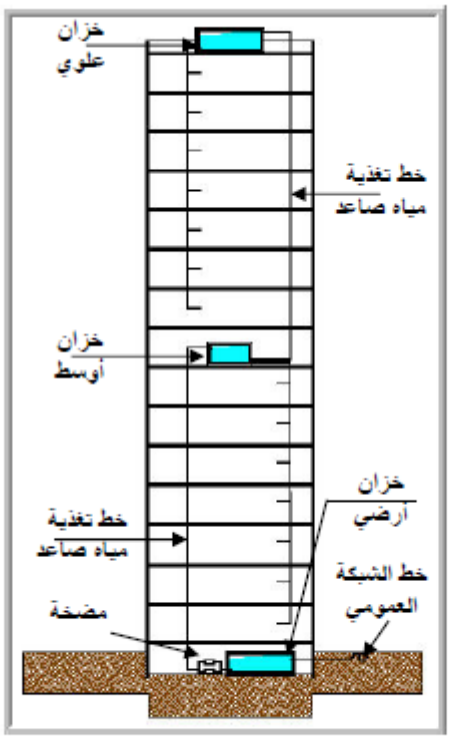


شكل رقم (٥٣)- تغذية المبنى بمساعدة خزانات أرضية فقط

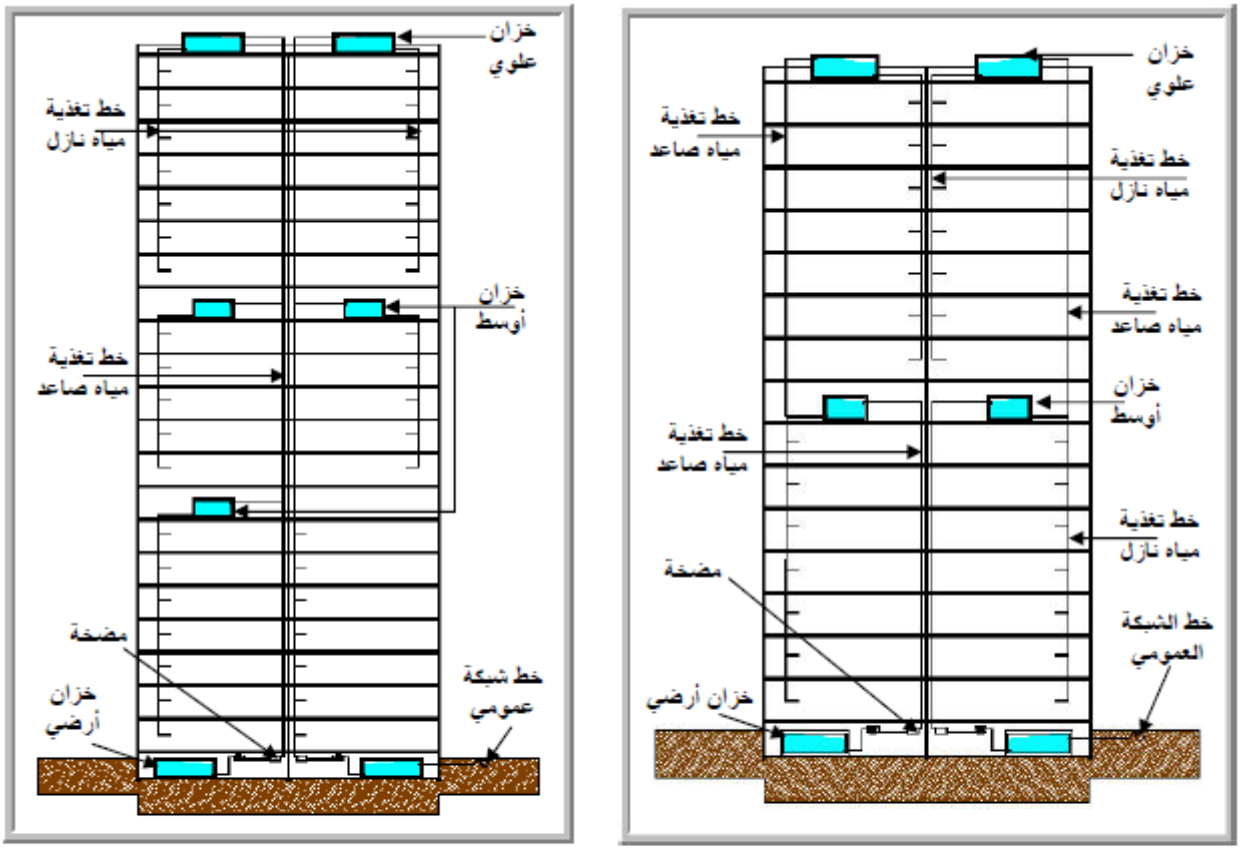


(أ) تغذية المبنى من خلال الخزان العلوي (ب) تغذية المبنى من الخزان الأرضي والعلوي احتياطي

شكل رقم (٥٤)- تغذية المبنى بمساعدة خزانات أرضية وعلوية



شكل رقم (٥٥)- تغذية المباني المرتفعة من خلال خزانات أرضية ووسطى وعلوية



(أ) تغذية المبنى من خلال وضع خزان أوسط واحد (ب) تغذية المبنى من خلال وضع خزانات وسطى

شكل رقم (٥٦)- تغذية المباني المرتفعة من خلال تقسيمها أفقياً

ثالثاً : تغذية الأجهزة الصحية بالمياه :

هناك بعض الإعتبارات الفنية التي تجب مراعاتها عند تغذية الأجهزة الصحية بالمياه داخل الوحدة بالمبنى تتمثل في الآتي :

١- قطر ماسورة التغذية للوحدة الصحية من الشبكة الداخلية للمبنى لا يزيد عن ٠,٥"، إلا إذا كان عدد الأجهزة بها يستدعي أكثر من ذلك طبقاً للجدول المرفق وفيه نجد أن:
ماسورة تغذية قطرها ١/٢ بوصة تستطيع أن تغذي فقط أربعة أجهزة صحية مدخلها الرئيس ١/٤ بوصة (مثل: مغسلة + بانيو + مرحاض + بيديه) دون أن يكون هناك أي ضعف في الضغط بالوحدة الصحية عند استخدام جهازين في وقت واحد. بينما يرتفع عدد الأجهزة إلى ستة في حالة استخدام ماسورة تغذية قطر ٤/ ٣ بوصة(مثل تغذية حمام ودورة مياه). ونحتاج إلى ماسورة التغذية من الشبكة الداخلية قطرها لا يقل عن ١ بوصة لتغذية ١٢ فرعة جهاز مدخلها ١/٤ بوصة في آن واحد(مثلا وحدة سكنية تحتوي على: حمامين ودورة مياه ومطبخ).

قطر ماسورة التغذية بالبوصة	عدد فرعات التغذية المكافئة لماسورة التغذية بأقطار(بوصة)									
	١/٤	١/٢	٣/٤	١	١ ١/٤	١ ١/٢	٢	٢ ١/٢	٣	٤
١/٢	٤	١								
٣/٤	٦	٣	١							
١	١٢	٦	٢	١						
١ ١/٤	٢٠	١٠	٤	٢	١					
١ ١/٢	٣٢	١٥	٦	٣	٢	١				
٢	٦٦	٣٢	١٢	٦	٣	٢	١			
٢ ١/٢	١١٠	٥٦	٢٠	١٠	٦	٤	٢	١		
٣	٢٢٦	٨٨	٣٢	١٥	٩	٦	٣	٢	١	
٤	٣٨٦	١٨١	٦٦	٣٢	١٨	١٢	٦	٣	٢	١

جدول يوضح عدد فرعات ماسورة التغذية المكافئة لأقطار المواسير المختلفة

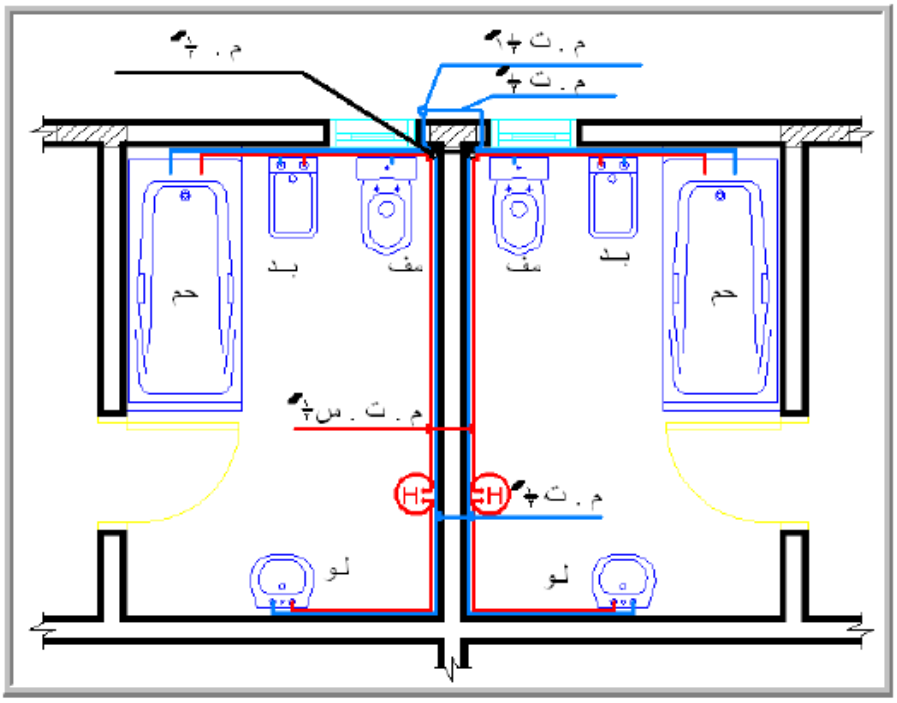
٢- وجود محبس عمومي لكل وحدة على حدة من أجل أعمال الصيانة الدورية أو عند عدم الاستخدام لفترات طويلة.

٣- عدم مرور مواسير الشبكة الداخلية للوحدة على أبواب إلا في الحالات القصوى – حيث يتم مرورها تحت الأرضيات.

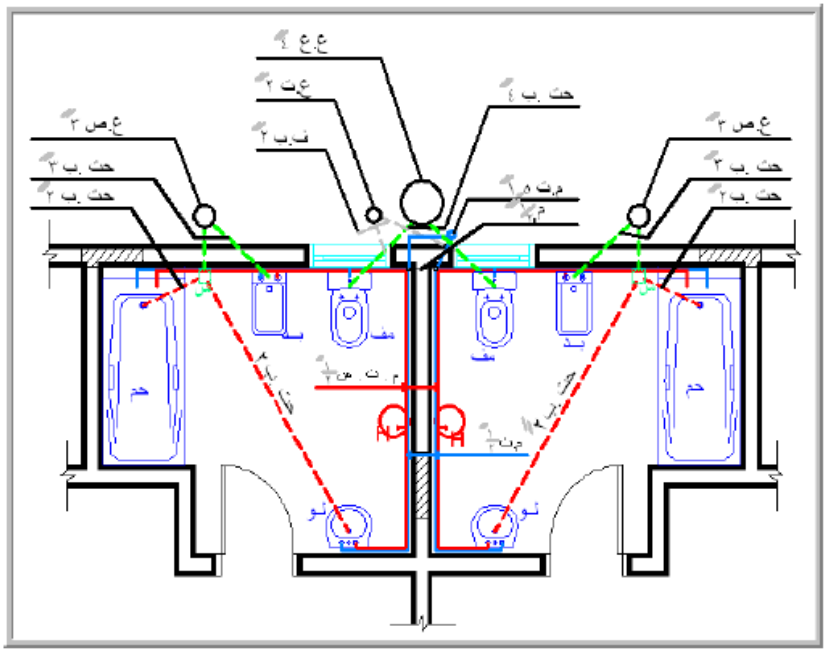
٤- خطوط الشبكة الداخلية للوحدة تكون على الحوائط(من الداخل أو الخارج) على ارتفاع ٣٠سم من الأرضية- إلا إذا ذكر خلاف ذلك بالمواصفات- وتكون من أقصر الطرق ما أمكن.

٥- تغذية المياه الساخنة تكون للأجهزة التي تحتاج إلى ماء بارد / حار فقط (مثل المغاسل ، البانيو ، البيديه... الخ).

ويوضح الشكل رقم (٥٧- أ ، ب) كيفية تغذية الأجهزة الصحية بوحدتي حمام بالمياه الباردة والساخنة ومثال لصرف وتغذية وحدتي حمام.



شكل رقم (٥٧- أ) مثال تغذية حمامات بالمياه الباردة والساخنة



شكل رقم ((٥٧- ب)) مثال لصرف وتغذية وحدتي حمام

جدول الرموز والمصطلحات	
الرمز	المصطلح
ع . ع	عمود عمل
ع . ص	عمود صرف
م . ت	ماسورة تغذية
م . ت . س	ماسورة تغذية ساخنة
حت . ب	مداد تحت الأرض من البلاستيك
فو. ب	مداد فوق الأرض من البلاستيك
مف	مرحاض إفرنجي
بد	بيديه (شطاف)
حم	حوض استحمام (بانيو)
لو	حوض غسيل أيدي (مغسلة)
س	سيفون أرضية (بيبه)
م	محبس

شكل رقم (٥٧) تغذية الأجهزة الصحية بالمياه (بارد/ ساخن)

رابعاً : اختبار مواسير المياه واستلام الأعمال:

٤- ١ اختبارات مواسير المياه:

هناك اختباران أساسيان يستخدمان لاختبار مدى كفاءة مواسير الشبكة الداخلية وكفاءة التوصيلات المختلفة بها ، وهما :

٤- ١- ١ اختبار ضغط المياه (Water pressure test):

حيث تسد جميع فتحات مواسير الشبكة الداخلية المراد اختبارها ضد تسرب المياه بطلبات مخصوصة وتترك إحداها بدون طلبة حيث يتم ملء الشبكة من خلالها بالماء وتتصل بمضخة ضاغطة حيث يتم ضغط الماء مرة ونصف ضغط التشغيل المطلوب – فإذا كان الضغط المطلوب أو المتوقع ١٠ جوي يتم الضغط حتى ١٥ جوي – لمدة ثلاث ساعات على الأقل – فإذا ظهر أي ترشيح في المواسير أو وصلاتها يتم استبعاد التالف وإعادة تكرار الاختبار حتى الوصول إلى انعدام وجود أي رشح في كامل الشبكة ، شكل رقم (٥٨).

وتمتاز هذه الطريقة بأنها تظهر عيوب المواسير والتوصيلات في آن واحد ، ويمكن استخدامها في اختبار مواسير الصرف الصحي أيضا.

٤- ١- ٢ اختبار ضغط الهواء (Air pressure test):

حيث يتم ضخ الهواء من خلال منفاخ متصل بمانومتر لضغط الهواء للمعدل المطلوب داخل الشبكة الداخلية المراد اختبارها مع دهان جميع المواسير بمحلول الصابون للكشف عن أي تسريب يحدث ، شكل رقم (٥٩).

وهذه الطريقة أعلى كفاءة من سابقتها حيث يمكن اكتشاف أي تنميل أو شرخ أو عيب بسيط في المواسير أو اللحامات بين الوصلات المختلفة.

٤- ٢استلام أعمال التغذية:

يكون استلام تنفيذ الأعمال الصحية بالمبنى طبقاً للمراحل الآتية :

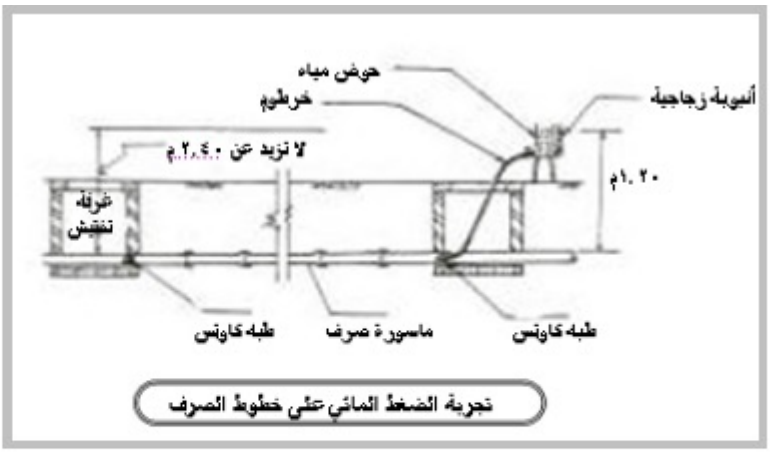
١- مطابقة نوعيات المواد المستخدمة (من مواسير ومحابس.. وخلافه) مع النوعيات المعتمدة.

٢- تنفيذ أعمال التغذية طبقاً للمخططات التنفيذية المعتمدة ولأصول الصنعة.

٣- تنفيذ الأعمال طبقاً للمراحل الفنية المذكورة في المواصفات ولا يتم البدء في مرحلة لاحقة إلا بعد استلام المرحلة الحالية.

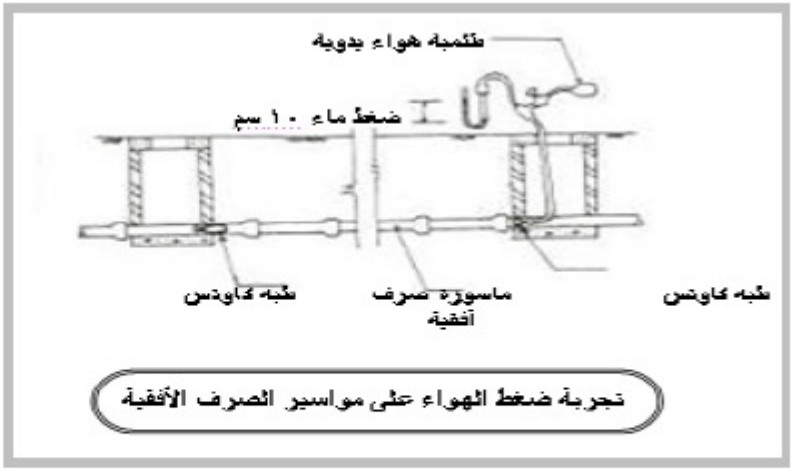
٤- تنظيف المكان والأجهزة الصحية تماماً وعدم ترك أي بقايا أو شوائب أو مواد أخرى.. تقلل من كفاءتها.

٥- إختبار جميع المشتملات من خلاطات ومحابس ..وخلافه طبقاً لما يذكر بالمواصفات الفنية بالمشروع في هذا الشأن ، والتأكد من عملها على الوجه الأكمل.



جهاز ضغط المياه

شكل رقم (٥٨) أساليب الكشف واختبار مواسير التغذية – أسلوب ضغط المياه



جهاز ضغط الهواء

شكل رقم (٥٩) أساليب الكشف واختبار مواسير التغذية – أسلوب ضغط الهواء

أولاً : الأسئلة النظرية :

١- ما هي أنواع المغاسل ؟ وما هي مميزات وعيوب كل نوع ؟ زود إجابتك بالرسم.

٢- ما هي أنواع المراحيض الشرقية ؟ زود إجابتك بالرسم.

٣- ما هي أنواع المراحيض الإفرنجية ؟ زود إجابتك بالرسم.

٤- أين يفضل استخدام المراحيض الإفرنجية الآتية :

- مرحاض بحجر.
- مرحاض معلق.
- مرحاض بسيفون S مزدوج.

٥- ما الفرق بين سيفون الأرضية – البيبة – والجاليتراب ؟ زود إجابتك بالرسم.

٦- ما هي الحالات التي يجب فيها تشييد غرف التفتيش ؟ زود إجابتك بالرسم.

٧- اذكر طريقة لحام المواسير الآتية ، مع تزويد إجابتك بالرسم:

- ماسورة بلاستيك مع ماسورة بلاستيك قطر ٢ً ، ٥ً.
- ماسورة فخار مع ماسورة فخار.
- ماسورة رصاص مع رصاص.
- ماسورة حديد مع ماسورة حديد زهر.
- ماسورة حديد زهر مع ماسورة بلاستيك.
- ماسورة حديد مع ماسورة بلاستيك.
- ماسورة فخار مع ماسورة بلاستيك.
- ماسورة فخار مع ماسورة حديد زهر.
- ماسورة رصاص مع ماسورة حديد.

٨- ما هي أنظمة الصرف الصحي بالمبنى ؟ اشرح إحداها بالتفصيل مع تزويد إجابتك بالرسم.

٩- ما هي الاعتبارات الفنية التي تجب مراعاتها عند صرف الأجهزة الصحية بالمبنى ؟

١٠- ما هي الأساليب المتبعة في الكشف على أعمال الصرف الصحي بالمبنى ؟ اشرح إحداها بالتفصيل مع تزويد إجابتك بالرسم.

١١- ما هي العوامل التي تؤثر في معدل استهلاك الفرد للمياه ؟ اشرح إحداها بالتفصيل.

١٢- ما هي طرق – نظم – توزيع مياه الشبكة العمومية في المباني ؟ اشرح إحداها مع تزويد إجابتك بالرسم.

١٣- ما هي الاعتبارات الفنية التي تجب مراعاتها عند تغذية الأجهزة الصحية بالمبنى ؟

١٤- ما هي طرق الكشف على أعمال التغذية بالمياه ؟ اشرح إحداها بالتفصيل.

١٥- ما هي مراحل استلام أعمال التركيبات الصحية – صرف وتغذية – بالمبنى ؟

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

&&&&&&&&&&&&&&&

م .نادر دريدي

****

الوحدة السادسة

انظمة التدفئة المركزية

الوقود وأنظمة التدفئة

مقدمة تاريخية:

تمكن الإنسان على مر العصور من الحصول على الطاقة الحرارية من عملية حرق أخشاب الاشجار ومن حرارة الشمس حتى وصلت البشرية لاكتشاف النفط وقد إستغل الإنسان هذه الطاقة في عمليات تسخين المياه لأغراض التدفئة والأغراض الصناعية .

يعد موقد الحطب من أقدم وسائل التدفئة التي إستخدمها الإنسان . وكان الرومان أول من إستخدم التدفئة المركزية عن طريق تدفئة الحيز بوضع موقد الخشب تحت البناء مباشرة وذلك عام ٢١٥م .

بدأت صناعة أفران تدفئة الهواء من الطوب في القرن الثامن عشر، وكانت تحتوي على فتحة لدخول الهواء الخارجي، ومدخنة لسحب غازات الإحتراق، و صنعت هذه الأفران من الطوب، ويرتكز مبدأ عملها على تسخين الهواء على السطح الملامس للفرن .

أما التدفئة بالبخار فقد أستخدمت للمرة الأولى في إنجلترا عام (١٧٥٠م) بضغط يتراوح بين(١-٢) بار . من خلال مشعات أنبوبية ذات زعانف .

بدأ إستخدام نظام التدفئة بالماء الساخن ذو الضغط المنخفض عام (١٩٥٥م) في المباني السكنية وفي المؤسسات والمكاتب وغيرها . أما التدفئة بالماء وبضغط عال فقد إبتدعها (بيركنز) عام (١٨٣١م) في إنجلترا، حيث إستعمل دارة مغلقة بأنابيب سميكة وضغط لغاية (٢ بار) لتدفئة المصانع .

إن هدف التطور في هذا المجال في الوقت الحاضر، هو تحسين مردود أجهزة التدفئة، وإنتاج أنواع جديدة من المشعات، وتحسين المراجل وخاصة الفولاذية منها، من نواحي الكفاءة والتشغيل والصيانة، وتصميم التدفئة الجماعية لعدة أبنية منفصلة بحيث تكون مناسبة من الناحية الإقتصادية ومن الناحية العملية .

يُحرق الوقود لإنتاج الطاقة التي تستخدم في مجالات الحياه المختلفة . وتختلف القيمة الحرارية الناتجة عن إحتراق الوقود من نوع لاخر .

ويمكن تصنيف الوقود حسب مصادره إلى نوعين هما :

أ- الوقود الطبيعي:

مثل الغاز الطبيعي والخشبوالفحم النباتيوالفحم الحجري والنفط الخام .

ب- الوقود الصناعي:

يمكن تصنيف الوقود حسب حالته الفيزيائية إلى ثلاثة أصناف :

١ **الوقود الصلب** : مثل الخشب والفحم النباتي والفحم الحجري وفحم الكوك .

> **فحم الكوك :**
> هو الفحم الذي يتم الحصول عليه من تسخين الفحم الحجري إلى درجة حرار عالية بمعزل عن الهواء

٢ **الوقود السائل** : وهو أحد نواتج تكرير النفط الخام ومن أهم أنواعه البنزين والسولار والكيروسين .

٣ **الوقود الغازي** : يعتبر الوقود الغازي من المصادر الهامة لإنتاج الطاقة وأهم أنواعه :

أ) : الغاز الطبيعي : يتواجد في باطن الأرض على ثلاثة أشكال :

- **الغاز الذائب في البترول** : ينفصل الغاز الذائب عن البترول عند خروج البترول إلى سطح الأرض ونتيجةً لإنخفاض الضغط .
- **الغاز الطبيعي المشبع بالهيدروكربونات البترولية السائلة .**
- **الغاز الطبيعي النقي .**

ب) : الغاز الصناعي : يتم الحصول عليه عن طريق تكرير النفط الخام .

ويوضح الجدول (١-١) بعض أنواع الوقود المختلفة والقيمة الحرارية لكل منها :

نوع الوقود	القيمة الحرارية (كيلوجول/كغم)
الخشب	١٢٠٠٠-١٧٠٠٠
الفحم الحجري	٢٠٠٠٠-٣٤٠٠٠
الكيروسين	٤٣٥٠٠
السولار	٤٠٠٠٠-٤٣٠٠٠
الغاز الطبيعي	٤٩٠٠٠

جدول (١-١) : القيمة الحرارية لبعض أنواع الوقود

أنظمة التدفئة المباشرة (المدافئ المنزلية)

تعتبر المدافئ المنزلية بكافة أنواعها من وسائل التدفئة المباشرة حيث تتولد الحرارة داخل الحيز مباشرةً بعد حرق الوقود.
تصنف المدافئ حسب نوع الوقود المستخدم كما يلي:

١- مدافئ الوقود الصلب:

قضت حاجة الإنسان للحرارةوإستخدامها للتدفئة في كثير من أموره الحياتية، إلىحرق قطع الأخشاب في مواقد بدائية والإستفادة من الطاقة الحرارية المنبعثة. وتطورت هذه المواقد فيما بعد إلي ما يعرف« بمدفأة الحطب». حيث تتوفر بأنواع عدة: -

أ. مدافئ الحطب المعدنية:

شكل(١-٣): مدفأة حطب معدنية

تصنع مدافئ الحطب المعدنية من ألواح الصاج السميك أو الحديد السكب، كما يبين الشكل(١-٣)، وتتكون هذه المدافئ من الأجزاء التالية:

١ - غرفة الإحتراق

٢ - جسم المدفأة

٣ - المدخنة

تعمل هذه المدافئ بوضع قطع الحطب داخل غرفة الإحتراق وبعد إشعاله تنتقل الحرارة إلى جسم المدفأة الذي ينقلها بدوره إلى الحيز المراد تدفئته. في حين تنطلق الغازات الناتجة عن الإحتراق عبر المدخنة.

ويتجمع الرماد في صينية خاصة أسفل الموقد.

شكل(١-٤): مدفأة حائط

ب. مدافئ الحائط (Fire Place):

لا تختلف هذه المدافئ عن النوع السابق في مبدأ العمل وتبني هذه المدافئ من الطوب الحراري كما يمكن تبطينها من الداخل بألواح من الصاج السميك لزيادة كفائتها. ويبين الشكل (١-٤) أحد أنواع هذه المدافئ.

كما تنظف غرف الإحتراق في المدافئ ومداخنها من الرماد المتجمع بشكل دوري لزيادة الكفاءة.

٢- مدافئ الوقود السائل:

تعتمد هذه المدافئ في تشغيلها على الوقود السائل (الكاز، السولار)، وتتوفر بأنواع وأشكال مختلفة منها:

شكل (١-٥): مدفأة الكيروسين

أ. مدفأة الكيروسين ذات الفتيل،(شكل ١-٥):

وتتكون من الأجزاء التالية :

١- **خزان الوقود**: وبداخله عوامة متصلة مع مؤشر لمعرفة مستوى الوقود في الخزان.

٢- **الفتيلة**: تصنع من القطن الصافي أوالقطن المتصل مع شعيرات من الألياف الزجاجية، وقد استخدمت في الماضي فتائل الإسبست التي أصبحت محظورة لأسباب صحية.

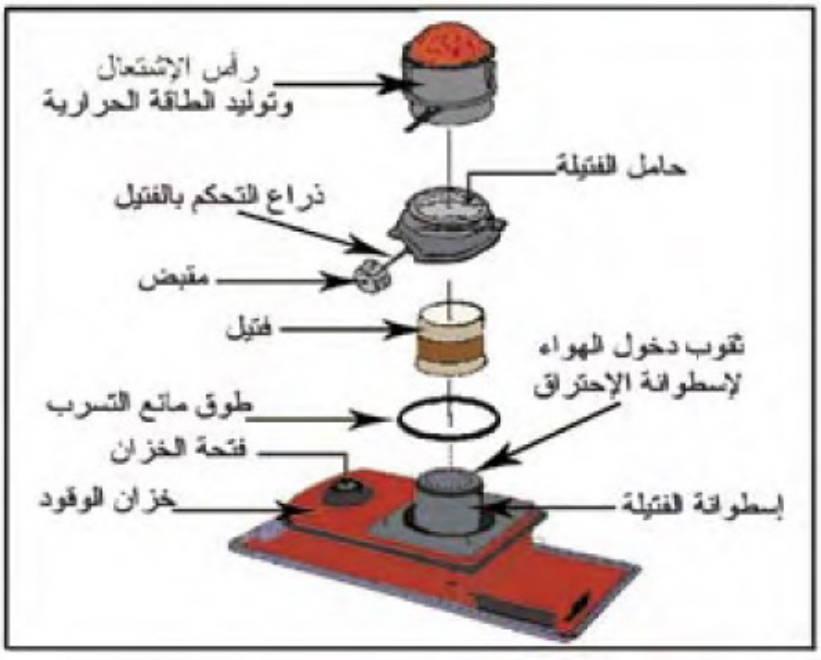
٣-**أسطوانة الفتيلة**: وهي دليل حركة الفتيلة، وفي أسفلها ثقوب لدخول الهواء المساعد في عملية الإشتعال.

٤- **طوق منع التسرب**: يصنع من المطاط .

٥- **حامل الفتيلة**: وهو إسطوانة من الصاج مثبت عليها سكة مسننة ليسهل تحريكها بواسطة المقبض

٦- **المقبض**: ويتصل بذراع للتحكم، ينتهي بمسنن للتحكم بحامل الفتيلة ليحدد مستوى الشعلة.

٧- **رأس الإشتعال**: ويتكون من عدة إسطوانات متداخلة متوجة بشبك معدني حراري يتوهج عندما تتم عملية الإحتراق والشكل (١-٦) يوضح هذه الأجزاء.



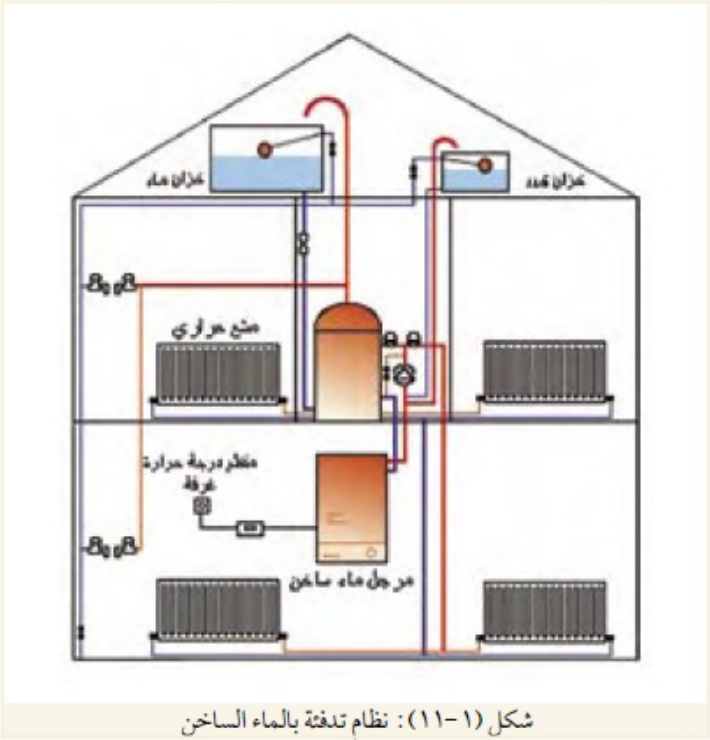
شكل (١-٦): أجزاء مدفأة الكيروسين

أنظمة التدفئة المركزية (Central Heating Systems)

تعتبر أنظمة التدفئة المركزية من وسائل التدفئة غير المباشرة، حيث تعتمد في عملها على نقل الطاقة الحرارية الموجودة في وسيط التسخين سواء كان ماء أو هواء أو بخار إلى المبادلات الحرارية الموجودة في المساحات المراد تدفئتها، **وتنقسم هذه الأنظمة إلى ثلاثة أنواع :**

١ **نظام التدفئة بالماء الساخن** (Hot Water Heating System)

يستخدم الماء في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة، حيث يتم تسخينة في مراجل(Boilers) خاصة ، يدور بعدها في شبكة أنابيب بواسطة مضخات التدوير (Circulating Pumps) ثم يتوزع إلى المبادلات والمشعات الحرارية لتنتقل الحرارة بعد ذلك إلى هواء الحيز ويبين الشكل (١-١١) نظام تدفئة بالماء الساخن .



شكل (١-١١): نظام تدفئة بالماء الساخن

يعد هذا النظام الاكثر إنتشارا في تدفئة المنازل والمدارس والمستشفيات والفنادق، ومن ميزاته :

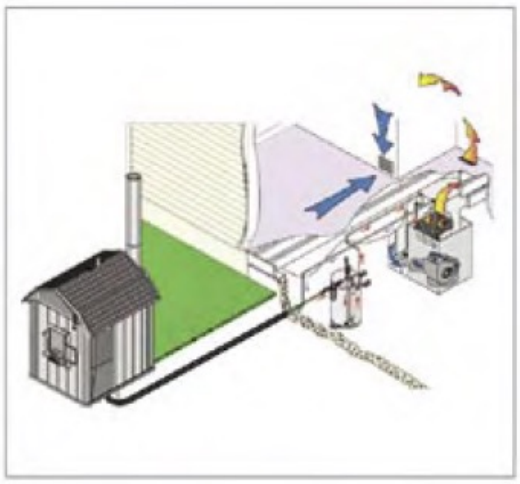
١ إنخفاض تكلفته الإنشائية والتشغيلية مقارنةً مع الأنظمة الأخرى .

٢ يؤمن ظروف صحية جيدة .

٣ سهولة أعمال الصيانة .

٢ نظام التدفئة بالهواء الساخن (Hot Air Heating System)

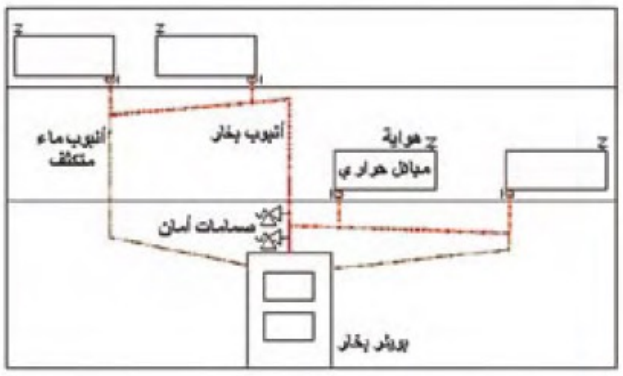
يستخدم الهواء في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة، ويسخن الهواء بطرق مختلفة في وحدات تدفئة مركزية خارجية أو داخلية مستقلة، ويدفع ذلك في ممرات خاصة تسمى مجاري الهواء (Air Ducts)، حيث يخرج من نهاية الممر إلى الحيز المراد تدفئه . كما يوضح الشكل (١-١٢) .



شكل (١-١٢): نظام تدفئة مركزية بالهواء الساخن

٣ نظام التدفئة بالبخار (Steam Heating System)

يستخدم البخار في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة، حيث يتم توليد البخار في مراجل(Steam Boilers) خاصة بضغوط مختلفة، يتحول الماد فيها إلى بخار ويبين الشكل(١-١٣) مخططا لنظام تدفئة بالبخار .



(شكل١-١٣): مخطط نظام تدفئة بالبخار

الجدير بالذكر أن إستخدام هذا النظام يقتصر على المنشات الصناعية ولا يستخدم في التدفئة المنزلية للأسباب التالية :

١ كلفته التشغيلية والانشائية المرتفعة .

٢ حاجته إلى كثير من وسائل التحكم والمراقبة الدائمة .

٣ خطورته الناتجة عن إرتفاع الضغط وإرتفاع درجة الحرارة .

وسستتعرف على هذه الأنظمة بالتفصيل في الوحدات القادمة إن شاء الله .

المراجل (الغلايات) Boilers

حيث أن الغاية من استخدامها يشمل تسخين المياه لأغراض عدة منها :

١ تسخين المياه لأغراض التدفئة المركزية .

٢ تسخين المياه للاستهلاك اليومي في المؤسسات الكبيرة كالمدارس والمستشفيات والفنادق .

٣ تسخين المياه لتوليد البخار للأغراض الصناعية .

شكل (١)

وبعد دراستك لهذه الوحدة نأمل أن تحقق الأهداف التالية :

١ تعرف أنواع المراجل وخصائصها .

٢ تحدد الهدف من استخدام المراجل .

٣ تميز أنواع وقود المراجل .

٤ تفهم طرق تركيب وتجميع وصيانة المراجل .

٥ تدرك الأسباب المؤدية إلى تلف المراجل .

٦ تعرف خصائص غرفة المرجل وشروط بنائها .

٧ تميز قدرات المراجل وكفاءتها .

يعد المرجل **(Boiler)** من أهم مكونات نظام التدفئة المركزية . ويعرف بأنه ذلك الجزء من النظام الذي يتم فيه حرق الوقود داخل غرفة الاحتراق (بيت النار)، ؛كما يوضح شكل (١) بهدف الاستفادة من الحرارة الناتجة عن الاحتراق ونقلها إلى وسيط التسخين الذي يمر عبر أنابيب أو مقاطع يحيط بها اللهب أو الغازات الساخنة، لينقل بعد ذلك إلى المشعات الحرارية، أو مبادلات تسخين المياه بواسطة مضخات التدوير، فيما تنطلق الغازات الناتجة عن الاحتراق إلى الجو عبر المدخنة المتصلة بالمرجل. ويبين الشكل(٢) قنوات الماء في مقطع لمرجل من حديد السكب **(cast iron boilers)**، فيما يبين الشكل(٣) أنابيب المياه في المراجل المصنوعة من صفائح الفولاذ **(welded steel boilers)** وستتناول دراسة موضوع المراجل من نواح متعددة أبرزها :

١ – مادة الصنع .
٢ – ضغط التشغيل .
٣ – الوقود المستخدم .
٤ – التجميع والتركيب .
٥ – الصيانة .
٦ – أسباب تلف المراجل .
٧ – غرفة المرجل وشروط بنائها .
٨ – قدرة المرجل .
٩ – كفاءة المرجل (الجودة) .

أولا:مادة الصنع:

تصنع المراجل عادة من مواد تناسب طبيعة استخدامها، فالمراجل التي تستخدم لأغراض التدفئة والتي يستخدم فيها الماء كوسيط ناقل للحرارة تصنع من الحديد السكب (الزهر) في مصانع ضخمة، حيث يصهر الحديد ويزال منه الخبث، ثم يسكب في قوالب خاصة، للحصول على مقاطع متشابهة(sections) يتم تجميعها فيما بعد لتشكل المرجل، ولمراجل حديد السكب ميزات وعيوب، فمن ميزاتها، أنها تقاوم التآكل والصدأ والنقر لاحتوائها على نسبة عالية من الكربون، إلا أن مقاومتها للضغوط ضعيفة، حيث تتشقق وتنكسر إذا تعرضت لضغوط عالية، وهذا ينبهنا لضرورة تركيب ساعات قياس الضغط على المرجل كما في الشكل (٤). أو على المجمعات القريبة منه كما في الشكل (٥) كذلك تركيب صمام أمان مناسب يقوم بتصريف الضغط الزائد.

شكل (٤)

شكل (٥)

أما مراجل الفولاذ، فتصنع من ألواح الصاج السميك (١٠ ملم تقريبا) ومن الأنابيب ذات المواصفات العالية. وتختلف سماكة الصاج والأنابيب باختلاف الغرض من استخدام المرجل وقدرته.

وكذلك فإن لمراجل ألواح الصاج ميزات وعيوب، فمن ميزاتها تحملها للضغوط العالية ومقاومتها للكسر، ومن عيوبها قلة مقاومتها للصدأ والنقر.

ثانياً:ضغط لتشغيل :

تقسم المراجل من حيث ضغوط تشغيلها إلى قسمين:

أ- مراجل الضغط المنخفض(low pressure boilers) :

توصي معظم مصانع مراجل حديد السكب بعدم استخدام هذا النوع من المراجل لضغوط تزيد عن (٤ بار)، ومع التقدم العمراني والتكنولوجي، وشيوع ظاهرة المباني الشاهقة والأبراج السكنية، قامت بعض المصانع برفع قدرة تحمل المراجل حتى ضغط (٦ بار).

ب- مراجل الضغط العالي(high pressure boilers) :

تعمل هذه المراجل على ضغوط لا تقل عن (٥ بار). وتستخدم لتسخين مياه التدفئة المركزية إلى درجات حرارة تتراوح من ١٠٠-٢٠٠ درجة مئوية، أو لتوليد البخار في المصانع، وهذا يدفعنا إلى تزويدها بوسائل أمان، وأجهزة تحكم متعددة، ولا يفضل تركيب هذا النوع من المراجل داخل البناء، حيث يبني لها عادة حجرة خاصة غير ملتصقة بالبناء.

ثالثا: الوقود المستخدم :

يستخدم الوقود السائل (السولار) لتشغيل حارقات المراجل، ويخزن الوقود داخل خزانات تحت سطح الأرض أو فوق سطح الأرض بمواصفات خاصة .

كما يستخدم الوقود الغازي لتشغيل المراجل، ومن ميزاته :

١ عدم تلويث البيئة .

٢ سرعة اشتعاله .

٣ محافظته على مجاري المرجل ومدخنته نظيفة من الرواسب الكربونية .

وتتلخص عيوب استخدام الوقود الغازي بما يلي :

١ – خطورة تخزين الغاز بكميات كبيرة .

٢ – اشتعال النيران نتيجة أي تسرب من الأنابيب أو الوصلات .

٣– حاجة مراجل الغاز لكثير من الضوابط ووسائل الأمان .

رابعاً: التجميع والتركيب:

تختلف طريقة تجميع المراجل حسب نوع المادة التي تصنع منها :

أ. مراجل الحديد السكب :

تجّمع مقاطع مراجل الحديد السكب مقطعاً تلو الآخر بعد تنظيفها وتجهيزها بواسطة نبول خاصة غير مسننة مائلة من الطرفين (conic) شكل (٦) قبل أن نقوم بشدها معا بواسطة مجابد خاصة، ويراعى عدم الشد الزائد، ويبين الشكل (٧)طريقة تركيب مرجل سكب، وسنأتي على خطوات التركيب بالتفصيل في التمارين العملية ان شاء الله .

شكل (٦)

شكل (٧)

ب. مراجل الصاج (الفولاذية):

تجمع أجزاء مراجل الصاج بواسطة لحام القوس الكهربائي، و تفحص على ضغط أعلى من ضغط التشغيل، ومن ميزاتها:

١ سهولة صيانتها.

٢ إمكانية تغير بعض الأنابيب التالفة و لحام وترميم المناطق المتآكلة.

يتكون مرجل الصاج كما في الشكل (٨) من اسطوانة من الصاج السميك بداخلها حزمة من الأنابيب تختلف في عددها وأقطارها وتصميمها باختلاف قدرة المرجل والغرض من استخدامه، فإذا كانت هذه الأنابيب تشكل امتدادا لغرفة الاحتراق (بيت النار) لتمر عبرها الغازات الساخنة في طريقها إلى المدخنة وكان وسيط التسخين (الماء) من حولها سمي هذا النوع مراجل أنابيب اللهب **(fire tube)**.

شكل (٨)

تكون أقطار الأنابيب في هذا النوع كبيرة نسبيا حيث تصل إلى (٤) إنش، ويستخدم هذا النوع من المراجل للحصول على مياه ساخنة بكميات كبيرة للاستخدام المباشر في الفنادق والمستشفيات دون الحاجة لمبادل حراري، كما يستخدمها البعض لتسخين مياه شبكة التدفئة المركزية.

شكل (٩)

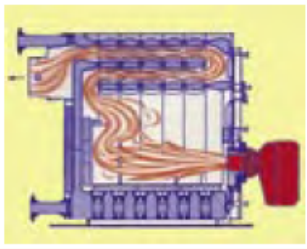
أما إذا كانت حزمة الأنابيب تشكل مجمعا للمياه المراد تسخينها وتحيط بها السنة اللهب والغازات الساخنة، سمي هذا النوع مراجل أنابيب الماء (water tube). وفي هذا النوع تتراوح أقطار الأنابيب من (١,٢٥ - ٢) إنش، وقد يزيد عددها في بعض المراجل عن مائة أنبوبة وهذا النوع غالبا ما يستخدم لتوليد البخار في المنشآت والمصانع.

ويبين الشكل (٩) مرجلين من أنابيب اللهب موصولين على التوازي لتسخين المياه للاستخدام المباشر، والجدير بالذكر ان المراجل بنوعيها (حديد السكب والفولاذ) يمكن أن تكون ذات ممر واحد أو ممرين أو ثلاثة ممرات.

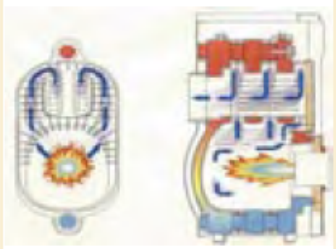
قارن بين المراجل ذات الممر الواحد وذات الممرات الثلاثة من حيث سهولة الصيانة والكفاءة.

و الغرض من الممرات هو السماح للغازات الساخنة بالمرور إلى المدخنة مباشرة، أو إعادتها إلى بداية المرجل ثم إعادتها ثانية إلى نهاية المرجل في طريقها إلى المدخنه.

ويوضح (الشكل ١٠)، (والشكل ١١) ممرات الغازات الساخنة في بعض المراجل.



شكل (١٠)



شكل (١١)

وتقسم إلى :

أ. الصيانة الدورية : وتشمل تفقد المراجل بشكل دوري و مراقبتها من النواحي التالية :

١ **تسرب المياه من الوصلات :** حيث يؤدي هذا التسرب إلى تلف جسم المرجل أو غطائه الخارجي أو تأكسد براغي وصواميل التجميع . و في هذه الحالة يجب إصلاح أماكن تسرب المياه ووضع مانع التسرب المناسب و إعادة شد البراغي جيدا .

٢ **تسرب الدخان من جسم المرجل :** وهذا يدل على تفتت و تلف مانع التسرب الحراري الموجود بين المقاطع ، ولا ننصح بإعادة فك مقاطع المرجل لمعالجة تسرب الدخان ، إذ يمكن معالجة ذلك باستخدام معجونة حرارية خاصة تضغط بين مقاطع المرجل من الخارج ، أو باستخدام أنواع من السيلكون تتحمل درجات حرارة عالية كما في الشكل (١٢) .

شكل (١٢)

٣ **تسرب الوقود السائل :** حيث يجب تفقد أنابيب الوقود ووصلاتها مع الحارقة ، وكثيراً ما أدى تسرب الوقود إلى احتراق غرفة المرجل بالكامل .

٤ **تفقد خطوط الكهرباء المتصلة بالمرجل :** والتأكد من وضعها داخل خراطيم حرارية خاصة **(conduits)** كما في (الشكل ١٣) وتركيب وصلات مانعة لدخول الماء على أطراف علب التوصيل .

شكل (١٣)

٥ **مراقبة منظمات التحكم بدرجات حرارة ماء المرجل :** حيث يجب المحافظة عليها من العبث وعدم معايرتها على درجات حرارة فوق الحد المسموح من قبل أشخاص غير مختصين ، مما يتسبب في التسخين الشديد لجسم المرجل ، وقد يؤدي إلى كسره و تلفه .

٦ **التأكد من جودة احتراق الوقود داخل غرفة الاحتراق :** كما يجب عدم العبث بمعايرة مضخة الوقود السائل ، أو معايرة الهواء اللازم للاحتراق بشكل عشوائي ، مما يتسبب في تكوين طبقات سميكة من السناج داخل مجاري المرجل وهذا يؤدي إلى اختناق الشعلة ، وعدم تمكين الغازات العادمة من المرور إلى المدخنة ، حيث تغلق المدخنة ومجاري مرور الغازات الساخنة نتيجة الاحتراق غير المكتمل . وهذا يوجب تنظيف المرجل ومجاري والمدخنة بشكل دوري بواسطة أدوات و فراشي التنظيف الخاصة بالمرجل . كما يبين الشكل (١٤) .

شكل (١٤) :

ب. الصيانة الطارئة .

تتلخص الصيانة الطارئة في استبدال الأجزاء التالفة من المرجل أو ملحقاته ، فمثلا قد ندخل إلى غرفة المرجل فنجد أن المياه قد غمرت أرضية غرفة المرجل ، وبعد التشخيص نجد أن أحد مقاطع المرجل أو أكثر مكسورا ، و في هذه الحالة

شكل (١٥) :

يجب استخراج المقطع التالف و استبداله بمقطع جديد، إذا كان المرجل يتكون من مقاطع حديد السكب، ويبين الشكل(١٥) كسراً في مقطعٍ لمرجل من الحديد السكب ، وسنأتي على تفصيل أسباب الكسر لاحقاً .

و الجدير بالذكر عدم جدوى لحام وترميم مقاطع مراجل الحديد السكب المكسورة ، إذ أن المنطقة القريبة من اللحام سرعان ما تتشقق نتيجة تعرضها للحرارة الشديدة التي تصاحب عملية اللحام .

ومعلوم أن المقطع الأمامي الذي تركب عليه الحارقة والمقطع الخلفي الذي يشكل مضرب النار ويتصل بالمدخنة لهما أهمية كبيرة وأن استبدالهما في حالة الكسر مكلف جداً . أما أقسام الوسط فيمكن استبدالها أو إلغاء الجزء المكسور إذا لم يتسبب ذلك في انخفاض كبير في قدرة المرجل ، أي أن المرجل الذي يتكون من عشرة مقاطع يمكن اختصاره إلى تسعة مقاطع وهذا يدفعنا إلى إضافة ما نسبته ٢٠٪ إلى ٣٠٪ زيادةً عن القيمة المطلوبة .

أما مراجل الفولاذ فمعالجتها من حيث تسرب المياه أسهل نسبيا ، لأنها مصنوعة من ألواح الصاج السميك مما يتيح قصها ولحامها وترميمها ، و استبدال الأنابيب المهترئة أو إلغائها بإغلاقها من الطرفين الأمامي والخلفي .

سادساً: أسباب تلف المراجل:

تتلخص أسباب تلف المراجل في الأمور الثلاثة التالية :

الكسر ، والتكلس ، والصدأ (النقر) ، وسنتناول بالتفصيل كل منها على حده :

١ **الكسر** : سبق الحديث عن استبدال المقاطع المكسورة في مراجل حديدالسكب ، وتوصلنا إلى عدم الجدوى من لحامها ، مما يوجب علينا مراقبتها باستمرار وتجنب ما يؤدي الى كسرها .

العوامل التي تؤدي إلى كسر المراجل:

أ- **التسخين الشديد للمساحة الحرارية** : معلوم ان لكل مرجل قدرة حرارية معينة تعتمد على دراسات حسابية وتصميمية خاصة ، وبناء على هذه الدراسات يتم اختيار الحارقة المناسبة للمرجل . وخلاف ذلك يؤدي الى تشقق مقاطع المرجل نتيجة تغير التركيب الجزئيي لمادة الحديد السكب بسبب درجة الحرارة الشديدة الناتجة عن اللهب غير المناسب .

ب- **تشغيل المرجل دون وجود وسيط التسخين** : درست عزيزي الطالب في الصف الحادي عشر أن تشغيل السخان الكهربائي من غير وسيط التسخين (الماء) يؤدي الى تلف المسخن (المقاومة الكهربائية) وكذلك الأمر بالنسبة للمراجل فاذا تم تشغيلها من غير وجود وسيط التسخين فان مقاطع المرجل التي تشكل بيت النار تتوهج لدرجة الاحمرار وتتشقق خاصة اذا قمنا بتزويد المرجل بالماء البارد مباشرة .

سادساً: غرفة المرجل وشروط بنائها:

عند التفكير بإنشاء مبنى معين، ووضع التصميم الهندسي له، يؤخذ بعين الإعتبار غرفة المرجل من حيث موقعها بالنسبة للبناء، وحجمها، وإنارتها الطبيعية، وتهويتها، وتصريف المياه المتجمعة في أرضيتها.

شكل(١٩)

وجرت العادة أن تكون غرفة المرجل في طابق التسوية من البناية وهذا هو الأسلم، أما في أيامنا هذه حيث تقلص حجم المرجل نتيجة التحسين الدائم والمنافسة الشديدة بين الشركات الصانعة، وإلغاء المراجل المبطنة بالطوب الناري الشكل(١٩) أصبح من الممكن وضع غرفة المرجل على سطح المبنى.

و بشكل عام يخضع تصميم وبناء غرفة المرجل للشروط التالية: -

١ **ابعاد غرفة المرجل**: حيث تتناسب ابعاد غرفة المرجل تناسباً طردياً مع حجم المرجل وقدرته ومع عدد المراجل إذا كانت البناية مكونة من عدة شقق ولكل شقة مرجلا خاصا بها.

٢ **توفر الإنارة الطبيعية**: من المعلوم ان التيار الكهربائي كثيرا ما ينقطع ايام الشتاء، وقد يصادف هذا الانقطاع القيام باعمال الصيانة الطارئة، خاصة وان ساعات عمل المراجل تتضاعف ايام الشتاء وتكثر الاعطال، لهذا يجب أن تكون الإنارة الطبيعية من النوافذ كافية.

٣ **توفر التهوية**: عرفت سابقا اهمية الاوكسجين في اكمال عملية الاشتعال، وحيث ان الحارقة تقوم بسحب هواء غرفة المرجل ودفعه الى غرفة إحتراق المرجل كما سيمر معك في وحدة الحارقات، فان للتهوية اهمية كبرى لادخال هواء جديد للغرفة. وفي حال كون غرفة المرجل محكمة الإغلاق، تكون عملية الاحتراق غير مكتملة، مما يؤدي الى تراكم الكربون غير المحترق داخل المدخنة ومجاري المرجل.

ولتفادي ذلك يعمد الى عمل فتحات اباجورية ثابتة وغير قابلة للاغلاق في باب غرفة المرجل تكون مساحتها ضعف مساحة فتحة مدخنة المرجل على الاقل، وكذلك يمكن ابقاء احدى النوافذ مفتوحة ومغطاة بشبك معدني.

٤ **ميلان أرضية غرفة المرجل**: يعمد إلى عمل ميلان في أرضية غرفة المرجل باتجاه مصرف ارضي يؤدي الى خطوط التصريف في البناية. سوفي حال كون مستوى ارضية غرفة المرجل أدنى من مستوى خطوط التصريف الرئيسية، نقوم بانشاء حفرة صماء تتسع لثلاثين لترا من ماء الصرف تقريبا، تغطى بشبك معدني ويركب عليها مضخة لنضح المياه من الحفرة تلقائيا كلما امتلأت الحفرة. ويبين الشكل (٢٠) مضخة نضح مغمورة في الماء والشكل (٢١) مضخة نضح من النوع التي يجب ان يبقى محركها الكهربائي بعيدا عن الماء.

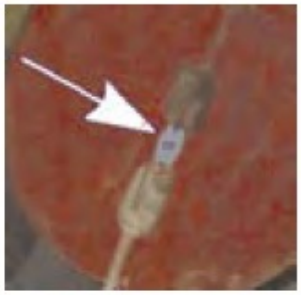
شكل(٢٠)

شكل(٢١)

٥ احتياطات منع الحرائق، ومنها: -

أ- تركيب طفاية خاصة فوق الحارقة الشكل (٢٢) تعمل تلقائيا عند نشوب حريق، حيث ان قفل الصمام فيها مصنوع من مادة سهلة الانصهار كالقصدير او الرصاص ، كما يبين الشكل(٢٣) صورة توضيحية لقفل الصمام .

شكل(٢٢)


شك(٢٣)

ب- تركيب طفاية خاصة فوق الحارقة صمامها مقفل بانبوبة زجاجية مملوءة بسائل سريع التمدد، شكل (٢٤)، فعندما تنكسر الزجاجة نتيجةً لتمدد السائل بفعل الحرارة الشديدة الناجمة عن الحريق، تفتح الطفاية تلقائياً كما يبين الشكل (٢٥) صورة مكبرة لقفل الطفاية الزجاجي .

شكل(٢٤):

شكل(٢٥)

جـ- تركيب صمام حريق خاص على خط الوقود السائل المزود للحارقة يغلق تلقائيا ويقطع الوقود عن الحارقة عند نشوب حريق في غرفة المرجل. وهذا النوع من الصمامات يبقى مفتوحا بفعل لحام القصدير الذي ينصهر على درجات حرارة منخفضة نسبيا كما اسلفنا، او بفعل خيط من مادة سهلة الانصهار يلف على بكرات مركبة على جسم المرجل قرب الحارقة، ويبين الشكل(٢٦) صمام الحريق ولحام القصدير الذي يبقيه في وضع مفتوح.

شكل(٢٦):

د- تركيب أجهزة إنذار الكترونية أو ضوئية تصدر صوتاً خاصاً عند إستشعار حريق أو دخان غير معتاد (ويبين الشكل (٢٧) نوعاً من هذه الأجهزة.

شكل(٢٧):

٦ يجب أن تكون جدران غرفة المرجل معزولة بعازل حراري يمنع انتقال الحرارة إلى الغرف التي فوقها أو بجانبها، كما يجب ان تكون مانعة لتسرب المياه.

٧ يجب أن لا تحتوي غرفة المرجل على أي مواد مشتعلة ، كما يجب عدم استعمالها مخزناً للمنزل.

٨ عند تصميم باب غرفة المرجل يجب الأخذ بعين الاعتبار أن يفتح للخارج ، كما يجب مراعاة أن يكون واسعاً من أجل إدخال المرجل أو المبادل الحراري.

٩ يجب عمل قاعدة متينة من الإسمنت المسلح ترتفع عن سطح البلاط ١٠ سم على الأقل وتزيد ١٠ سم تقريباً عن اطراف المرجل من كل جهة.

١٠ يجب تركيب لوحة قواطع الكهرباء الخاصة بغرفة المرجل بالقرب من الباب.

سابعاً: قدرة المرجل:

تعرّف قدرة المرجل بأنها الطاقة الحرارية الناتجة عن إحتراق كمية من الوقود والتي يكتسبها وسيط التسخين في الساعة الواحدة.

وتشمل هذه الطاقة الحرارة المستغلة لتدفئة المكان، وتسخين المياه للإستخدام اليومي، بالإضافة إلى الحرارة الضائعة والمارة عبر المدخنة والتي تشمل الغازات الناتجة عن الإحتراق.

العوامل التي تعتمد عليها قدرة المرجل:

تعتمد قدرة المرجل على العوامل التالية :

١ **المساحة الحرارية لسطح التسخين** : وهي المساحة التي تلامس الوقود المشتعل والغازات الساخنة الناتجة عنه من جهة ، وتلامس وسيط التسخين من الجهة الثانية .

وتختلف المساحة الحرارية للمرجل باختلاف حجمه وعدد ممراته ، أو عدد أنابيب المياه أو أنابيب اللهب في المراجل الفولاذية ، وتقاس المساحة الحرارية لسطوح التسخين في المراجل بالمتر المربع .

٢ **درجة حرارة المياه الداخلة إلى المرجل ودرجة حرارة المياه الخارجة منه** : حيث أن درجة حرارة المياه الداخلة إلى المرجل تختلف باختلاف المناطق الجغرافية ، أما بالنسبة لدرجة حرارة المياه الساخنة الصاعدة من المرجل في أنظمة التدفئة العادية فعادة ما تضبط على ٩٠ درجة مئوية .

٣ **نوع الوقود المستخدم** : من المعلوم ان لكل نوع من انواع الوقود قيمةحراريةمعينة ، وعليه فان قدرة المرجل تختلف باستخدام الوقود السائل او الغازي او استخدام الوقود الصلب في بعض المناطق .

٤ **اختيار الحارقة المناسبة** : وتركيب فالة الوقود المناسبة عليها . (nozzle)

٥ المواد المستعمله في صناعة المراجل وسماكتها : لقد كان النظام الشائع تبطين غرفة الإحتراق في المرجل بالطوب الناري لوقايته من اللهب ، مما يقلل من قدرة المرجل وسرعة انتقال الحرارة لوسيط التسخين . كذلك فان معامل انتقال الحرارة يختلف بين مرجل مصنوع من الحديد السكب او مرجل صفائح الحديد .

٦ **عزل جسم المرجل** : تزداد كمية الحرارة المفقودة من جسم المرجل في انحاء غرفة المرجل نتيجة عدم لفه بالمواد العازلة جيدا ، وتهدر نتيجة ذلك طاقة حرارية كبيرة عبثا ، ويبين الشكل (٢٨) جزء من مرجل معزول .

شكل(٢٨)

٧ **تزويد المرجل بالمياه العسرة** : ان تزويد المرجل بالمياه العسرة لتعويض النقص في مياه المرجل يسبب تكلس المقاطع من الداخل ، وبذلك تنخفض قيمة معامل إنتقال الحرارة على امتصاص الحرارة .

٨ **تركيب مداخن غير معزولة** : ان استخدام مداخن غير معزولة بشكل جيد يؤثر على جودة الاحتراق سلبياً ، الامر الذي يؤدي إلى خسارة حرارية كبيرة ، وسنوضح ذلك في موضوع المداخن .

ثامناً: كفاءة المرجل (الجودة):

تعرّف كفاءة المرجل بأنها نسبة الطاقة المستفادة إلى الطاقة الناتجة من إحتراق الوقود حسب العلاقة التالية :

$$\text{كفاءة المرجل} = \frac{\text{كمية الحرارة المتنقلة إلى وسيط التسخين}}{\text{كمية الحرارة الناتجة من الإحتراق}} \times ١٠٠٪$$

ونستطيع تصنيف كفاءة المراجل بشكل تقريبي كما يلي :

١- المراجل التي تعمل على الوقود الصلب كفائتها (٦٠٪) .

٢- المراجل التي تعمل على الوقود السائل كفائتها(٧٠٪ ـ ٩٠٪) .

٣- المراجل التي تعمل على الوقود الغازي كفائتها(٩٠٪) .

كما ننصح بالمحافظة على النشرة الفنية الخاصة بالمرجل، وعمل بطاقة معلومات للمرجل تعلق بجانبه، تبين قدرته والشركة الصانعة وسنة الانتاج . وبطاقة اخرى تبين اعمال الصيانة الدورية والطارئة والقطع التي تم استبدالها وتاريخ الاستبدال .

يبين الشكل (٢٩) بطاقة معلومات حقيقية لنوع من المراجل، دقق النظر فيها وإستخرج ما يلي :

أ- قدرة المرجل بالكيلو واط .

ب- أعلى درجة حرارة للماء بالدرجة المئوية .

جـ- الضغط الأقصى للتشغيل بالبار .

د- مساحة سطح التسخين بالمتر المربع .

هـ- سعة المرجل من الماء باللتر .

****

&&&&&&&&&&&&&&&&&&&

الـــــحـــــارقـــــات

الحارقة هي الة كهروميكانيكية تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية الموجودة في الوقود إلى طاقة حرارية ، وتوجد الحارقة داخل غرفة إحتراق العديد من الأجهزة التي تعمل على الطاقة الحرارية، ومن هذه الأجهزة: -

١- مراجل التدفئة المركزية .

٢- مراجل تسخين المياه .

٣- مراجل توليد البخار .

٤- أفران التدفئة بالهواء الساخن .

٥- أفران المخابز وصناعة الحلويات .

٦- أفران صهر المعادن وصناعة الحديد السكب .

٧- أفران المطابخ في المؤسسات الكبيرة .

٨- أفران دهان السيارات والأجهزة المنزلية .

ويتوقع منك عزيزي الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن تحقق الأهداف التالية :

١- تفهم مبدأ عمل الحارقات .

٢- تميز أنواع الحارقات .

٣- تعرف أجزاء الحارقات وعمل كل منها .

٤- تختار الحارقات المناسبة للأجهزة المختلفة وفق أحمالها الحرارية .

٥- تُلم بالتوصيلات الكهربائية للحارقات .

انواع الحارقات .

شكل (١)

تقسم الحارقات حسب نوع الوقود المستخدم إلى ثلاثة أنواع وهي : -

اولا- حارقات الوقود السائل:

مرت صناعة حارقات الوقود السائل بمراحل تمثلت في الأصناف الثلاثة التالية :

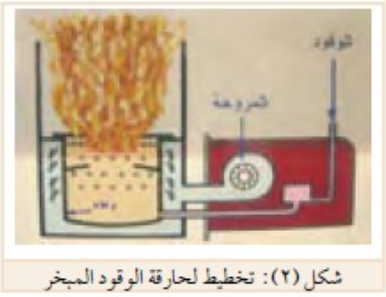
١ – حارقة الوقود السائل المبخر

٢ – حارقة الوقود السائل ذات الضغط المنخفض .

٣– حارقات الوقود السائل ذات الضغط المرتفع .

تعتبر حارقات الوقود السائل ذات الضغط المرتفع الأوسع انتشاراً يليها حارقات الوقود الغازي .

١ حارقة الوقود المبخر :



شكل (٢): تخطيط لحارقة الوقود المبخر

يعتمد عمل هذه الحارقة على تزويدها بالوقود بفعل الجاذبية من خزان علوي حيث يبخر بفعل نار خارجية او سخان كهربائي ذو قدرة مناسبة ، ليكون جاهزا للاشتعال بعد مزجه بكمية مناسبة من الهواء، وما زال هذا النوع من الحارقات يستخدم في بعض المحامص ويبين الشكل(٢) رسماً تخطيطاً لأحد أنواع الحارقات ذات الوقود المبخر .

٢ حارقة الوقود ذات الضغط المنخفض :

تتم عملية تذرير الوقود في هذا النوع بفعل ضغط منخفض لايتجاوز(١ بار)، وتحتوي الفالة (Nozzel) فيه على فتحة ذات تصميم خاص يسمح بمرور الوقود بسهولة، إنحسر هذا النوع من الحارقات مع التقدم التقني وإنتشار حارقة الضغط العالي إلا أنه ما زال يستخدم في بعض المخابز الشعبية .

شكل (٣)

٣ حارقة الوقود ذات الضغط المرتفع :

يعتبر هذا النوع أكثر أنواع الحارقات استخداما وتعتمد في عملها على تذرير الوقود السائل عبر فالة احتراق خاصة، شكل (٣) حيث يمزج بالهواء المزود للحارقة بواسطة مروحة كهربائية، وبعد اشتعاله ينطلق اللهب من أنبوبة تشبه فوهة المدفع ، ولهذا سميت هذه الحارقة(Gun-Type oil- Burner) .

شكل (٤)

يتم تزويد الحارقة بالوقود بواسطة مضخة خاصة شكل(٤) تركب على جسم الحارقة وتدار بواسطة نفس المحرك الذي يدير مروحة الهواء، وترتبط المضخة مع المحرك بواسطة وصلة خاصة (Coupling) شكل (٥) لحماية المحرك عند توقف المضخة عن الدوران نتيجة عطل ميكانيكي .

شكل (٥)

لقد كان ضغط التشغيل في الجيل الاول من هذه الحارقات لايتجاوز(٧ بار)، اما في الحارقات الحديثة فانه يصل الى (١٢ بار)، ويضبط الضغط بواسطة برغي معايرة خاص مع استخدام مقياس ضغط مناسب ذو تدريج لا يقل عن (٢٠ بار) .

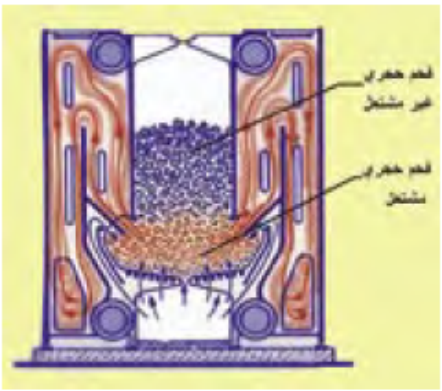
ثانيا- حارقات الوقود الغازي:

تشبه في شكلها وعملها حارقة الوقود السائل، إلا أنها تزود بمنظم للغاز بدلاً من مضخة الوقود السائل، ويبين الشكل (٦) حارقة وقود غازي وحارقة وقود سائل من نفس الشركة الصانعة، يعتبر هذا النوع من الحارقات قليل الانتشار بسبب المخاطر التي قد تنجم عن إستخدام الغاز .

شكل (٦)

ثالثا: حارقات الفحم الحجري:

يقتصر استخدامها على المناطق التي يعتبر الفحم الحجري فيها المصدر الرئيسي للطاقة، ويبين الشكل (٧) رسماً توضيحياً لمرجل بالفحم الحجري.



شكل (٧)

اجزاء الحارقة:

تقسم الحارقة الى أربعة دوائر رئيسية هي : -

١ - دائرة الوقود ٢- دائرة الهواء

٣- دائرة الشرارة ٤- دائرة التحكم

١ دائرة الوقود

وتشمل خط سير الوقود ابتداءً من خزان الوقود حتى نهاية فاله الاحتراق، وتتكون دائرة الوقود من الأجزاء التالية : -

أ- خزان الوقود ب- صمام قطع الوقود

جـ- مصفاة الوقود د- صمام الحريق

هـ- الأنابيب المرنة و- مضخة الوقود

ز- الصمام الكهرومغناطيسي ح- المسخن الكهربائي (في بعض الأنواع)

ط- فالة الوقود.

٢ دائرة الهواء :

وتتكون من الاجزاء التالية :

أ- فتحة دخول الهواء.

ب- مروحة الهواء

جـ- منظم كمية الهواء(يدوي، كهربائي، هيدروليكي).

د- زعانف تشتيت الهواء لتحسين عملية اختلاطه بالوقود.

٣ دائرة الشرارة :

وتتكون من الأجزاء التالية :

أ- محوّل الشرارة ب- قضبان الشرارة

جـ- الوصلات الكهربائية بين قضبان الشرارة و المحول

شكل (٨) : بعض أنواع صناديق التحكم

والجدير بالذكر أن هذه الأجزاء تعمل بواسطة منظم الكتروني يعطي لكل دائرة أمر التشغيل في الوقت المناسب ويسمى هذا المنظم صندوق التحكم الالكتروني (electronic control Box) ، شكل (٨) .

ونظرا لاهمية هذا النوع من الحارقات ، سنقوم بدراسة كل جزء منها بشكل مفصل .

ينقل الوقود من الخزان الى غرفة المرجل بواسطة خط انابيب نحاسي معزول يتراوح قطره من (١٠-١٦) ملم في المنشآت الصغيرة كالمنازل وذلك حسب قدرة الحارقة وبعد المسافة بينها وبين الخزان ، وقد تستخدم أنابيب الفولاذ الأسود وباقطار مناسبة لهذا الغرض ، ويمنع استخدام انابيب الفولاذ المجلفنة خشية تفاعلها مع الوقود .

شكل (٩)

ينتهي خط الوقود الداخل الى غرفة المرجل بصمام لقطع الوقود يستخدم عند تنفيذ أعمال الصيانة، والأفضل تركيب صمام حريق شكل (٩)، ومنه الى الانبوب الذي يغذي الحارقة .

يركب على معظم انواع الحارقات خط لتزويدها بالوقود وخط للراجع ، ومن الممكن الاكتفاء بخط التزويد دون خط الراجع عن طريق اغلاق ممر خاص داخل المضخة بواسطة برغي على شكل سدة يكون مع الحارقة ، وسنفصل هذا في التدريب العملي ان شاءالله .

شكل (١٠)

يركب على خط الوقود بعد المضخة صمام كهرومغناطيسي (solenoidvalue) كما في شكل (١٠) يقوم بقطع الوقود عن الحارقة فور قطع الدائرة الكهربائية ، ويحول هذا الصمام دون تسرب الوقود الى داخل المرجل خاصة اذا كان خزان الوقود أعلى مستوى من المرجل .

وتنتهي دائرة الوقود بفالة الاحتراق التي يتم بواسطتها تذرير الوقود .

الاجزاء الفرعية لدوائر حارقة الضغط المرتفع:

أولاً: دائرة الوقود :

وتشمل خط سير الوقود من الخزان الرئيسي أو الخزان اليومي الى نهاية فالة الوقود داخل غرفة الاحتراق ، وسنتعرض في هذا الدرس لدائرة الوقود بشكل مفصل : -

١ **خزان الوقود** : تعرفت في الوحدة الأولى على أنواع خزانات الوقود ، وطرق قياس منسوب الوقود فيها وكذلك على فتحات الخزان الرئيسية ووظيفة كل منها .

٢ **صمام قطع الوقود** : يستخدم هذا الصمام لقطع الوقود عند إجراء عمليات الصيانة للحارقة او لخطوط الوقود المتصلة بها ، كما يركب صمام آخر على التوالي مع الصمام السابق قرب الحارقة ، ويمكن استبدال الصمام الثاني بصمام الحريق الذي سبق شرحه في وحدة المراجل .

شكل (١١)

٣ **مصفاة الوقود (الفلتر)** : تركب المصفاة على خط تزويد الحارقة بالوقود بهدف فصل الشوائب العالقة ، ويبين الشكل(١١) مصفاة الوقود التي تركب على خط الوقود المزود للحارقة .

٤ **الانابيب المرنة** : تقوم هذه الأنابيب بنقل الوقود الى مضخة الحارقة ، ويتم اختيارها من النوع المرن حتى لاتتعرض للكسر نتيجة اهتزازات الحارقة أثناء العمل . والجدير بالذكر أن هذه الأنابيب مغلفة بشبكة رقيقة من الاسلاك الفولاذية لحمايتها من التمزق نتيجة ضغط الوقود كما في شكل (١٢) .

شكل (١٢)

٥ **مضخة الوقود** : وهي من المضخات ذوات التروس الداخلية (المسننات) (Gear) كما يبين الشكل(١٣) .

شكل (١٣)

تدار هذه المضخة بواسطة المحرك الكهربائي الذي يدير مروحة الهواء ، شكل(١٤) ، وتتصل مع محور المحرك بوصلة مرنة لحماية المحرك من التلف إذا تعرضت المضخة لعطل ميكانيكي ، أو إذا توقفت أجزاءها الداخلية عن الدوران نتيجة الصدأ الناتج من تسرب مياه الأمطار الى خزان الوقود .

شكل (١٤)

سؤال: كيف يمكن ان تتسرب المياه الى خزان الوقود ؟

يلاحظ من الشكل (١٥) على جسم مضخة الوقود الفتحات التالية :

١ فتحة دخول الوقود من الخزان .

٢ فتحة رجوع الوقود الزائد إلى الخزان .

٣ فتحة معايرة ضغط الوقود .

٤ فتحة إخراج الهواء من خط الوقود .

٥ فتحة قياس ضغط الوقود .

٦ فتحة تزويد الفالة بالوقود

شكل (١٥)

كما أن المضخة تحتوي على مصفاة داخلية (فلتر) لتنقية الوقود مرة ثانية ، ويبين الشكل (١٦) المصفِي الموجود داخل المضخة، كما يبين الشكل (١٧) صورة لأجزاء مضخة الوقود. وتتم معايرة ضغط الوقود في الحارقة على ضغط يتراوح من(١٠-١٢ بار) ولكل نوع من الحارقات نشرة فنية توضح ضغط التشغيل الخاص بها .

شكل (١٦)

شكل (١٧)

و- سخان الوقود :

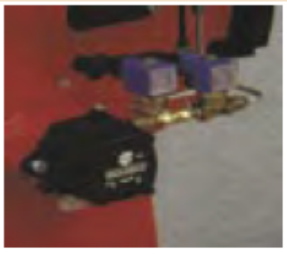
وهو سخان كهربائي صغير ذو قدرة منخفضة يركب على انبوبة نقل الوقود قرب فالة الاحتراق في بعض أنواع الحارقات وخاصة في المناطق الشديدة البرودة، حيث يقوم بتسخين الوقود بضع درجات مئوية للتقليل من لزوجتة و لتسهيل عملية تذريره قبل دوران الحارقة بدقيتين تقريباً وتبين الأشكال (١٨-١٩) سخان الوقود في الحارقة .

شكل(١٨)

شكل(١٩)

ز- صمام الوقود الكهرومغناطيسي (Solenoidrvalve-):

يركب هذا الصمام على خط الوقود الخارج من المضخة والمؤدي إلى فالة الاحتراق ، وفي معظم الحارقات الحديثة يركب هذا الصمام على جسم المضخة كما في الشكل (٢٠).



شكل (٢٠)

شكل (٢١)

وفي الحارقات الكبيرة التي تعمل بفالتين، يركب لكل فالة صمام خاص بها شكل (٢١)، ويتلخص عمل الصمام الكهرومغناطيسي بقطع الوقود عن الحارقة فور صدور امر لها بالتوقف عن العمل من أحد منظمات التحكم . ويتكون هذا الصمام من ملف كهربائي يتحول عند مرور التيار الكهربائي خلاله إلى مغناطيس كهربائي يقوم برفع قلب الصمام وفتح مجرى الوقود طيلة عمل الحارقة، وعند صدور أمر

للحارقة بالتوقف عن العمل تزول مغناطيسية الملف ويعود قلب الصمام إلى مكانه ليغلق مجرى الوقود من جديد.

واهم المشكلات التي قد يتعرض لها هذا الصمام تلف الملف الكهربائي نتيجة الحرارة الشديدة المتسربة من المرجل، او نتيجة ارتفاع قيمة التيار الكهربائي المار في الملف، ولكل صمام من هذا النوع مواصفات خاصة تبين فرق الجهد الذي يعمل عليه، وغالبا يكون (٢٢٠ فولت AC) ويبين الشكل (٢٢) المواصفات الكهربائية لملف الصمام الكهرومغناطيسي.

شكل (٢٢)

ح - الفالة :-

تعتبر الفالة من أهم أجزاء دائرة الوقود ، ويتلخص عملها بتذرير كمية الوقود المناسبة للمرجل ورشها بالزاوية والشكل المناسبين، ومع ان فالات الحارقات لاتختلف في حجمها أو شكلها، الا ان هناك اعتبارات هامة يجب الأخذ بها عند اختيار الفالة وهي :

شكل (٢٣):

١ كمية الوقود التي تسمح بتمريرها في الساعة، حيث نجد على كل فالة مهما اختلف مصدر صناعتهاإحدى وحدات القياس التالية (جالون / ساعة ، كغم / ساعة ، لتر / ساعة). كما يبين الشكل (٢٣).

شكل (٢٤):

٢ **زاوية الرش**: لكل فالة زاوية رش تناسب شكل غرفة الاحتراق ، فاذا كانت غرفة الاحتراق مستطيلة ، نختار فالة بزاوية رش من(٣٠°-٦٠°) وإذا كانت غرفة الاحتراق دائرية أو مربعة الشكل نختار فالة بزاوية رش من(٧٠°-٩٠°)، ومن هنا يعتبر اختيار الفالة المناسبة للمرجل من متممات كفاءته. ويبين الشكل(٢٤) مقدار زاوية الرش لفالة وقود، كما يوضح الشكل (٢٥) زاوية رش فالة وقود أثناء تجربة عملية.

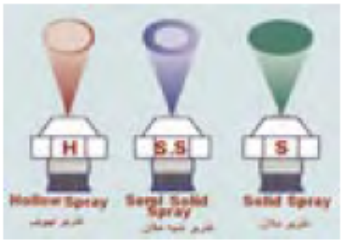
شكل (٢٥):

٣ **مخروط الرش**: كما أن لمخروط الرش أهمية كبيرة في اختيار الفالة المناسبة، كما في شكل (٢٥). ويخرج الوقود المذرر من فتحة الفالةعلى شكل مخروط بإحدى الهيئات التالية :

* المخروط الملآن ، ويشار إليه بالحرف(S) وهو اختصار للكلمة (Solid) .

* المخروط المفرغ، ويشار إليه بالحرف(H) وهو اختصار للكلمة (Hollow) .

* المخروط شبه الأجوف، ويشار إليه بالحرف(SS) وهو اختصار للكلمة (Semi Solid) ويبين الشكل (٢٦) رسما توضيحيا لأنواع مخروط الرش. كما تستخدم بعض الشركات المنتجة للفالات رموزاً خاصةً بها، فعلى سبيل المثال فإن الأحرف EH تعني EXtra Hollo، والحرف B يعني Black Caps ، والأحرف Lc تعني أما أجزاء الفالة فيوضحها الشكل(٢٧- أ) يركب على جميع أنواع الفالات مصفاة (فلتر) لتصفية الوقود، وتكون مسامات هذه المصفاة دقيقة لتضمن عدم مرور أية شوائب تتسبب في إغلاق فتحة الفالة أو القنوات الدقيقة داخلها .



شكل (٢٦):

شكل (٢٧ -أ):

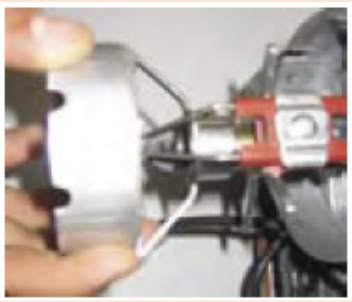
شكل (٢٧ -أ):

سؤال: لماذا تكررت مراحل تصفية الوقود؟

يمر الوقود داخل الفالة بعد تصفيته في قنوات دقيقة مائلة بشكل غير مركزي كما يبين الشكل (٢٧- ب)، ليخرج منها على شكل رذاذ سهل الامتزاج مع هواء المروحة، الذي يمر بدوره من خلال زعانف تحوله إلى تيار مشتت حيث تكون الشرارة الكهربائية في انتظارالمزيج لإتمام عملية الاشتعال .

ان للفني المتخصص في مهنة التدفئة دورا رئيسيا في إنجاح عملية التدفئة وكفاءة الاحتراق وترشيد الاستهلاك من خلال اختيار الحارقة التي تناسب المرجل ، وفالة الاحتراق المناسبة للحارقة . وبالنظر إلى الجداول الفنية لمعظم الحارقات، نجد أن معظم الشركات الصانعة تصنف إنتاجها من الحارقات حسب قدرتها إلى ثلاثة أصناف على الأقل ، صغير ومتوسط وكبير، ولكل صنف منها مجال محدود من المراجل يناسبها .

فعلى سبيل المثال نجد أن الحارقة التي تناسب مرجلا قدرته(٢٢٠٠٠ ك . ك . / ساعة) تناسب في نفس الوقت مرجلا قدرته(٣٥٠٠٠ ك . ك . / ساعة)، وكذلك مرجلا قدرته(٤٨٠٠٠ ك . ك . / ساعة) ، وما علينا الا تركيب الفالة التي تناسب قدرة المرجل ثم معايرة الحارقة من حيث :


شكل (٢٩):

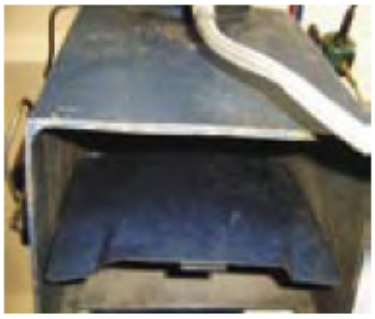
١ ضغط مضخة الوقود.

٢ كمية الهواء اللازم لإتمام عملية الاحتراق .

٣ تقديم أو تأخير قلب الحارقة (الحامل المثبت عليه الفالة) وقضبان الشرارة وزعانف أو قرص توجيه الهواء) بما يناسب غرفة الاحتراق كما في الشكل (٢٨) .

وسنأتي على معايرة الحارقة بالتفصيل في التمارين العملية ان شاء الله .

دائرة الهواء



شكل (١٩):

تقوم دائرة الهواء بتزويد الحارقة بما يلزمها من الهواء الذي يتمم عملية الاحتراق من خلال بوابة خاصة شكل(٢٩) عن طريق مروحة طاردة عن المركز . وتتشابه دائرة الهواء في جميع الحارقات مع اختلاف في طريقة المعايرة، وتتكون دائرة الهواء من الأجزاء التالية .

١ **المحرك الكهربائي** (Electric Motor) : وهو الذي يقوم بتزويد الحارقة بالطاقة الكهربائية التي تلزم لتشغيل مضخة الوقود ومروحة الهواء، ولكل محرك كهربائي مواصفات خاصة تكتب على لوحة إرشادات ملصقة عليه، واهم ما فيها :

أ- **القوة الدافعة الكهربائية** : التي يعمل عليها المحرك (الفولت)، ومعلوم ان معظم محركات الحارقات في بلادنا وخاصة البيتية منها تعمل على فرق جهد مقداره(٢٢٠فولت)، اما حارقات المصانع والمعامل فبعضها يعمل على فرق جهد مقداره (٣٨٠فولت)، كما ان القليل من محركات الحارقات تعمل على ١١٠ فولت، وفي هذه الحالة يلزمها محول خفض من ٢٢٠ - ١١٠ فولت .

ب -**شدة التيار** : الذي يمر في ملفات المحرك عند تشغيله، وتقاس بوحدة الأمبير .

جـ- **قدرة المحرك** : وتقاس بوحدة الواط او الحصان الميكانيكي(١ حصان ميكانيكي = ٧٤٦ واط) .

د - **عدد لفات المحرك في الدقيقة** (RPM) وفيما سبق كانت سرعة محرك الحارقة ١٤٥٠ دورة في الدقيقة، اما حديثاً فعدد لفاتها ٢٨٠٠ د في الدقيقة .

شكل (٣٠):

هـ-**الذبذبة (التردد)** : وهي ثابتة ومقدارها في بلادنا (HZ 50).

٢ **المروحة** (Fan) : تكون مروحة الحارقة من النوع ذو الزعانف المائلة الى الأمام والطاردة عن المركز، كما في الشكل(٣٠)، وسنقوم بدراسة تفصيلية لأنواع المراوح في وحدة التدفئة بالهواء الساخن ان شاء الله .

شكل (٣١):

٣ **فتحة ادخال الهواء** : يختلف شكل فتحة ادخال الهواء في الحارقات من شركة الى اخرى غير أن المبدأ متشابه، حيث يركب على هذه الفتحة منظم لتحديد كمية الهواء اللازمة لإتمام عملية الاحتراق . وللمنظمات ثلاثة اشكال :

أ- **منظم يدوي** : حيث تضبط كمية الهواء المناسبة وتثبت البوابة بشد برغي خاص يدويا . شكل (٣١) .

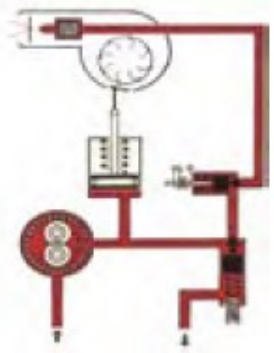
ب- **منظم كهربائي** : يركب هذا النوع شكل (٣٢) على الحارقات ذات الفالتين (two stage)، ويخدم المراجل الكبيرة حيث يبدا اشتعال الحارقة بفالة واحدة ،ويتم تعيير كمية الهواء التي تناسبها يدويا، وعندما يصدر الامر للفالة الثانية بالعمل يقوم محرك كهربائي صغير بتحريك بوابة الهواء بالقدر الذي يكفي للفالتين معا .

شكل (٣٢):

سؤال : ما الغاية من تشغيل الحارقة في المراجل الكبيرة على مرحلتين؟

جـ- **منظم هيدروليكي**: يتكون هذا المنظم شكل (٣٣) من اسطوانة قطرها ٤سم وطولها١٥ سم تقريبا، بداخلها مكبس يمسك ببوابة الهواء بشكل مفصلي، وتتصل الاسطوانة بأنبوبة ثانوية للوقود السائل مربوطة على التوازي مع أنبوبة الوقود التي تنتهي بالفالة، ويعمل هذا المنظم على مرحلتين كالمنظم السابق ولنفس الهدف ، إلا أن هذا النوع آخذ في الانحسار ويبين الشكل (٣٤) رسماً توضيحياً لطريقة عمل هذا المنظم .

شكل (٣٣):



شكل (٣٣):

٤ **الزعانف وأقراص تشتيت الهواء**: حيث تركب على حامل الفالة وقضبان الشرارة في نهاية انبوبة الحارقة، والغرض من تركيبها تشتيت كمية الهواء المندفع من المروحة كي يسهل اختلاطها بالوقود المذرر واشعالها بشكل جيد، ويبين الشكل(٣٥-أ)، (٣٥- ب) الزعانف وأقراص تشتيت الهواء .

شكل (٣٥-أ):

شكل (٣٥-ب):

٥ موجه الهواء : ويكون على شكل بوق كما في الشكل (٣٦) يركب على فوهة الحارقات الكبيرة والهدف منه توجيه اللهب بشكل دقيق داخل غرفة احتراق المرجل، وفي الحارقات البيتية الصغيرة تقوم أنبوبة الحارقة شكل (٣٧) بهذا الدور.

شكل (٣٦):

شكل (٣٧):

تحتوي دائرة شرارة الإشعال على الأجزاء التالية : -

شكل (٢٧):

١ **المحول الكهربائي** (Transformer): وهو محول رفع يقوم بتحويل فرق الجهد الكهربائي من ٢٢٠ فولت الى ١٢٠٠٠ فولت شكل (٣٨) .

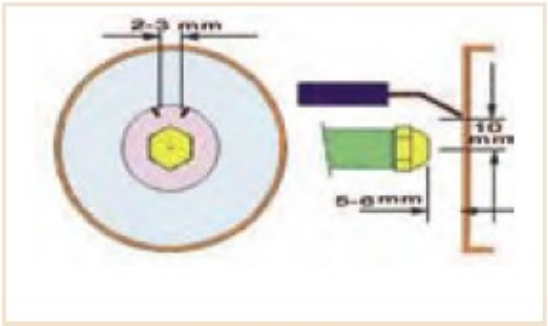
والمحول لايحتوي على أجزاء متحركة ، ويتكون من ملف ابتدائي يدخل اليه التيار الكهربائي ، وملف ثانوي يزود قضبان الشرارة بالتيار الكهربائي العالي .

اتجهت بعض الشركات الصانعة لانتاج محولات الكترونية ، تتميز بخفة الوزن وقلة تكاليف انتاجها الا ان المحولات ذات الملفات السلكية اطول عمرا ولا تتاثر بتذبذب التيار الكهربائي والحرارة المنبعثة من جسم المرجل إلى حدٍ ما .

شكل (٣٩):

٢ **قضبان الشرارة**: وتتكون من أسلاك معدنية يدخل في تركيبها الحديد والنيكل والكروم كي تتحمل درجات الحرارة العالية والتيار الكهربائي العالي ولا تصدأ، وتحاط بمادة عازلة من الخزف (البورسلاين) لمنع تسرب الشحنات الكهربائية العالية إلى جسم الحارقة. ويبين الشكل (٣٩) نوعاً من قضبان الشرارة . تثبت قضبان الشرارة بمربط خاص على حامل الفالة ، وتعير المسافة بينها من ٢-٣ ملم ، وترتفع اطرافها عن مركز الفالة ١٠ ملم تقريبا ، كما انها تتقدم عن الفالة بمقدار ٥-٦ ملم ، ويوضح الشكل (٤٠) هذه الابعاد . كما يبين الشكل (٤١) قضبان الشرارة أثناء تكون الشرارة .

شكل (٤٠):



شكل (٤٠):

ملاحظة:

إذا كانت المسافة بين قضبان الشرارة قريبة جداً أوبعيدة فان الشرارة لا تتكون، كذلك إذا تعرض عازل القضبان إلى كسر أثناء التركيب أو أثناء عملية الصيانة فأن الشرارة تضعف ولا يتم الاشتعال.

٣ **الأسلاك الموصلة**:- ومن خلالها ينتقل التيار الكهربائي من المحول إلى قضبان الشرارة، وتتميز بعزلها المضاعف، كذلك فانها تنتهي بمرابط خاصة تتصل بقضبان الشرارة، ويوضح ذلك الشكل (٤٢).

شكل (٤٢):

دائرة التحكم

تتحكم هذه الدائرة بعمل جهاز الشرارة والمحرك ومسخن الوقود وبوابة التحكم بكمية الهواء، وتحتوي هذه الدائرة على :

١ الخلية الضوئية (PhotoCell): وهي القاطع الكهروضوئي الذي يقوم بتشغيل جهاز الشرارة بالتعاون مع صندوق الضوابط في حال تشغيل نظام التدفئة، ثم قطع التيار الكهربائي عن جهاز الشرارة بعد التأكد من تشغيل الحارقة وذلك لتأثر الخلية بالضوء الناتج عن اللهب.

تصنع الخلية الضوئية من مادة سريعة التأثر بالضوء (كادميوم)، وتكون اطرافها متداخلة دون إتصال ميكانيكي . ويبين الشكل (٤٣) الخلية الضوئية.

شكل (٤٣):

ولضمان عمل الخلية الضوئية جيداً يجب تنظيفها بشكل دوري من السناج الذي قد يتراكم عليها ويعطل عملها. كما يجب التأكد من عدم حجبها عن الضوء الصادر عن لهب الحارقة، كذلك يجب أن تثبت على الحارقة في الموضع المخصص لها ولا ينصح تقريبها أكثر من اللازم من اللهب إذ انها تتعطل إذا تعرضت لدرجة حرارة أعلى من ٦٠°م.

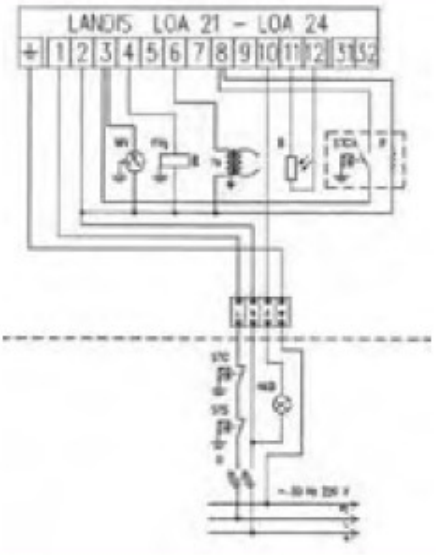
٢ صندوق الضوابط (Control Box): هو منظم عمل الحارقة، الذي يتلقى الأمر من قاطع التشغيل في نظام التدفئة سواء كان هذا القاطع يدويا أو حراريا أو الخلية الضوئية ليقوم بعدها بإغلاق أو فتح مجموعة من الدوائر الإلكترونية والكهرو ميكانيكية والتي تتحكم بدورها بتشغيل او إيقاف أجزاء الحارقة ويبين الشكل (٤٤) صندوق الضوابط .

شكل (٤٤):

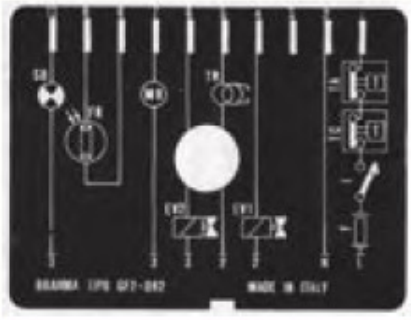
كما أن من مهام صندوق الضوابط فصل التيار الكهربائي عن الحارقة إذا تعطلت إحدى دوائرها عن العمل، وعلى سبيل المثال لو نفذ الوقود السائل فإن محرك الحارقة يتوقف عن العمل بعد فترة بسيطة لا تتجاوز الدقيقة، كذلك عند حدوث عطل في جهاز الشرارة فإن المحرك يتوقف عن العمل وبالتالي يتوقف تدفق الوقود إلى غرفة الإحتراق، وبعكس ذلك فإن غرفة الإحتراق ستملأ بالوقود غير المشتعل مما قد يتسبب بأضرار كبيرة.

وخلاصة عمل صندوق الضوابط هي السماح بتشغيل الحارقة إذا توفرت جميع شروط تشغيلها، كما أنه يوقفها عن العمل إذا فقد أحد هذه الشروط . و يلاحظ على جسم صندوق الضوابط مفتاح ضاغط (Reset)، نعيد بواسطته صندوق الضوابط إلى وضعه الطبيعي إذا أخفق في تشغيل الحارقة من المرة الأولى، أما إذا تكرر فشل تشغيل الحارقة فلا بد من البحث عن الخلل وإصلاحه .

كما يبين الشكل(٤٥ – أ)والشكل(٤٥ – ب) مخططين لتوصيل نوعين من صناديق الضوابط مع أجزاء الحارقة . وسنتعرف على أنواع كثيرة من صناديق الضوابط ومخططاتها في التدريب العملي إن شاء الله .



شكل (٤٥ – أ)



شكل (٤٥ – ب)

المشعات الحرارية (Heating Radiators)

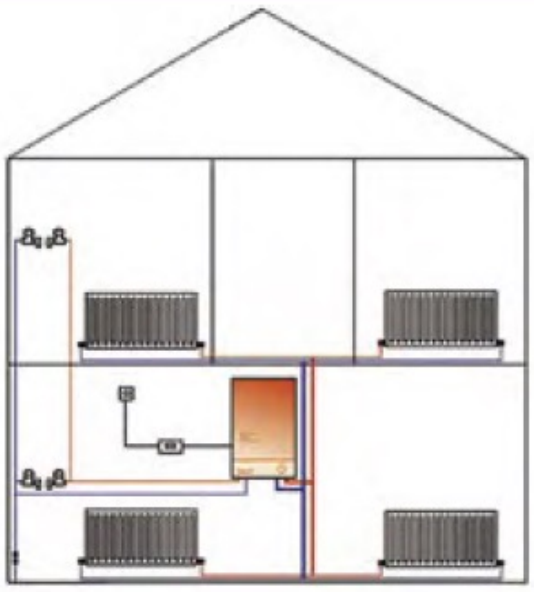
يطلق اسم المشعات (Radiators) أو المبادلات الحرارية على كل جهاز يستخدم لتدفئة الحيز الموجود فيه، حيث تقوم هذه المشعات بتسخين الهواء المحيط نتيجة تمرير ماء ساخن أو بخار أو وجود زيت داخلها مع ملف تسخين. وتتم عملية انتقال الحرارة من الماء الساخن داخل المشعات الى هواء الغرفة بطرق انتقال الحرارة التي درستها سابقا» وهي التوصيل والحمل والإشعاع.

يعتبر نظام التدفئة بالماء الساخن الذي تستخدم فيه المشعات الحرارية، شكل (٤-١) أكثر الأنظمة انتشاراً في تدفئة المجمعات السكنية والتجارية للأسباب التالية:

١ الانخفاض في التكاليف الأولية والتشغيلية إذا ما قورن مع الأنظمة الأخرى.

٢ سهولة التحكم بدرجة حرارة الحيز المدفأ.

٣ إمكانية توفير بيئة مناخية صحية وأكثر راحة باستخدام نظام المشعات.



شكل(٤-١): شبكة تدفئة مركزية تعمل على المشعات الحرارية

وتعتمد كمية الحرارة المنبعثة من المشعات على عدة عوامل هي:

١ نوع المشع المستخدم من حيث مادة الصنع، (سكب، صاج، ألمنيوم، . . .)، وسيتم الحديث عنها لاحقا».

٢ مساحة سطح المشع (Heating Surface) المعرضة للهواء المحيط، والتي تعتمد على:

أ- عدد الأصابع (المقاطع) التي يتكون منها المشع.

ب- ارتفاع المقاطع وعمقها، حيث تأتي مقاطع المشعات بارتفاعات وأعماق مختلفة، بحيث تناسب المكان الذي يتم تركيبها فيه.

٣ فرق درجة الحرارة بين متوسط درجة حرارة المياه داخل المشع ودرجة حرارة هواء الغرفة (الحيز).

فإذا كان:

$د_{١}$: درجة حرارة الماء الداخل إلى المشع

$د_{٢}$: درجة حرارة الماء الخارج من المشع

$د_{٣}$: درجة حرارة هواء الغرفة (المرغوبة)

$د_{م}$: فرق درجات الحرارة .

فإن: $د_{م} = \frac{(د_{١} + د_{٢})}{٢} - د_{٣}$

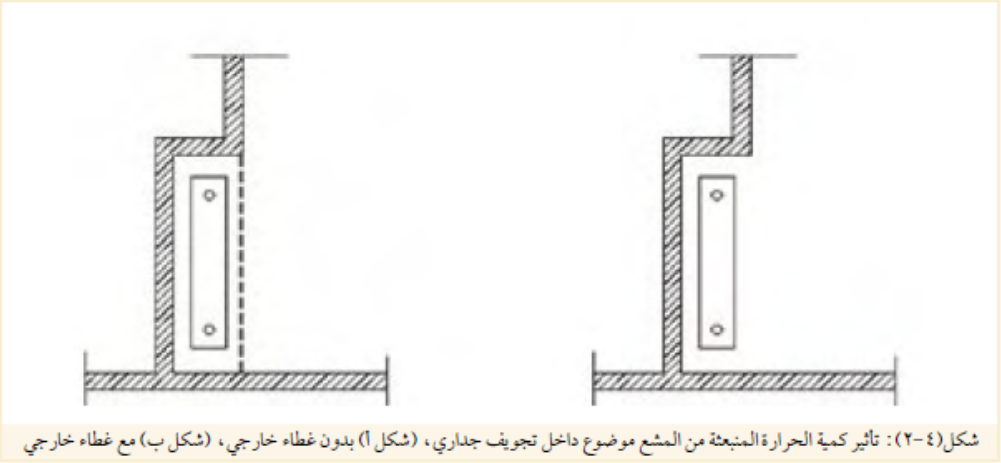
تجدر الإشارة إلى أن الفرق المعتمد لمتوسط درجة الحرارة لمعظم صانعي المشعات هو ٦٠سْ، وهو ما يتم عليه تحديد الحمل الحراري في النشرات الفنية المختلفة للمشعات، وعند اختلاف متوسط درجة الحرارة عن ٦٠سْ، فإنه يكون هناك معامل ضرب، فإذا زاد الفرق (متوسط الحرارة) ارتفع معامل الضرب، وإن قل انخفض معامل الضرب، كما هو مبين في الجدول (٤-١)

جدول(٤-١): معامل الضرب المستخدم حسب الفرق بين متوسط درجة حرارة الماء داخل المشع ودرجة حرارة الهواء المحيط

الفرق بين درجة حرارة هواء الغرفة ومتوسط درجة حرارة الماء داخل المشع	معامل الضرب للقدرة
٥٠	٠,٧٩
٥١	٠,٨١
٥٢	٠,٨٣
٥٣	٠,٨٥
٥٤	٠,٨٧
٥٥	٠,٨٩
٥٦	٠,٩٢
٥٧	٠,٩٤
٥٨	٠,٩٦
٥٩	٠,٩٨
٦٠	١,٠٠
٦١	١,٠٢
٦٢	١,٠٤
٦٣	١,٠٧
٦٤	١,٠٩
٦٥	١,١١
٦٦	١,١٣
٦٧	١,١٥
٦٨	١,١٨
٦٩	١,٢٠
٧٠	١,٢٢

* تعتبر درجة حرارة هواء الغرفة درجة حرارة الهواء في نقطة تبعد ١,٥ م أفقيا" عن منتصف المشع، و ١,٥ م رأسيا" عن مستوى سطح البلاط .

٤ موقع تركيب المشعات على قدرتها الحرارية، هذا التأثير مبين في الشكل (٤-٢)



شكل(٤-٢): تأثير كمية الحرارة المنبعثة من المشع موضوع داخل تجويف جداري، (شكل أ) بدون غطاء خارجي، (شكل ب) مع غطاء خارجي

حيث أن الحمل الصادر من المشعات يقل بمقدار :

١ ٥-١٠٪ للمشع الذي يقع في تجويف جدار كما في الشكل أ.

٢ ١٥-٢٥٪ للمشع الذي يقع في تجويف جدار مع غطاء خارجي مفرز كما في الشكل ب.

وبالتالي فعند اختيار المشع يجب إضافة عامل الحمل المفقود حسب الموقع والمسمى عامل الموقع.

العوامل الواجب مراعاتها عند اختيار المشعات وتحديد أماكنها:

١ الحمل الحراري المطلوب للحيز المدفأ، حيث يعتمد الحمل الحراري المنبعث من المشعات على العوامل التي تم ذكرها آنفاً.

٢ قياسات المشع ومطابقتها لمساحة الحيز المتاح للتركيب داخل الغرفة.

٣ التوزيع الحراري داخل الغرف المراد تدفئتها، حيث ينصح بتركيب المشعات تحت النوافذ الخارجية، اذ يعتبر هذا المكان مناسباً، حيث تنخفض درجة حرارة الهواء الداخلي الملامس لزجاج النافذة بسبب التيارات الهوائية الباردة من الخارج، بالإضافة إلى تسرب الهواء من خلال الشقوق والفتحات من النوافذ، لذا تعتبر هذه المنطقة الأكثر برودة داخل الغرفة، وبذلك يتم منع ظاهرة تكثف البخار على الزجاج، كما أن المكان المحاذي للشبابيك يمكن الاستغناء عنه.

٤ الناحية الجمالية، بحيث يتناسب مواقع المشعات مع وضع الأثاث والديكور الداخلي، اذ من الممكن وضع المشعات في أماكن لا يستفاد منها بشكل كبير مثل خلف الأبواب أو تحت النوافذ.

٥ السلامة العامة، بحيث يتم موقع اختيار المشعات المناسبة حسب نوعية الاستخدام.

٦ سهولة الخدمة والصيانة، بحيث يتم الوصول اليها دون التعرض لأية عوائق، كما أن وضع قطع الأثاث وغيرها لمسافة قريبة منها من شأنه أن يؤثر على كمية الحرارة المنبعثة من المشعات الى هواء الغرفة.

وتقوم جميع الشركات المصنعة للمشعات بتعبئة كل مقطع أو عمود من المشعات بالماء وفحصه تحت ضغط مناسب أعلى من الضغط التشغيلي للتأكد من سلامته، وبعدها تقوم بتجميع المقاطع التي تم فحصها لتكون ألواح مكونة من ٨ أو ١٠ أو ١٢ مقطعاً حسب سياسة التصنيع الخاصة بكل شركة.

أنواع المشعات الحرارية

تصنف المشعات من حيث مادة الصنع إلى حديد السكب، حديد الصاج، والألمنيوم، وغيرها ولكل نوع من هذه الأنواع خواص فيزيائية تختلف عن الأخرى. واليك عزيزي الطالب شرحاً مفصلاً عن هذه الأنواع.

أولاً: مشعات حديد السكب (Cast Iron Radiators)

تصنع هذه المشعات من حديد السكب، شكل (٤-٣)، حيث تتكون من مقاطع توصل بعضها ببعض بواسطة وصلات أنبوبية (نبولة جمع) مسننة من الطرفين بشكل متعاكس، ويتصف هذا النوع من المشعات بالخواص الآتية:

١. مقاومته للتآكل والصدأ، حيث يتم طلاؤها بدهان أساس من الشركة الصانعة.

٢. السعة الحرارية له منخفضة نسبياً، وبالتالي فان مشعات السكب تسخن ببطء عند تشغيل نظام التدفئة وتبرد ببطء عند إيقاف التشغيل.

٣. تعتبر مشعات السكب ذات وزن ثقيل نسبيا مقارنة مع الأنواع الأخرى، لذا فانها تحتاج إلى عناية زائدة في التركيب.

٤. العمر الافتراضي لهذا النوع من المشعات يتجاوز ١٥ سنة، إذا ما تم تشغيل النظام بطريقة سليمة وتوفرت الصيانة الدورية لها.

٥. تتوفر مشعات حديد السكب بأشكال ومقاسات مختلفة من حيث الارتفاع والعمق، كما هو مبين في الشكل (٤-٣)، أما طول المقطع فيكون عادة بمقاس ٥,٦ سم وذلك عند معظم الشركات الصانعة.

ويتم عادة طلاء مشعات حديد السكب بدهان حراري قاتم قبل الشروع في تركيبها، كما يمكن طلاؤها بألوان مختلفة تتناسب مع الديكور الداخلي، كما في الشكل (٤-٤).

شكل(٤-٣): مشعات حديد السكب بمقاسات مختلفة

شكل (٤-٤): مشعات حديد سكب بألوان مختلفة لتناسب الديكور الداخلي

هذا ويبين الجدول (٤-٢) نشرة فنية لأحد أنواع مشعات حديد السكب، حيث يظهر في الجدول الأحمال الحرارية المنبعثة من مقاطع بمقاسات مختلفة، بالاضافة إلى مواصفات أخرى.

رقم الموديل	عدد الأعمدة	قياسات القطاع			قياس نبل المجمع بالأنش	كمية الماء للقطع الواحد ليتر	وزن القطع كغم Kg	الحمل الحراري للمقطع	
		الارتفاع الكلي ملم	بيوز المراكز ملم	العرض ملم				Kcal/h	Watt
PRG 2/566	2	566	500	80	1"	0,57	3,6	66	77
PRG 2/690	2	690	623	80	1"	0,63	4,1	79	91
PRG 2/880	2	880	813	80	1"	0,77	5,2	97	113
PRG 3/566	3	566	500	95	1"	0,66	5,1	80	104
PRG 3/690	3	690	623	95	1"	0,73	5,9	106	126
PRG 3/880	3	880	813	95	1"	0,96	7,7	132	154
PRG 4/566	4	566	500	130	1"	0,85	6,6	109	127
PRG 4/690	4	690	623	130	1"	1,02	7,5	137	159
PRG 4/880	4	880	813	130	1"	1,18	9,4	170	198
PRG 5/556	5	566	500	165	1"	0,96	7,3	146	169
PRG 5/690	5	690	623	165	1"	1,09	9,2	171	198
PRG 5/880	5	880	813	165	1"	1,32	11,5	212	247

جدول(٤-٢): نشرة فنية لأحد الشركات الصانعة لمشعات حديد السكب

مثال

يراد تركيب مشعات من نوع حديد السكب في صالة أبعادها ٨م طول x ٦م عرض، إذا علمت أن الحمل الحراري المطلوب لتدفئتها هو ٦٥٠٠ كيلوسعر/ ساعة، احسب عدد المقاطع المطلوبة ، علماً بأن القياس المستخدم هو ٦٩٠/ ٣ (الارتفاع الكلي للمشع هو ٦٩ سم) وأن فرق درجة الحرارة المطلوبة هو ٦٠ درجة مئوية؟

الحل: بالرجوع إلى الجدول (٤-٢)، نجد أن الحمل الحراري المنبعث من مقطع واحد من مشع ٦٩٠/ ٣ هو ١٠٨ كيلوسعر / ساعة. وبما أن فرق درجات الحرارة هو ٦٠سْ ، فيكون معامل الضرب =١

$$\text{عدد المقاطع المطلوب} = \frac{٦٥٠٠}{١٠٨} = ٦٠ \text{ مقطعاً}$$

من الممكن توزيع ٣ مشعات من هذا النوع، كل مشع يتكون من ٢٠ مقطعاً أو ٤ مشعات كل مشع يتكون من ١٥ مقطعاً ، حيث يعتمد ذلك على الأماكن المتاحة للتركيب وكذلك طبيعة الديكور الداخلي للصالة.

سؤال

يفضل في مشعات حديد السكب أن لا يتجاوز عدد المقاطع المكونة منها عن حدود ٢٤ مقطعاً، لماذا؟

ثانياً: مشعات حديد الصاج (Steel Radiators)

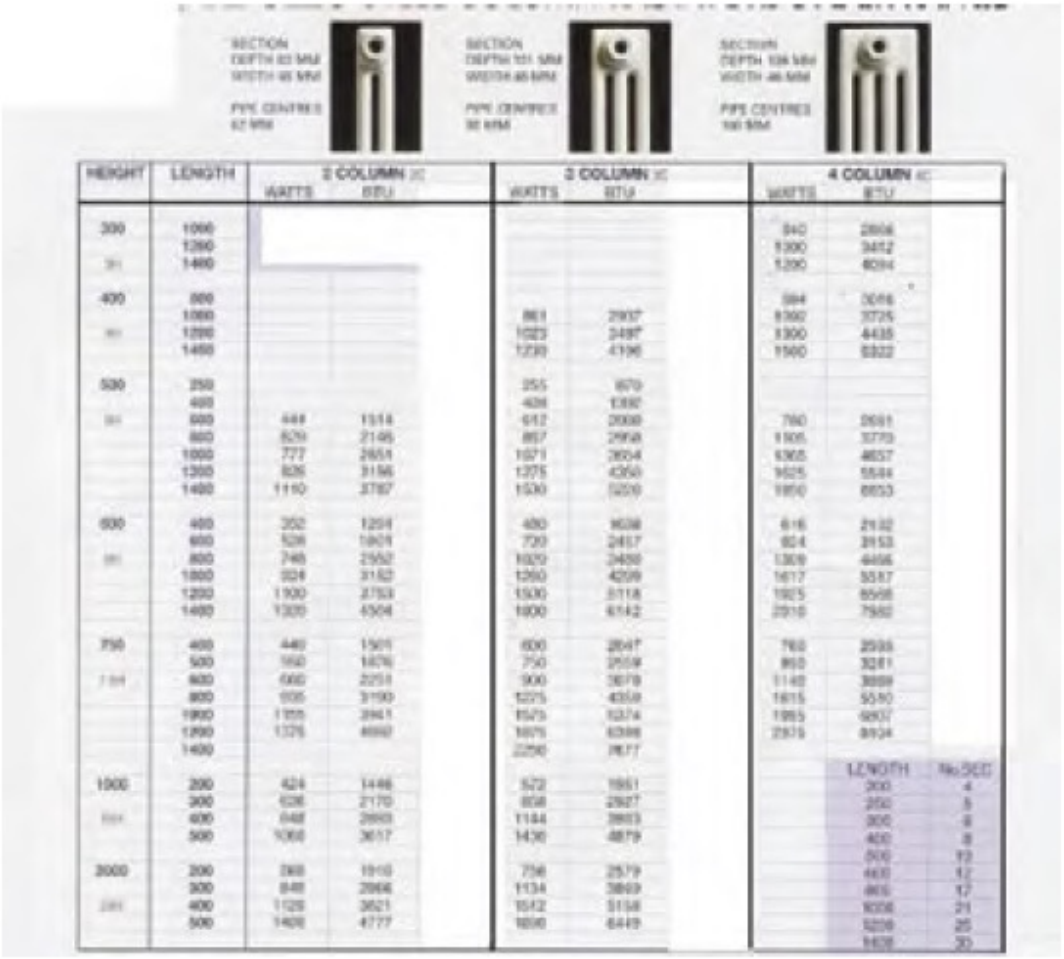
تمتاز مشعات الصاج بخفة وزنها وسهولة تركيبها وصيانتها ، وبالتالي فإن هذه المشعات تسخن بسرعة عند تشغيل نظام التدفئة، على العكس من مشعات حديد السكب. ومن الجدير بالذكر أن مقاومة هذه المشعات للصدأ قليلة مقارنة مع مشعات حديد السكب والالمنيوم، وبالتالي فان عمرها الافتراضي قليل نسبياً. ويتم دهان مشعات الصاج بدهان حراري قاتم بعد دهان التأسيس من قبل الشركة الصانعة، وذلك كما في مشعات حديد السكب، كما مر معك سابقاً.

يبين الشكل (٤-٥) أشكالاً ومقاسات مختلفة لمشعات صاج تركب على الجدران، أما الشكل (٤-٦) فيبين مشع صاج بأرجل حيث يتم تركيبه حراً على الأرض (Free Standing Type).

شكل(٤-٥): مشعات صاج بمقاسات مختلفة

شكل(٤-٦): مشعات صاج بارجل يركب على الأرض

ويبين الجدول (٤-٣) نشرة فنية لأحد أنواع مشعات الصاج، حيث يظهر في الجدول الأحمال الحرارية المنبعثة من المقاطع مشعات صاج بمقاسات مختلفة.



HEIGHT	LENGTH	2 COLUMN WATTS	2 COLUMN BTU	3 COLUMN WATTS	3 COLUMN BTU	4 COLUMN WATTS	4 COLUMN BTU
300	1000					940	2806
	1200					1100	3412
	1400					1200	4094
400	800					984	3016
	1000			861	2937	1260	3725
	1200			1023	2497	1300	4435
	1400			1239	4196	1560	5322
500	250			255	870		
	400			408	1392		
	600	444	1514	612	2088	780	2661
	800	629	2146	867	2958	1105	3770
	1000	777	2651	1071	3654	1365	4657
	1200	926	3156	1275	4350	1625	5544
	1400	1110	3787	1530	5220	1950	6653
600	400	352	1201	480	1638	616	2102
	600	528	1801	720	2457	924	3153
	800	748	2552	1020	3480	1309	4466
	1000	924	3152	1260	4299	1617	5517
	1200	1100	3753	1500	5118	1925	6568
	1400	1320	4504	1800	6142	2310	7882
750	400	440	1501	600	2047	780	2936
	600	660	2251	750	2559	960	3281
	800	880	3001	900	3070	1140	3889
	1000	1105	3769	1225	4359	1615	5510
	1200	1355	3941	1575	5374	1995	6807
	1300	1326	4660	1815	6198	2315	8134
	1400			2250	7677		
1000	200	424	1446	522	1951		
	300	636	2170	858	2927		
	400	848	2893	1144	3903		
	500	1060	3617	1430	4879		
2000	200	388	1910	756	2579		
	300	849	2866	1134	3869		
	400	1129	3821	1512	5158		
	500	1409	4777	1890	6449		

LENGTH	No.SEC
200	4
250	5
300	6
400	8
500	10
600	12
800	17
1000	21
1200	25
1400	30

جدول(٤-٣): نشرة فنية لأحد الشركات الصانعة لمشعات الصاج

ثالثاً:مشعات الألمنيوم (Aluminum Radiators)

شكل(٤-٧) : مشعات المنيوم بمقاسات مختلفة

تصنع هذه المشعات من الألمنيوم على شكل مقاطع ، شكل (٤-٧)، يتم تجميعها بنفس الطريقة التي تجمع فيها مشعات حديد السكب، ويمتاز هذا النوع من المشعات بالخواص الآتية :

١ خفة وزنها وبالتالي سهولة تركيبها كما في مشعات الصاج .

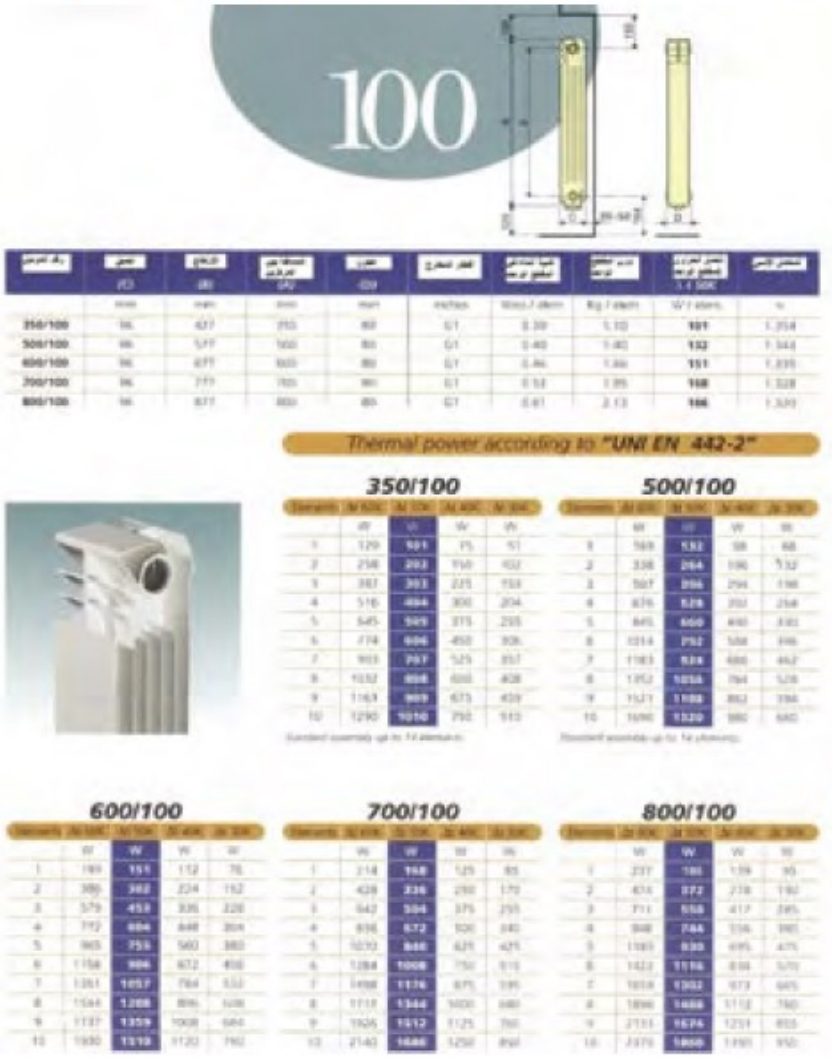
٢ توفرها بأشكال ومقاسات مختلفة ، إلا أن طول المقطع الواحد من مشع الألمنيوم يكون عادة بقياس ٨سم .

٣ عدم حاجتها إلى دهان قبل تركيبها ، حيث يتم دهانها حرارياً من قبل الشركة الصانعة .

٤ كمية الحرارة المنبعثة منها أعلى نسبياً من تلك المنبعثة من الانواع الاخرى، وذلك لنفس المقاس وتحت نفس الظروف .

٥ منظرها الجذاب، مما يجعلها أكثر ملاءمة للديكورات الداخلية .

ويبين الجدول (٤-٤) نشرة فنية لأحد أنواع مشعات الألمنيوم بمقاطع ذات عمق ١٠ سم .



جدول (٤-٤) : نشرة فنية لأحد أنواع مشعات الألمنيوم

من الجدير بالذكر، ان معظم الشركات الرائدة في تصنيع مشعات الألمنيوم تقوم بانتاج مشعات بتصاميم مختلفة تكون على شكل سلالم، شكل (٤-٨)، حيث تركب عادة هذه المشعات داخل الحمامات، ويمكن استخدامها لتعليق وتجفيف المناشف إضافة إلى وظيفتها الأساسية وهي تدفئة الحمام، شكل (٤-٩)

شكل(٤-٨): مشع المنيوم على شكل سلم

شكل(٤-٩): مشعات سلالم من الألمنيوم بأشكال وألوان نختلفة

ومن عيوب مشعات الألمنيوم، سهولة خدشها أو كسرها إذا ما تعرضت للصدمات، وبالتالي فانها بحاجة الى عناية واهتمام أكبر بها أثناء مرحلة التركيب وما بعدها.

مثال

يراد تركيب مشع ألمنيوم لصالون يحتوي على نافذة طويلة ارتفاع حافة الرخامة السفلية لها عن سطح البلاط هو ٧٠ سم. إذا علمت أن الحمل الحراري المطلوب للصالون هو ٣٠٠٠ كيلوسعر/ساعة عند فرق درجات حرارة مقدارها ٥٥ °م. حدد قياس المشع المناسب وعدد مقاطعه، إذا علم أن المكان الوحيد المتاح لتركيبه داخل الصالون هو تحت الشباك فقط.

الحل: معامل الضرب عند فرق درجة حرارة ٥٥ سْ = ٠,٨٩

الحمل الحراري المطلوب= ٣٠٠٠ ÷ ٠,٨٩ = ٣٣٧١ كيلو سعر/ساعة.

بما أن الارتفاع الرأسي المتاح تحت النافذة هو ٧٠سم، يمكن تركيب مشع ألمنيوم ذو الارتفاع الكلي ٥٨سم (٥٠سم من المركز إلى المركز) وبالرجوع إلى الجدول(٤-٤)، نجد أن الحمل الحراري لمقطع الألمنيوم ذو القياس ٥٨سم هو ١٤٤كيلو سعر/ساعة وبهذا يكون عدد المقاطع المطلوبة للصالة

= ٣٣٧١/ ١٤٤ = ٢٣,٤ أي ٢٤ مقطعا.

رابعاً: مشعات المسطحات (Panels Radiators)

تصنع هذه المشعات من صفائح الصاج، حيث تجمّع لتشكل لوحا مسطحا غير قابل للفك، كما الشكل (٤-١٠). ومن هنا يلاحظ في هذه المشعات تموجات رأسية وذلك لتقويتها. وتتوفر هذه المشعات بأبعاد وأشكال مختلفة لتناسب الأحمال الحرارية اللازمة.

شكل(٤-١٠): مشع صاج من النوع المسطح

خامساً: المشعات المروحية ذات الملفات (Fan Coil Units)

تتميز هذه المشعات باحتوائها على عنصر جديد وهو المروحة، حيث تقوم المروحة بسحب هواء الغرفة عبر ملفات نحاسية موجودة داخل المشع ودفعه وتوزيعه داخل الغرفة، وهذا يزيد من انتقال الحرارة بواسطة الحمل (الجبري)، لذلك يسمى هذا النوع من المشعات بمشعات الحمل الحراري (Convectors) أو (Fan Coil Units).

تقوم هذه المشعات بتسخين الهواء المحيط بها وذلك بتمرير الماء الساخن أو البخار فيها عن طريق المراجل، كما ويمكن أن تستخدم لغاية تبريد الهواء في الصيف وذلك بتمرير مياه باردة عن طريق أجهزة تبريد مركزية (Chillers)، لهذا أصبح هذا النوع من المشعات يسمى (وحدات تكييف مروحية) لأنها تعمل كجهاز تدفئة في فصل الشتاء وجهاز تبريد في فصل الصيف.

وتختلف كمية الحرارة المنبعثة من هذه المشعات باختلاف أقطار ملفات المواسير النحاسية وأطوالها وأشكال تجميعها وكذلك مصادر تسخينها.

من الجدير بالذكر، أن العديد من الشركات المصنعة لهذا النوع من المشعات تقوم بانتاج مشعات ذات قدرات حرارية متفاوتة واشكال مختلفة، فمنها الذي يركب على الحائط، ومنها الذي يركب على الأرض، ومنها المركزي الذي يعلق في الأسقف، كما هو مبين في الشكل (٤-١١).

بقي أن نقول أن عملية تشغيل هذه المشعات تتم عن طريق جهاز تحكم عن بعد (Remote control) أو منظم درجة حرارة الغرفة (Room thermostat)، يمكن من خلالها التحكم بدرجة حرارة الغرفة، سرعة المروحة، الإيقاف والتشغيل، تحويل (تبريد-تدفئة أو العكس) وغيرها من المزايا الأخرى.

شكل(٤-١١أ): مشع مروحي من النوع المعلق على الحائط

شكل(٤-١١ب): مشع مروحي من النوع المركزي

سادساً: مشعات التدفئة بالكهرباء

وتعمل هذه المشعات على رفع درجة حرارة وسيط التسخين الموجود بداخلها والذي عادة ما يكون أحد الغازات مثل الميثان، أو الزيت المعدني، كما في الشكل (٤-١٢)، وذلك بواسطة مسخن كهربائي تختلف قدرته تبعاً لاختلاف حمله الكهربائي.

وتتميز مشعات الكهرباء بسهولة صيانتها، كونها لا تحتاج لتكاليف تأسيسية، حيث أنها ليست بحاجة إلى مراجل ومضخات لتوليد المياه الساخنة ونقلها إليها بواسطة أنابيب المغذي والراجع. ومن عيوبها الارتفاع في التكاليف التشغيلية.

ويبين الجدول (٤-٥) نشرة فنية لأحد أنواع مشعات الكهرباء التي تعمل باستخدام وسيط التسخين (الغاز).

شكل(٤-١٢): مشع كهربائي يعمل بالزيت

الموديل	4000	2500	2000VT	2000	
الإرتفاع	670	650	650	650	B mm
العمق	205	185	185	185	C mm
العرض	635	575	575	575	A mm
القدرة الكهربائية	50	50	30	—	W
الفولتية الفنية	220 - 240/50			—	V Hz
الحمل الحراري	4650	2615	2500	2560	W
قطر فتحة الدخان	4000	2250	2400	2200	Kcal/h
قطر فتحة الإخراج	55		115		mm

جدول(٤-٥): نشرة فنية لأحد الشركات الصانعة لمشعات كهربائية تعمل على الغاز

سابعاً: مشعات خاصة (ستانلس، كروم،زجاج شفاف)

وتقوم بعض الشركات الرائدة في تصنيع موديلات أخرى نادرة من المشعات، منها ما يكون مصنوعاً من الستانليس ستيل أو الكروم أو الزجاج الشفاف وذلك بمقاسات وأشكال مختلفة، حيث تكون هذه الأنواع باهظة الثمن كون أن هذه المشعات تشكل تحفة ديكورية فخمة في المكان الذي تركب فيه. ويبين الشكل (٤-١٣) أشكالا وموديلات مختلفة من هذه الأنواع.

ونظراً لارتفاع أثمان المشعات، ولتوفير الحيز الذي يتم فيه تركيب المشع لغرض ترتيب الديكور الداخلي، يعمد البعض الى استخدام نظام التدفئة تحت البلاط، وسنتطرق للحديث عن هذا النظام في باب شبكات التدفئة بالمياه الساخنة.

ملحقات المشعات

ولاتمام تركيب المشعات، لا بد من توفر الملحقات التالية :

١ **الصمامات (Valves)** : يركب عادة نوعين من الصمامات على الخط المغذي والراجع من المشعات .

الأول صمام يدوي، شكل (٤-١٤)، يركب على الخط الدافع للتحكم به عند الحاجة، أما الثاني فيسمى صمام التنظيم أو المعايرة (Regulating Valve)، شكل (٤-١٥)، يتم من خلاله التحكم بكمية المياه المارة من المشع وذلك تبعاً للحمل الحراري المطلوب للحيز الموجود فيه، وتتم معايرة هذا الصمام (صمام الراجع) عند التشغيل الأولي لشبكة التدفئة .

من جهة أخرى، يمكن استخدام صمام حراري (Thermostatic Valve) ، يتم تركيبه على الخط المغذي بهدف التحكم بكمية المياه المارة إلى المشع عن طريق منظم درجة حرارة الغرفة (الحيز)، شكل (٤-١٦)، وبهذا يمكن التحكم بدرجة حرارة كل غرفة بشكل مستقل وحسب الرغبة .

شكل(٤-١٤): صمام يدوي يركب على الخط الدافع

شكل(٤-١٥): صمام معايرة يركب على الخط الراجع

شكل(٤-١٦): صمام حراري

٢ **النقاصات** (Reducers): تركب النقاصات على فتحات المغذي والراجع للمشعات، حيث يلزم لكل مشع ثلاث قطع من النقاصات: نقاصتين (الأولى سن يمين والثانية سن شمال) يتم توصيلهما مع نبوله المحابس. أما النقاصة الثالثة، فتركب عليها الهواية على أحد الأطراف العلوية من المشع. (شكل ٤-١٧).

شكل(٤-١٧): نقاصات المشعات

٣ **الهوايات** (Air Vents): يركب عادة هواية على أحد الأطراف العلويه من المشع، ووظيفة الهواية هو طرد الهواء المتواجد داخل المشع لأن وجود الهواء داخل المشع يعرقل جريان الماء فيه، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل الحمل الحراري المنبعث إلى الغرفة. ويتم تفريغ الهواء يدوياً عن طريق هواية مركبة على فتحة قياس ٨/١ إنش، شكل (٤-١٨). ويراعى اثناء تركيب المشع إمالته قليلاً باتجاه الهواية.

شكل(٤-١٨): هواية مركبة على الطرف العلوي لمشع

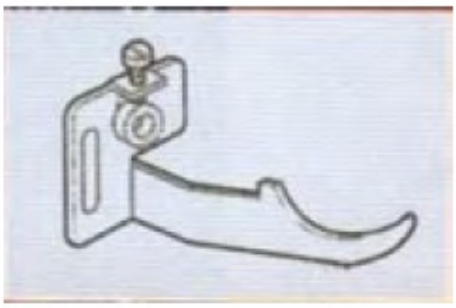
٤ **السدّات** (Plugs): تركب السدّات عادة على نهايات فتحات المشع غير المستخدمة شكل (٤-١٩).

شكل(٤-١٩): سدة مشع

٥ **الحمالات** (Brackets): تستعمل الحمالات لتثبيت المشع على الحائط أو على الأرض، وهناك أنواع مختلفة من الحمالات من حيث الأشكال والمقاسات، فمنها العادية، كما في الشكل (٤-٢٠أ)، ومنها النوع الذي يكون مع براغي معايرة لاستواء المشع باستخدام ميزان الماء، شكل (٤-٢٠ب).

هذا ويراعى استخدام حمالتين على الأقل لكل مشع(يعتمد على عدد المقاطع أو طول المشع)، وعند تثبيت الحمالات يجب ابقاء مسافة ٣سم بين المشع والحائط بهدف السماح للهواء المحيط للدوران من حوله.

شكل(٤-٢٠أ): حمالة مشع عادية



شكل(٤-٢٠ب): حمالة مشع مع براغي معايرة

٦ **نبولة الجمع** (Joining Nipples): تستخدم نبولة الجمع ، شكل (٤-٢١)، لتوصيل مقاطع المشعات مع بعضها وذلك بحسب عدد المقاطع المطلوبة لكل حيز (غرفة)، حيث تكون هذه النبولة مسننة من الجهتين بإتجاهين متعاكسين (يمن وشمال)، وتتم عملية الجمع بواسطة مفتاح خاص حيث يبين الشكل (٤-٢٢) طقم جمع لمقاطع مشعات .

شكل(٤-٢١): نبل جمع

شكل(٤-٢٢): طقم جمع مقاطع المشعات

٧ **موانع التسرب** (Gaskets):

تستخدم موانع التسرب لمنع تسرب المياه من المشعات، شكل (٤-٢٣)، وذلك في أماكن تركيب القطع انفة الذكر ، وهناك نوعين من موانع التسرب :

أ- خارجية: يتم تركيبها قبل السدّات والنقاصات .

ب-داخلية: تستخدم في أماكن تجميع المقاطع مع بعضها بواسطة نبولة الجمع .

شكل(٤-٢٣): موانع تسرب

٨ **الشمسات**: وهي عبارة عن حلقات دائرية بلاستيكية أو معدنية مفرغة من الوسط ، شكل (٤-٢٤)، تستخدم لتغطية الفتحات حول مخارج نبولة الكروم الخارجة من الحائط لخطي الدافع والراجع للمشع، وبالتالي فان الشمسات تستخدم لغاية جمالية أكثر منها وظيفية .

شكل(٤-٢٤): شمسة مشع

شروط خاصة في التركيب والتشغيل

اعتبارات هامة في التركيب ينبغي أخذ الأمور الفنية الآتية بعين الاعتبار في التركيب :

١ يجب الحفاظ على مسافة ٣سم بين المشع والجدار من خلفه .

٢ يجب الحفاظ على مسافة ٨سم كحد أدنى بين حافة المشع السفلى وسطح البلاط .

٣ في حال تركيب المشع داخل تجويف في الجدار ، يجب أن يكون الحد الأدنى للمسافة الرأسية فوق المشع ١٠سم .

٤ التأكيد على ضرورة تركيب هواية على المشع .

٥ مراعاة توفير ميلان بسيط جداً باتجاه هواية المشع لتيسير طرد الهواء من داخل المشع .

اعتبارات هامة لضمان فعالية أفضل للتدفئة:

ولضمان فعالية التدفئة بواسطة المشعات بدرجة أكبر ، ينبغي اتباع النصائح الآتية :

١ ينصح بإضافة محاليل أو مواد كيميائية مساعدة لماء التسخين من أجل معالجة المياه، إذ أن إضافة هذه المواد تحمي المشع من التآكل والصدأ . بمعنى آخر ، يمكن استخدام جهاز التخلص من الأملاح الموجودة في المياه (Water Softener) وهي أملاح الكالسيوم والصوديوم، لأن وجودها في الماء الساخن يؤدي إلى تكوين طبقة كلسية في شبكة الأنابيب والمشعات التي بدورها تحد من انتقال الحرارة المنبعثة إلى المحيط المراد تدفئته ، كما أنها تقلل من العمر الافتراضي لجميع مركبات شبكة التدفئة بما فيها المشعات .

٢ ينصح بعدم استخدام مواد أو محاليل كيميائية كاوية لتنظيف أسطح المشعات ، بل يمكن تنظيفها باستعمال علب رش (Spray) من مواد خاصة حسب تعليمات الشركة الصانعة .

٣ ينصح أن تكون درجة حموضة الماء (PH) المستخدم في التدفئة بين ٧ – ٨ .

نظام التدفئة بالماء الساخن وملحقاته

عرفت سابقا، أن نظام التدفئة بالماء الساخن يستخدم الماء كوسيط لنقل الحرارة من المرجل إلى المشعات والمبادلات الحرارية عبر خط المزود، ثم يعود الماء بعد فقد جزء من حرارته إلى المرجل عبر خط الراجع لمعاودة تسخينه .

الأهداف

يتوقع منك عزيزي الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن :

١ تتعرف على مكونات نظام التدفئة بالماء الساخن .

٢ تميز أنظمة التدفئة بالماء الساخن (المغلقة والمفتوحة) .

٣ تتعرف على طرق تمديد شبكات التدفئة بالماء الساخن

٤ تفهم وظيفة كل من ملحقات نظام التدفئة بالماء الساخن .

مكونات نظام التدفئة بالماء الساخن

يتكون نظام التدفئة بالماء الساخن من العناصر التالية :

١ **المرجل** (Boiler).

٢ **الحارقة** (Burner).

٣ **شبكة الأنابيب وملحقاتها** (Pipes Networks and Accessories).

٤ **مضخات التدوير** (Circulating Pumps).

٥ **المبادلات الحرارية (المشعات)** (Heat Exchangers).

٦ **خزان التمدد** (Expansion Tank).

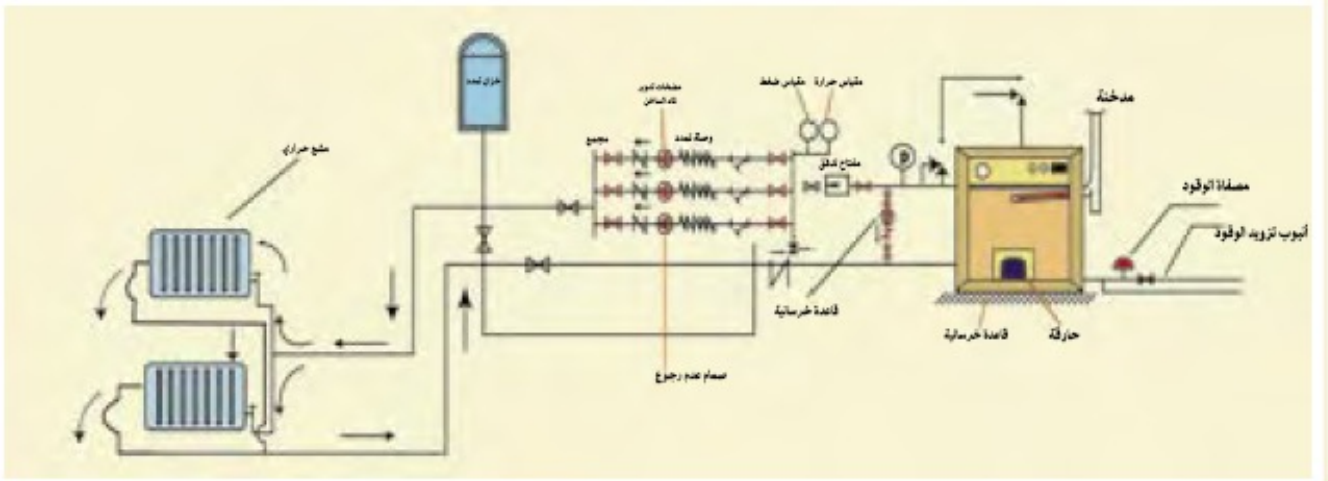
٧ **المجمعات** (Collectors).

٨ **أجهزة التحكم** (Control Devices).

٩ **المدخنة** (Chimney).

١٠ **خزان الوقود** (Fuel Tank).

ويوضح الشكل(٥-١) مخطط نظام للتدفئة بالماء الساخن وبعض عناصره.



الشكل (٥-١) : مخطط نظام تدفئة بالماء الساخن

مبدأ عمل نظام التدفئة بالماء الساخن:

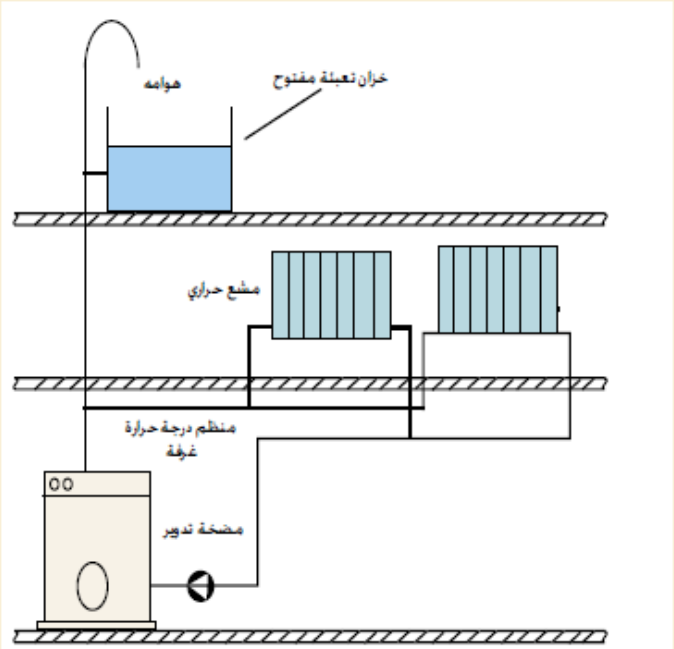
بعد تركيب عناصر التدفئة بالماء الساخن، تملأ الشبكة بالماء من خلال أنبوب ينتهي بصمام عدم رجوع (Check Valve)، وبعد تشغيل مضخة التدوير والتأكد من عملها يتم تشغيل الحارقة التي تقوم برفع درجة حرارة المياه إلى الدرجة المعير عليها منظم درجة حرارة المرجل حيث يقوم المنظم بفصل التيار الكهربائي عن الحارقة مع إستمرار عمل المضخة في تدوير المياه بين المرجل والمشعات أو المبادلات الحرارية. وتعود الحارقة للعمل من جديد بعد إنخفاض درجة حرارة الماء بما يقارب (٥°م) عن الدرجة المعير عليها.

أنواع أنظمة التدفئة بالماء الساخن :

تصنف أنظمة التدفئة بالماء الساخن إلى نوعين :

أ- نظام التدفئة المفتوح (Open Heating System)

يتم تسخين الماء في هذا النظام في مراجل تعمل بالضغط الجوي الإعتيادي إلى درجة حرارة لا تتجاوز(٩٠م°) ولهذا سمي هذا النظام بنظام التدفئة المفتوح أي أن شبكة التدفئة متصلة مع الجو الخارجي من خلال خزان التمدد المفتوح وأنابيب تهوية النظام . كما في الشكل (٥-٢) شبكة تمثل هذا النظام.



شكل(٥-٢): نظام التدفئة المفتوح

ب- نظام التدفئة المغلق (Closed Heating System)

تكون شبكة التدفئة في هذا النظام مغلقة دون أي إتصال بالجو الخارجي، حيث يمكن تسخين المياه في هذا النظام إلى درجة حرارة تزيد عن (١٠٠°م). ويستبدل خزان التمدد المفتوح في النظام السابق بخزان تمدد مغلق يتناسب حجمه مع حجم الماء في شبكة التدفئة وجميع عناصرها، ويتم التخلص من الهواء داخل الشبكة بواسطة نفاسات أوتوماتيكية (Automatic Vent) .

أنظمة تدوير الماء الساخن في شبكة التدفئة:

هناك نظامان لتدوير الماء الساخن داخل شبكة التدفئة، هما :

١ نظام الجاذبية(Gravity System):

يعتمد تدوير الماء الساخن في هذا النظام على الجاذبية دون تركيب مضخات . فعندما يسخن الماء في المرجل يزداد حجمه فيرتفع إلى أعلى في انبوب المغذي تاركاً المجال للماء الأبرد بالهبوط نحو المرجل من خلال الانبوب الراجع ونتيجةً لفرق الكثافة يتولد مايسمى بضغط الدوران .

وقد إنحسر إستخدام هذا النظام في أيامنا هذه نظراً لتوفر المضخات بكافة أنواعها .

٢ **النظام الجبري** (Forced system) :

يعمل هذا النظام بواسطة مضخات تدوير الماء الساخن خلال الشبكة، ويعد هذا النظام الأكثر إنتشاراً وذلك للميزات التالية :

أ . استخدام أنابيب ذات أقطار أصغر نسبياً مما هو في نظام الجاذبية .

ب . إمكانية الحصول على التدفئة المطلوبة بسرعة اكبر .

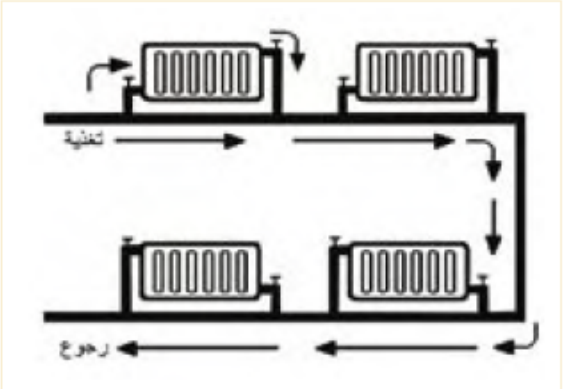
جـ . سهولة التحكم في تمديد شبكة التدفئة بما يتناسب مع طبيعة البناء .

طرق تمديد شبكات التدفئة بالماء الساخن:

تركب شبكات التدفئة بطريقتين هما :

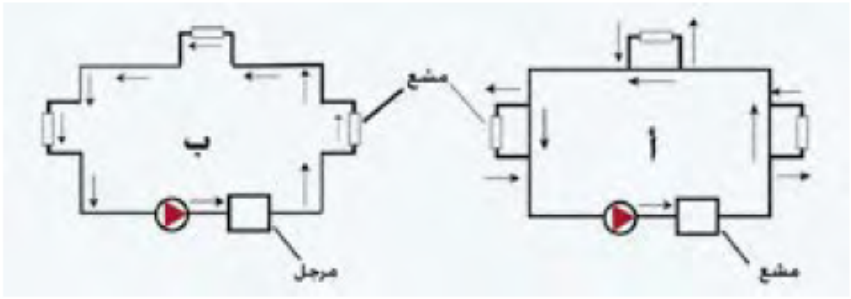
أولا:- نظام الخط الواحد (One Pipe System)

في هذا النظام تغذى المشعات الحرارية بخط أنابيب واحد على التوالي، كما في الشكل (٥-٣) . حيث يدخل الماء الساخن إلى المشع من خط التغذية ويخرج ليتصل مع نفس الخط الذي يغذي المشعات الاخرى، والماء إلى المرجل بنفس الخط .



الشكل (٥-٣): نظام الخط الواحد

يمكن تنفيذ هذا النظام على شكلين، الممر الجانبي كما في الرسم التوضيحي في شكل (٥-٤-أ)، والحلقي كما في شكل (٥-٤-ب).



الشكل (٥-٤): أشكال التمديد بنظام الخط الواحد

سؤال:

أي أنماط التمديد في شكل (٥-٤) تعطي تدفئة بكفائة أفضل؟ ولماذا؟

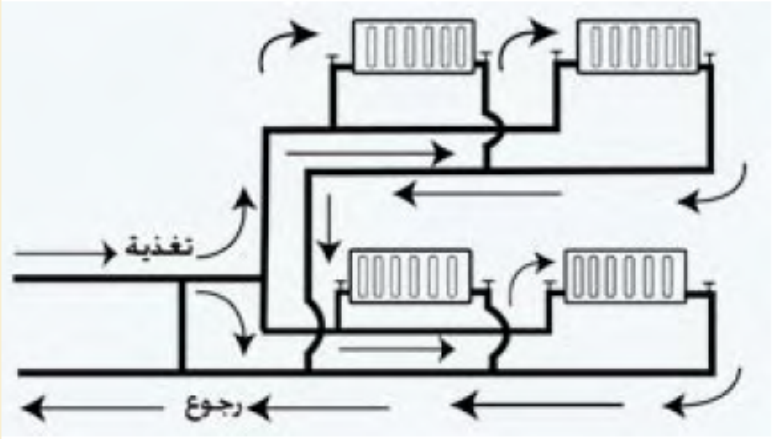
وفي هذا الظام تكون درجة حرارة الداخل إلى الشمع الأول مرتفعة، ثم تتناقص تدريجياً حتى تصل إلى المشع الأخير بدرجة حرارة متدنية.

ويمتاز هذا النظام بقلة تكاليفه أما عيوبه فتتمثل في الأمور التالية:

١. قلة كفاءة المشعات الحرارية البعيدة عن المرجل.
٢. تعطل جميع أجزاء الشبكة في حالة فصل أي جزء منها.
٣. الحاجة إلى إستخدام مضخة تدوير بقدرة كبيرة للتغلب على هبوط الضغط الناتج عن مروره في جميع المشعات.

ثانيا:- نظام الخطين (Two Pipes System)

تتغذى جميع المشعات من خط مزود وتعود الخطوط الراجعه من المشعات عبر خط الراجع الرئيسي إلى المرجل كما في الشكل (٥-٥).



الشكل (٥-٥): التمديد بنظام الخطين

والجدير بالذكر أن هذا النظام هو النظام المتبع في تركيب شبكات التدفئة للميزات التالية :

١ كفاءته عالية .

٢ إمكانية فصل أي جزء من الشبكة دون أن يتأثر عمل باقي الأجزاء .

٣ تجانس درجة حرارة الماء الساخن في جميع المشعات .

كما يطلق على هذا النظام نظام التدفئة بالراجع المباشر ، حيث أن مياه المشع الأول تعود إلى المرجل قبل غيرها من المشعات على خلاف الراجع غير المباشر الذي تعود فيه مياه الراجع من المشع الأول في نهاية الدورة بينما تعود مياه الراجع من المشع الأخير في البداية .

ملحقات نظام التدفئة بالماء الساخن

تنتقل المياه الساخنة من المرجل إلى المشعات الحرارية عبر شبكة من الأنابيب الفولاذية المصنوعة من الحديد الأسود (SCH40) أو أنابيب اللدائن التي تتحمل درجات حرارة وضغوط عالية . كما أن لنظام التدفئة ملحقات هامه تكمل عمله ، ومنها :

١ **الصمامات** : تتمثل هذه الصمامات في :

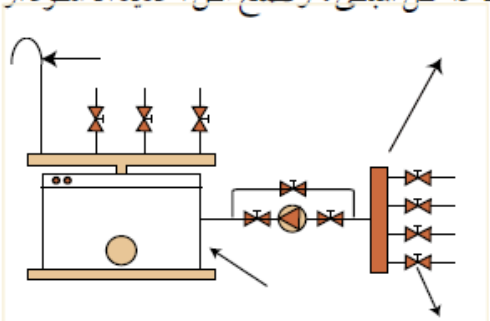
أ- **صمامات القطع** : وتركب على الخطوط الرئيسية والفرعية لشبكة أنابيب التدفئة ، وقبل وبعد مضخات تدوير الماء الساخن .

ب- **صمام الأمان** : ويركب على خط خروج الماء الساخن من المرجل .

جـ- **صمامات عدم الرجوع** : وتركب على إنبوب مياه التعويض للشبكة وكذلك بعد مضخة التدوير .

د- **الهوايات** : ويتم تركيبها على أعلى نقاط في الشبكة وعلى المجمعات .

٢ **المجمعات** : تستخدم المجمعات لتوزيع خطوط تدفئة داخل المبنى ، وتصنع من الحديد الأسود أو النحاس ، وتصنف حسب الوظيفة إلى :



الشكل (٥-٦) : شبكة تبريد مجمعات الم جل

أ- المجمعات الرئيسية : يركب على مرجل التدفئة مجمعاً علي فتحة المزود ومجمعاً آخراً على فتحة الراجع والغرض من المجمعات إيصال الماء الساخن لكل مناطق المبنى .

كما يركب على هذه المجمعات مقياس لضغط ما الشبكة وآخر لقياس درجة حرارة ماء الشبكة . ويبين الشكل (٥-٦) هذه المجمعات .

ب- **المجمعات الفرعية** : تغذى هذه المجمعات من أنبوب يتفرع عن المجمع الرئيسي والغاية منها توزيع المياه الساخنة إلى مشعات المنطقة الفرعية . وتشابه هذه المجمعات تلك المستخدمة في توزيع المياه الباردة والساخنة إلى القطع الصحية ، كما مر معك في الصف الحادي عشر . إذ تكون هذه المجمعات مصنوعة من النحاس غالبا ويتم وضعها داخل المبنى ، حيث يلزم مجمع مزود ومجمع راجع يتم تركيبها داخل خزانة خشبية أو معدنية . وتحتوي هذه المجمعات على فتحات يتم توصيل أنابيب البكس عليها من وإلى المشعات الموزعة داخل المنطقة المراد تدفئتها .

٣ **وصلة التمدد**(Expansion Joint) تستخدم وصلات التمدد لحماية الأنابيب من الكسر بسبب التمدد والتقلص الناتج عن تغير درجات الحرارة داخل الشبكة . كما يبين الشكل (٥-٨).

٤ **مصفاة الشوائب (Strainer)** : يصنع جسم مصفاة الشوائب من النحاس، أنظر الشكل (٥-٩)، حيث يدخل الماء للمصفاة ليصطدم بمصفاة معدنية باتجاه السهم تعلق بها الشوائب والأوساخ وتتجمع في تفريعة جانبية مغلقة بصامولة تفتح لتنظيف المصفاة. والغاية من تركيبها تصفية المياه من الشوائب بواسطة شبك منخلي في داخلها حيث تزال الشوائب دورياً وتركب هذه المصافي بإتجاه واحد حسب الإشارة المبينة على جسم المصفاة.

الشكل(٥-٨): وصلة التمدد

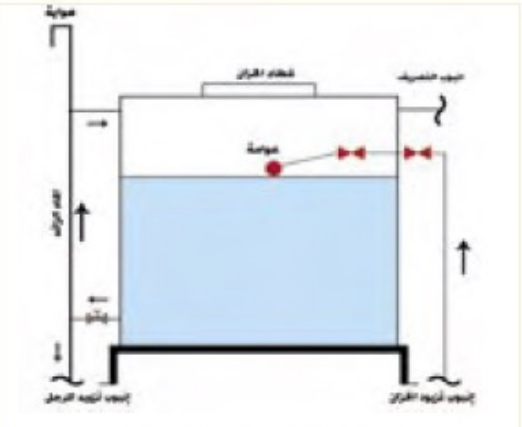
الشكل (٥-٩): مصفاة شوائب

٥ **خزان التمدد (Expansion Tank)**: من المعروف أن حجم الماء يزداد بنسبة ما يقارب ٤٪ إذا إرتفعت درجة حرارته من (٤-١٠٠) °م، وعليه يلزم تركيب خزان خاص في شبكة التدفئة لإستيعاب هذه الزيادة ثم إعادتها إلى الشبكة مرة أخرى عند إنخفاض درجة حرارة الماء في الشبكة، وبهذا نحقق هدفين: -

١. حماية عناصر الشبكة من التشقق أو الإنفجار.
٢. إحتواء حجم الماء المتمدد في كل مرة يسخن فيها الماء، ويتوفر خزان التمدد على نوعين :

أ. خزان التمدد المفتوح (Open Expansion Tank):

وهو خزان ماء عادي يحتوي على عوامة نحاسية، لإبقاء منسوب المياه ثابتا فيه، و تثبت في منتصف الخزان. في هذا الخزان فتحة سفلية تكون موصولة بالخط الراجع للمرجل. ففي حالة إنخفاض حجم مياه الشبكة، يقوم خزان التمدد المفتوح بتعويض النقص الحاصل في المياه ، وإذا زاد حجم ماء الشبكة يقوم الخزان باستيعاب الكمية الفائضة من مياه الشبكة. أنظر الشكل (٥-١٠).

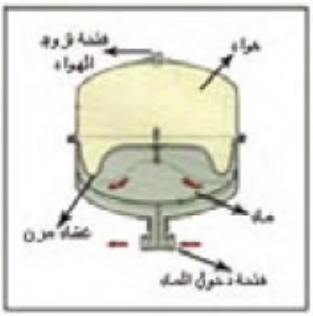


الشكل (٥-١٠): خزان التمدد المفتوح

ب. خزان التمدد المغلق (Closed Expansion Tank) :

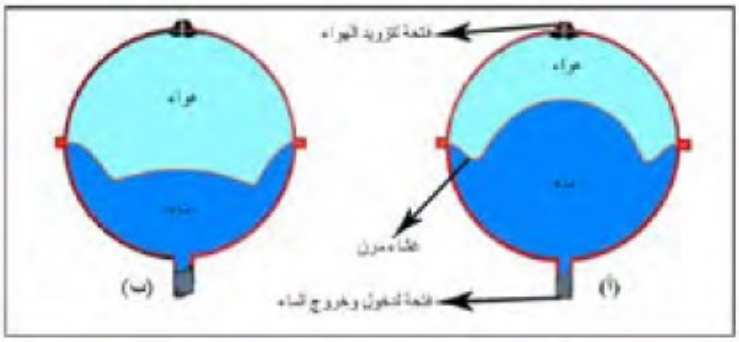
الشكل (٥-١١): خزان التمدد المغلق

خزان ذو جسم معدني كروي أو إسطواني لاحظ الشكل (٥-١١)، ويحتوي على غشاء مطاطي سميك يفصل بين جزء الخزان المتصل بماء الشبكة والجزء الذي يحتوي على الهواء المضغوط (بقيمة ٥ , ١ بار)، ويبين الشكل (٥-١٢) مقطعا عرضيا لخزان تمدد مغلق .



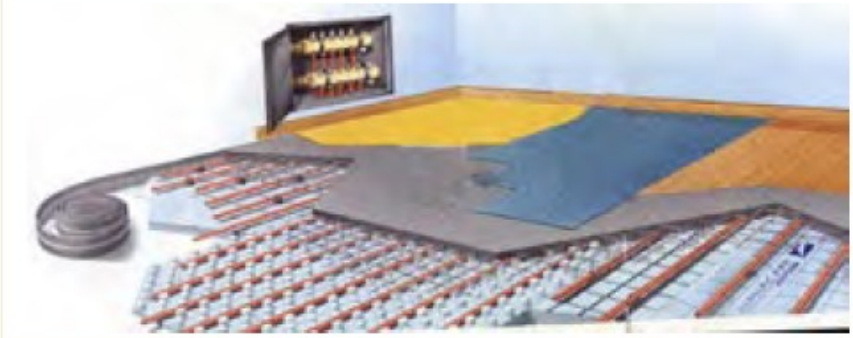
الشكل (٥-١٢): مقطع عرضي لخزان تمدد مغلق

ووظيفة هذا الخزان هو إستيعاب الزيادة في حجم المياه الزائدة حيث يتحول الهواء إلى مخدة هوائية في الخزان ويعود إلى وضعه الطبيعي تدريجيا عند إنخفاض درجة حرارة ماء الشبكة . ويبين الشكل (٥-١٢-أ-ب) آلية عمل خزان التمدد المغلق . ويركب خزان التمدد على شبكة أنابيب التدفئة ويفضل على الخط الراجع .



الشكل (٥-١٢): آلية عمل خزان التمدد المغلق

نظام التدفئة تحت البلاط (Under floor Heating system):



الشكل (٥-١٣): نظام تدفئة تحت البلاط

يشكل نظام التدفئة تحت البلاط نظاما اخرا من أنظمة التدفئة بالماء الساخن، فبدلا من إستخدام المشعات التقليدية نستخدم شبكة أنابيب ذات مواصفات عالية تمدد تحت البلاط، ويراعى وضع مواد عزل حراري (البوليسترين) ورقائق عاكسة من الألمنيوم لمنع تسرب الحرارة للأسفل.

تنتقل الحرارة من هذه الشبكة للبلاط الذي ينقلها بدوره إلى هواء الحيز.

قبل توزيع أنابيب شبكة التدفئة بالبلاط يجب القيام بالأمور التالية:

١ وضع طبقة من الرمل.

٢ وضع الواح العزل الحراري.

٣ وضع العاكس الحراري (Aluminum Foil)، وتغطيته بالبلاستيك الشفاف (نايلون).

٤ تثبيت المرابط وتوزيع الأنابيب.

٥ وضع طبقة من الباطون.

ويوضح الشكل (١٧) مقطعا عرضيا يبين المكونات الرئيسية لشبكة تدفئة تحت البلاط.

ويتم التحكم بدرجة حرارة كل حيز في هذا النظام بشكل مستقل، وذلك بتركيب صمام خاص على خطوط التوزيع من مجمع التدفئة.

&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&

م.نادر دريدي

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

****

الوحدة السابعة

العزل الحراري في المباني

شهد قطاع البناء تطوراً هائلا في مجال مواد البناء ومنها الخرسانة المسلحة التي تتميز بسهولة العمل بها وقدرة تحملها العالية . ولكن صاحب تلك المواد بعض السلبيات المرتبطة بخصائصها ، فالخرسانة المسلحة لها خاصية التوصيل السريع للحرارة . وكذلك سرعة الفقدان لها ، مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية أو أجهزة تكييف غير مريح للإنسان ، على العكس في حالة استخدام مواد البناء التقليدية (الطين والحجر) التي لها خاصية عالية في تخزين الطاقة الحرارية من البيئة المحيطة وتباطؤ كبير في معدل توصيلها وذلك مقارنة بالتقنيات المعاصرة وغير المعزولة حرارياً .

ونظراً لما يسود بلادنا من مناخ قاري حيث تتفاوت فيه درجات الحرارة بشكل كبير ، مما يؤثر على عناصر المبنى وعلى درجات الحرارة داخل وخارج المبنى ، مما يؤدي إلى الاستعانة بالأجهزة الميكانيكية لتهيئ درجة الحرارة المناسبة داخل المباني ، لذا فإن عدم عزل المباني جيداً يؤدي إلى ارتفاع في معدل تشغيل الأجهزة الميكانيكية مما يؤدي إلى زيادة الأعباء المادية على المواطن . وعليه برزت أهمية إعداد دراسة عن العزل الحراري للمباني لما في ذلك من آثار إيجابية على تقليل عدد ساعات تشغيل أجهزة التكييف ، وبالتالي تقليل الاستهلاك في الطاقة الكهربائية .

**** تعريف العزل الحراري :**

العزل الحراري :هو استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة بحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءً .

ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي من المفروض ازاحتها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة إلى ثلاثة أنواع هي :

- الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف .

- الحرارة التي تخترق النوافذ .

- الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية .

وتقدر الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 70– 60% من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف .

وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية .وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بنسبة حوالي66% من كامل الطاقة الكهربائية . ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف ، وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف لتحقيق المسكن الوظيفي الملائم وتقليل التكلفة.

**** مزايا استخدام العزل الحراري : (اهمية العزل الحراري)**

1- الترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية ، حيث أثبتت التجارب العلمية أن تطبيق استخدام العزل الحراري في المباني السكنية والمنشآت الحكومية والتجارية والصناعية يقلل من الطاقة الكهربائية بمعدلات تصل إلى نسبة 40% .

2- احتفاظ المبنى بدرجة الحرارة المناسبة لمدة طويلة دون الحاجة إلى تشغيل أجهزة التكييف لفترات زمنية طويلة .

3- يؤدي إلى استخدام أجهزة تكييف ذات قدرات صغيرة ، وبالتالي تقل تكاليف استهلاك الطاقة والأجهزة المستخدمة .

4- رفع مستوى الراحة لمستخدمي المبنى .

5- يقلل من استخدام أجهزة التكييف مما يقلل من التأثير الصحي والنفسي على الإنسان بسبب الضوضاء الناتجة عن التشغيل لتلك الأجهزة .

6- يعمل العزل الحراري على حماية وسلامة المبنى من تغيرات الطقس والتقلبات الجوية حيث إن فرق درجات الحرارة الناتجة عن ارتفاع الحرارة بسبب أشعة الشمس نهاراً ، وانخفاض درجة الحرارة ليلاً ، وتكرار حدوث ذلك يؤدي إلى إحداث اجهادات حرارية تجعل طبقة السطح الخارجي لأجزاء المبنى تفقد خواصها الطبيعية والميكانيكية ، ويحدث تشققات بها ، وتسبب تصدعات وشروخ في هيكل المبنى.

7- يؤدي إلى تقليل سماكة الحوائط والأسقف اللازمة لتخفيض انتقال الحرارة لداخل المبنى .

8- توفير العبء على محطات انتاج الطاقة وشبكات التوزيع.

**** خصائص مواد العزل الحراري :**

إن اختيار مادة عازلة معنية يستلزم معرفة خصائصها الحرارية وخصائصها الأخرى كامتصاص الماء وقابليتها للاحتراق وصلابتها الخ .

1- الخصائص الحرارية :

هي قدرة المادة على العزل الحراري ، ويتم قياس هذه القدرة عادة بمعامل التوصيل الحراري ، فكلما قل معامل التوصيل الحراري دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لنقل الحرارة والعكس صحيح . من ذلك يتضح أن المقاومة الحرارية تتناسب عكسياً مع معامل التوصيل الحراري .

ويتم انتقال الحرارة خلال المادة العازلة عادة بواسطة جميع وسائل الانتقال المعروفة وهي (التوصيل – الحمل – الاشعاع) . ويلاحظ أن المواد العاكسة تعتبر مواداً فعالة في العزل الحراري لقدرتها العالية على رد الإشعاعات والموجات الحرارية بشرط أن تقابل فراغاً هوائياً . وتزداد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقلها، وغالباً ما تكون المادة العازلة متكاملة مع الجدران والأسقف ، ولمعرفة المقاومة الكلية للانتقال الحراري لا بد من جمع المقاومات المختلفة لطبقات الحائط أو السقف بما فيها مقاومة الطبقة الهوائية الملاصقة للأسطح الداخلية أو الخارجية .

وإضافة لما ذكر من خواص حرارية فإن هناك خواص أخرى, آلحرارة النوعية والسعة الحرارية ومعامل التمدد والانتشار والتي يلزم معرفتها لكل مادة عازلة .

2 ***- ا لخصائص الميكانيكية*** .

بعض المواد العازلة تتميز بمتانة وقدرة عالية على التحمل ، ولهذا فيمكن أحياناً استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل المبنى ،

وذلك إضافة لهدفها الأساسي وهو العزل الحراري . لذا يؤخذ في الاعتبار قوة تحمل الضغط والشد والقص.

3 - خصائص الامتصاص :

ن وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة ،

أي يقلل المقاومة الحرارية ,كما أنه قد يساهم في إتلاف المادة بصورة سريعة . وتأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خواص تلك المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذية ، كما يعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة .

4 - الخصائص الأمنية والصحية :

يكون لبعض المواد العازلة خواص معينة منها ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين ، أو أثناء النقل أو التركيب ، أو خلال فترة الاستعمال ، فقد تتسبب في إحداث عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد والعينين ، مما يستوجب معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة ، كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي وغيرها من الصفات.

5 - الخصائص الصوتية :

بعض المواد العازلة للحرارة قد تستخدم لتحقيق المتطلبات الصوتية مثل امتصاص الصوت أو تشتيته وامتصاص الاهتزازات . لذا فإن معرفة الخواص المرتبطة بهذا الجانب قد يحقق هدفين بوسيلة واحدة نتيجة لاستخدام تلك المواد ، وهما العزل الحراري والعزل الصوتي .

إضافة إلى ما سبق من خواص فإن هناك خواص أخرى قد تكون ضرورية عند اختيار المادة العازلة المناسبة كمعرفة الكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وإمكانية الاستعمال لمرات عديدة ، وسهولة الاستعمال ، وانتظام الأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائية والمقاسات المتوفرة ، بالإضافة للعامل الاقتصادي الذي يلعب دوراً هاماً في استخدام أو عدم استخدام تلك المواد العازلة إذ إن سعر المادة العازلة كبيرعند الاختيار .

**** اختيار مواد العزل الحراري المناسبة :**

إن من أهم العوامل التي تؤثر على اختيار مواد العزل الحراري المناسبة ما يلي :

1- أن تكون المادة العازلة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض .
2- أن تكون على درجة عالية من مقاومتها لنفاذ الماء والإشعاع .
3- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتصاص بخار الماء .
4- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للاجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة .
5- أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة آرتفاع معامل المقاومة الانضغاطية ومعامل المقاومة للكسر .
6- أن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن والحريق خاصة في الأماآن المعرضة للحريق بسهولة .
7- أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل قليلة القابلية للتمدد أو التقلص .
8- أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيمائية .
9- ألا ينتج عنها أي أضرار صحية .
10 - أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية المعتمدة .
11- سهولة التركيب .

**** مواد العزل الحراري :**

يمكن تقسيم مواد العزل الحراري حسب مصادرها إلى أربعة أقسام :

1- المواد العازلة من أصل حيواني : مثل صوف وشعر الحيوانات ، ويعتبر استخدامها كمواد عازله محدوداً .

2- المواد العازلة من أصل جمادي : آالصوف الزجاجي ، وهو من أفضل مواد العزل الحراري .

3- المواد العازلة الصناعية : وتشتمل المطاط والبلاستيك الرغوي ، والأخير هو الأآثر شيوعاً ، وأآثر ما يستخدم هو نوع البولي سترين والبولي يورثين الرغوي .

4- المواد العازلة من أصل نباتي : وتشتمل الألياف أو المواد السيلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه .

**** أنواع المواد العازلة واستخداماتها :**

يمكن أن توجد المواد العازلة على عدة صور وهي :

1) ***اللبـــاد*** *:*

يوجد على شكل لفائف طويلة وسماآات مختلفة ، وأغلب اللباد مغلف بالورق أو برقائق معدنية مزودة بإطار من الجانبين .

أحد الأوجه مغلفاً بالورق المغطى بالأسفلت أو البيتومين ليعمل آحاجز للبخار أو الرطوبة و طبقة من الورق الرقيق المثقب على الوجه الآخر .

وغالباً ما يصنع اللباد من مواد عضوية تشتمل على ألياف زجاجية . وآذلك يمكن توفر الألياف السليولوزية على هيئة اللباد .

ويوضع اللباد على الحائط الداخلي للبناء ، وغالباً ما يستخدم في عزل الأسقف والحوائط .

2) حبيبات الحشو الخفيف :

وتتكون هذه المادة العازلة من حبيبات صغيرة ، وعند استخدام عزل الحبيبات فإن معدات الشفط الموجودة في الناقلات الحاملة لهذه المادة العازلة تقوم بشفط الحبيبات وتوجيهها للمكان المطلوب عزله .

3) سائل رغوي بخاخ :

توجد هذه المادة على هيئة نوعين : إحداهما : ألياف غير عضوية من النوع اللاصق ، والثاني : يكون من الرشاش العضوي من ألياف الصوف المعدني . ويتم تركيبه بواسطة آلات خاصة مصممة لهذا الغرض ، أما النوع الثاني فيتكون من عبوتين مناسبتين لأغراض الرش .

4) الألواح الصلبة أو الشرائح :

وهي واسعة الانتشار ، وتستخدم في المباني لعزل الأسطح والخرسانات الرغوية.

<u> طرق تصنيع المواد العازلة :</u>**

1) الألياف الزجاجية :

الألياف الزجاجية العازلة تصنع من ألياف زجاجية رقيقة ، ونظراً لأن أحد الألياف الزجاجية يغطى بالرقائق المعدنية الورقية ، وهي مادة قابلة للاشتعال ، لذلك يجب ألا تتعرض هذه الطبقة لدرجات حرارة تزيد عن180 درجة فهرا نهيت ، ومن مميزات الألياف الزجاجية العازلة أنها لا تنكمش بمرور الوقت كما أن مقاومتها للحريق لا تتأثر بعمرها أو الاختلاف العادي في درجات الحرارة .

2) ***الصوف الصخري*** :

يتم صناعة الصوف الصخري من الصخور الطبيعية المتوفرة ، كما يمكن صناعة الصوف الصخري من خبث الحديد أو النحاس أو الرصاص ، ويستخدم بدلاً من الصخور الطبيعية كمادة خام .

ويتم صهر الخبث باستخدام الفحم كوقود ، ويغزل في ألياف بصب المادة المنصهرة في وعاء دوار .

وتجفف الألياف بواسطة البخار وتبرد بسرعة لدرجة الغرفة . والمواد العازلة المصنوعة من الصوف الصخري (الخبث) ليس لها مرونة الجسم المصنوع من الزجاج . ويتم رش تلك الألياف مع مادة صمغية من الفنينيل والتي تعمل كرابط , وتضغط ثم يتم معالجتها بتمريرها في فرن ، ويتم تقطيع الشرائح الناتجة بالحجم المناسب ، ويمكن إضافة مادة أخرى هي الزيوت المعدنية لتقي السطح ضد الأتربة والمياه ، ولا تتأثر خواصها من حيث الثبات ومقاومة الحريق بمرور الوقت أو تغير درجات الحرارة .

3) البولي سترين الرغوي الممدد :

يتم تصنيع البولي سترين الرغوي بطريقتين : الحقن أو الصب في أعمدة ممددة ، والبولي سترين الرغوي الناتج بالحقن يكون ذو كثافة عالية ومظهر موحد ، وله قدرة تحمل الضغط وشدة استطالة اكبر من البولي سترين الناتج بطريقة الصب .

ومن مميزات البولي سترين عند استخدامه في تغليف هياكل المباني أنه يعطى عزلاً لكامل هيكل المبنى ، وبذلك يقلل تأثير العناصر الإنشائية الأآثر توصيلاً .

وهناك ميزة أخرى لاستخدام هذا النوع من العزل وهي تقليل تسرب الهواء وتأثيره على تلك العناصر الإنشائية الأآثر توصيلاً .

، وهناك خواص أخرى لا تعتمد على طريقة التصنيع ، والبولي سترين مادة قابلة للاشتعال وعند استخدامها فإنه يتم دهانها بطبقة مقاومة للحريق مثل مادة الجبس ، كما لا تتأثر خواصها بتعرضها لفترات قصيرة للأشعة فوق الحمراء .

وأآبر درجة حرارة يتحملها البولي سترين مي 165 درجة فهرانهيت ، وإذا ما تعرض لدرجة حرارة أعلى من ذلك فإن المادة البلاستيكية ستصبح طرية (لدنة) أما تغير درجات الحرارة العادية فإنه لا يؤثر على البولي سترين.

4) *البولي يورثين الرغوي :*

إن مادتي البولي يوريثين والبولي سوآنورميث الرغوية مي مواد فلورآربونية يمكن الحصول عليها مسبقة الصب ، أو يمكن رشها في أماآن ترآيبها ، وتستخدم تلك المواد لتغليف ميآل المباني ، وبذلك يمكن الحصول على عزل لكامل ميكل المبنى مما يقلل من تأثير العناصر جيدة التوصيل .

ويعمل معظم مصنعي تلك المواد على وجود وسائل لهروب بخار المياه الذي تسرب للسطح الداخلي ويقلل ذلك من تأثير عدم تنقية الهواء ، وتعتبر تلك المرآبات من النوع القابل للاشتعال ، ويجب أن تغطى بمادة غير قابلة للاشتعال عند استخدامها آمادة عازلة للحرارة آما مو الحال في معظم استخداماتها .

ويؤثر الزمن على تلك المادة ، وتتناسب درجة الإنكماش أو التمدد مع درجة الحرارة والرطوبة ومدة التعرض للحالات القصوى .

*5) **مادة البيرلايت** :*

وتتكون من خلايا دقيقة جداً تمتاز بخواص عزل حراري جيد ، وبمعالجتها بمادة السيلكون غير القابلة للاشتعال تزداد مقاومتها لتسرب المياه من خلالها ، ويعتبر البرلايت من المواد الطاردة للمياه والمقاومة للرطوبة .

ويمكن خلط البيرلايت الممددة مع الأسمنت البوتلاندي ليعطي خرسانة خفيفة عازلة تسمى خرسانة البيرلايت ، ويمكن تشكيلها مسبقاً إلى عدد لا نهائي من الأشكال ، آما يمكن صبها في نفس الموقع . ولها متانة ميكانيكية آافية لتحميلها بكثافة عالية .

**** أهم الاعتبارات التى يجب مراعاتها عند تطبيق العزل الحراري :**

يراعى أن تؤخذ العوامل التالية بعين الاعتبار عند تطبيق العزل الحراري :

1- أن تخزن المواد العازلة في أماآن جافة غير مكشوفة وتجنب تهشمها أو ثقبها .
2- يراعى تغطية مواد الأسطح من آلا الجانبين ، ويوضع حاجز فاصل (غلاف) من أعلاها وحاجز (غلاف) مقاوم لتسرب المياه من أسفلها أو العكس بالعكس ، وذلك حسب طريقة الترآيب المناسبة لذلك .

3 - تغطية مواد عزل الجدران من الجانبين بحاجز (غلاف) عازل للرطوبة ، وذلك حسب طريقة الترآيب المناسبة لذلك

4 - تجنب إمكانية تهشم المادة عند البناء أو خلال عملية ترآيبها .

5- أن تكون جميع أسطح المادة خالية من الغبار أو الشحوم قبل ترآيبها .

6 -أن تنطبق قيمة وحدة معامل الانتقال الحراري القصوى الموصوفة للسطح على السقف الكرتوني (سوليتكس) خصوصاً إذا آانت مادة العزل قد وضعت عليه .

7 - إذا آان سطح المباني فوق السقف الكرتوني (سوليتكس) من نوع سقوف (الجالونات) فيجب توفير تهوية ميكانيكية للفتحة الكائنة بين السطح والسقف الكرتوني .

8 - في المباني الخفيفة آالمخازن وغيرها التي تستعمل الصفائح المعدنية أسقفها وجدرانها ، من الضروري استعمال

(الفيرجلاس) أو الصوف الزجاجي أو الصخري للعزل الحراري لأنها تقاوم الحريق والحرارة .

** وسائل أخرى للعزل الحراري :

إضافة إلى المواد المستخدمة في العزل الحراري فإن هناك طرقاً أخرى تساعد في عملية العزل الحراري ، وتتعلق بتصميم المبنى نفسه ومنها ما يلي :

1 - استخدام الأسقف المستعارة في الأدوار العلوية .

2 - زيادة منسوب ارتفاع سقف المبنى .

3 - استخدام الزجاج المزدوج أو العاآس في جميع النوافذ وخاصة في الأماآن التي تتطلب مساحات آبيرة من الزجاج إضافة إلى عزل النوافذ باستخدام الستائر .

4- زراعة الأشجار حول المبنى .

عوازل الرطوبة **Insulation's Moister

الرطوبة ومياه الرشح تؤثر سلبيا علي المباني وتساعد علي تلف موادها الإنشائية والبنائية مما يودي إلي قصر عمر حياة المبني خلافا لما قد تسببه هذه المواد من روائح آريهة وتكاثر للحشرات والقوارض .

Causes of Dampness مسببات الرطوبة

1. اتجاه المبني

الحوائط التي يصلها طرطشة المطر وقليل من أشعة الشمس تجعلها آثر عرضة للرطوبة .

2. آميات مياه الأمطار

مياه الأمطار تمثل خطر آبير علي المباني إذا لم تتخذ الاحتياطات.

3. المياه السطحية

الأنهار والبحار والبرك الناتجة عن السيول والأمطار.

4. المياه الجوفية

وهي المياه المتكونة تحت سطح الأرض وهذا آثر ما تعاني منه منطقتنا بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية وقربها من سطح الأرض والناتج من عدم وجود شبكات الصرف الصحي .

5 - الخاصية الشعرية Capillary Action

هي السبب في صعود الرطوبة من الأدوار السفلية خلال مسام التربة والمواد المستعملة في البناء .

6 - التكثيف Condensation

الهواء البارد يحوي آمية من بخار الماء مما يسبب رطوبة تترسب بالحوائط والأسقف والأرضيات عندما يبرد الهواء الساخن المحمل بالرطوبة.

7- سوء الاستخدام وتصريف المياه يحدث نتيجة لتسر يبات للمياه من الأماآن المرتفعة للمنخفضة مما ينشئ الرطوبة

8 - التشييد الحديث

تظل الحوائط حديثة البناء في حالة رطوبة لفترة زمنية معينة .

9- سوء المصنعية (عمالة سيئة)

استخدام العمالة السيئة يتسبب في عيوب في الوصلات وجلسات الشبابيك وتقفيل المباني والأجهزة الصحية والتمديدات ....الخ . حيث أن هذا يؤدي إلي السماح بنفاذ المياه داخل المبني وإحداث رطوبة , ومثال علي ذلك إهمال عمل ميول الأسطح وتصريف الأمطار أو عملها بطريقة سيئة .

***** تاثير الرطوبة Effect of Dampness**

- **حالة غير صحية لمستخدمي المبني**
- **عدم تماسك الملياسة في المباني**
- **تمليح Efflorescence للحوائط والأرضيات والأسقف**
- **فساد الأخشاب المستخدمة وانحناءها**
- **تعريض الحديد المستخدم للصداء**
- **أتلاف الدهان**
- **تلف للتمديدات الكهربائية**
- **تلف التكسيات للأرضيات والحوائط والأسقف**
- **تكاثر الفطريات والبكتيريا في المبني**

***** اختيار العزل المناسب :**

لاختيار العزل المناسب يجب مراعاة الآتي :

- **ما هو الغرض من العزل؟؟**

عزل الرطوبة الأرضية أم عزل الرطوبة للبدروم وما تحته أم عزل الحمامات أم عزل الأسطح والأسقف ؟؟!!

• - ما مي طبيعة الأرض المقام عليها المبني؟؟

رملية , صخرية , طينية جافة , طينية مشبعة بالمياه , ارض طينية أو رملية معرضة لتسر بات مياه من مصادر محيطة بها ؟

•- ما هو نوع المناخ ؟؟

جو معتدل الرطوبة خفيف المطر أو معتدل المطر أو آثير الأمطار وعالي الرطوبة , تساقط الثلوج ؟؟!!

***** الطبقات العازلة للرطوبة Damp Proof Course**

تهدف الطبقات العازلة للرطوبة إلي منع انتقال مسارات الرطوبة أو المياه من منطقة إلى أخرى ومنع انتشار الرطوبة أو المياه بين مواد البناء داخل المبني من أي مصدر من مصادرها وذلك بانتقالها بطريقة الخاصية الشعريةPores Capillary المندفعة بالضغط الاسموزي من مصادر الرطوبة .

وتكون حركة اتجاه مسارات الرطوبة والمياه بين مواد البناء إلي اعلي في حوائط الاساسات والدور الأرضي أو إلي الأسفل

من دراوي الأسطح والمداخن وتتجه أفقيا في حالة اتصال الحوائط المفرغة بحلوق الشبابيك أو شبيه ذلك .

وتختلف طريقة عزل الرطوبة Damp Proofing عن طريقة عزل المياه Water Proofing بوجوب وضع مادة عازلة للمياه Water Proofing تقاوم الضغط الهيدروستاتيكي المستمر Constant Hydrostatic Pressures

****** مواد العزل للرطوبة**

أولا : مواد عازلة مرنة Flexible Materials

* - الألواح المعدنية Metal Sheets
* - البيتومين Bitumen
* - السوائل العازلة Water Proofing Liquid
* - البولي ايثلين Membrane Polyethylene

ثانيا : مواد عازلة نصف قاسية Semi Rigid Materials

• الإسفلت Asphalt

• لفات سفلتية Asphalt Rolls

• رقائق إسفلتية صغيره Shingles Asphalt

ثالثا : مواد عازلة قاسية Rigid Materials

• بياض أسمنتي (لياسة) Cement Plaster

•إضافات لعزل المياه Water Proofing Integral

•ألواح الإردواز Slates

• ألواح الاسبيستوس الصغيرة Asbestos Shingles

• ألواح خشبية صغيره Wood Shingle

•ألواح الاسبيستوس الأسمنتي Board Asbestos Cement

•طبقات البلاستيك Plastic Laminates

• القرميد Tiles

********** **********

م.نادر دريدي

****

****