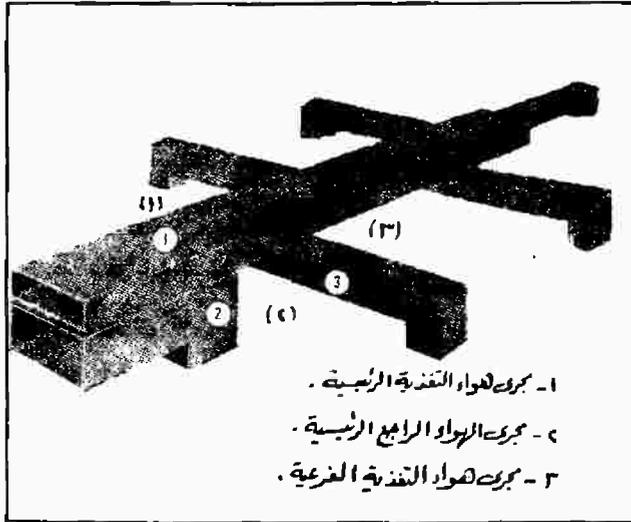


الفصل التاسع

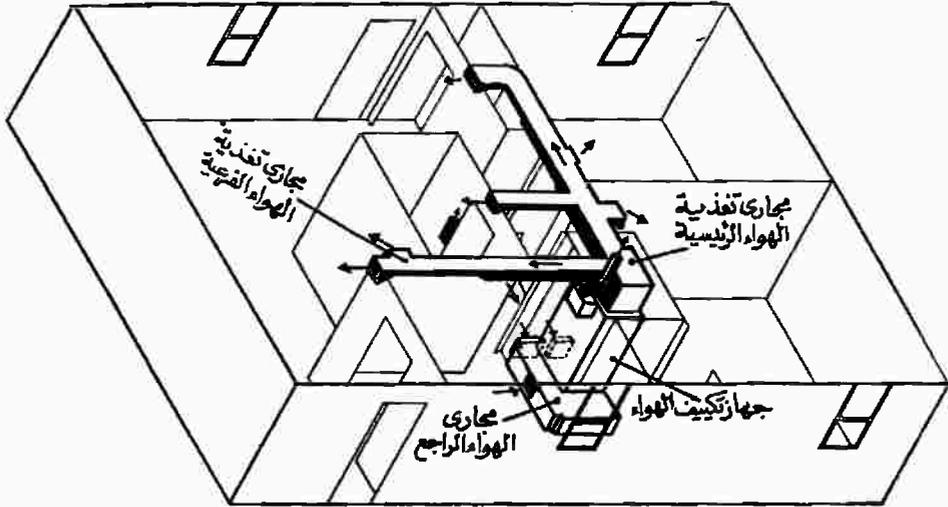


تصميم وصناعة مجارى الهواء

الفصل التاسع

تصميم وصناعة مجارى الهواء

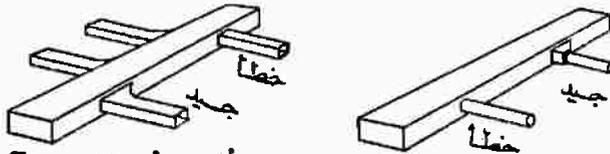
كما سبق أن ذكرنا أن الهواء المكيف الذى يخرج من جهاز تكييف الهواء يوزع في بعض الحالات على الأماكن المختلفة بواسطة مجارى هواء. فعندما يخرج الهواء المكيف مباشرة من الجهاز فإنه يمرّ أولاً داخل مجارى هواء موصلة بجهاز التكييف تسمى مجارى الهواء المغذية الرئيسية (Main Supply Duct)، وبعد ذلك يوزع على الأماكن المختلفة بواسطة مجارى هواء تفرّغ من المجرى الرئيسية وتسمى مجارى مجارى الهواء المغذية الفرعية (Branch supply Ducts). وقد تتجه هذه المجرى الفرعية إلى أعلى وتسمى في هذه الحالة بالمجارى الرأسية (Risers)، وبعد ذلك يعود الهواء من هذه الأماكن إلى جهاز تكييف الهواء عن طريق مجارى هواء فرعية تسمى مجارى الهواء الراجع الفرعية (Branch Return Ducts) تفرّغ جميعها من مجرى الهواء الراجع الرئيسية (Main Return Duct) الموصلة بجهاز التكييف. والرسم المبسط رقم (٩-١) يوضح طريقة توزيع الهواء المكيف الخارج من جهاز التكييف باستعمال بعض هذه الأنواع المختلفة من مجارى الهواء.



رسم رقم (٩-١) أنواع مجارى الهواء المختلفة التي توصل بجهاز تكييف الهواء المركزى

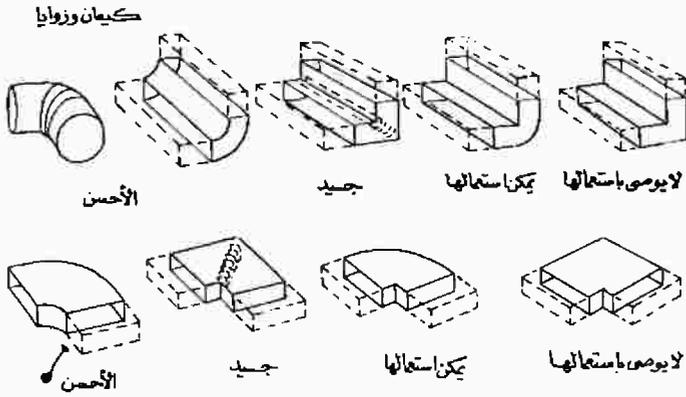
والهواء الخارج من جهاز تكييف الهواء يُدفع داخل المجارى التى تقوم بتوزيعه على الأماكن المختلفة بتأثير الضغط الذى تحدته مروحة الجهاز. ويعترض مرور الهواء داخل هذه المجارى أولاً: الاحتكاك الذى ينشأ عن ملامسة الهواء أثناء مروره على السطح الداخلى لهذه المجارى. وثانياً: الدوامات الهوائية التى تنشأ عن تغيير اتجاه أو سرعة مرور الهواء. وبعمل التصميم الصحيح لمجارى الهواء فإنه يمكن تحديد مقدار هذا الاحتكاك بدرجة تجعل مروحة الجهاز يمكنها أن تغلب عليه وتقوم بإعطاء الكمية المطلوبة من الهواء لهذه الأماكن المختلفة. وهذا وتصميم حجم مجارى الهواء يتوقف أولاً على كمية الهواء التى يجب أن تمرّ بداخلها، وثانياً على طول هذه المجارى، ويلاحظ أنه كلما زادت سعة التبريد المطلوبة لأحد الأماكن تزداد كذلك كمية الهواء التى يلزم نقلها إلى هذا المكان المكيف. وتبعاً لذلك يجب أن يكون قطاع المجرى الذى يمرّ بداخلها هذا الهواء كبيراً. ويلاحظ كذلك أنه كلما زاد طول مجارى الهواء التى ترتب من مكان جهاز التكييف إلى المكان المكيف فإن قطاع المجرى الذى يمرّ بداخله الهواء يكبر كذلك وذلك بالنسبة لكمية واحدة من التبريد. هذا ويجب تحاشي بقدر الإمكان استعمال مجارى الهواء التى تكون نسبة عرض قطاعها إلى ارتفاعه كبيرة، وكذلك تحاشي استعمال وصلات المجارى التى تسبب حدوث تغيير فجائى فى مساحة مقطعها أو فى اتجاه مرور الهواء. والأشكال الموضحة بالرسم رقم (٩-٢) تبين الطرق الصحيحة والطرق الخاطئة المستعملة فى صناعة وصلات وكيمان ومنحنيات مجارى الهواء وكذلك مخارج المجارى الفرعية من المجارى الرئيسية، والرسم رقم (٩-٣) يبين شكل طريقة مجارى تركيبات مجارى الهواء الممتدة (Extended Plenum Duct System) التى يوصى باستعمالها فى تركيبات مجارى الهواء العادية، وتعتبر هذه الطريقة من أسهل وأبسط الطرق التى تستعمل لصناعة وتركيب مجارى الهواء ذات الأطوال القصيرة والتى تستعمل غالباً مع

مخارج المجارى الفرعية

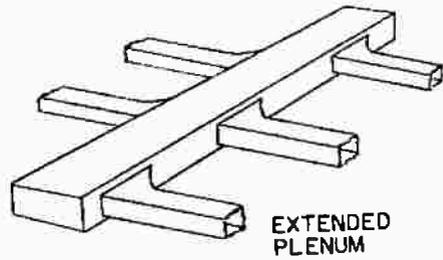


يجب ألا يقل بُعد المخرج عن الآخر بمقدار ١٦ بوصة

رسم رقم (٩-٢) الطرق الصحيحة والطرق الخاطئة المستعملة فى صناعة وصلات وكيمان ومنحنيات مجارى الهواء، ومخارج المجارى الفرعية من المجارى الرئيسية



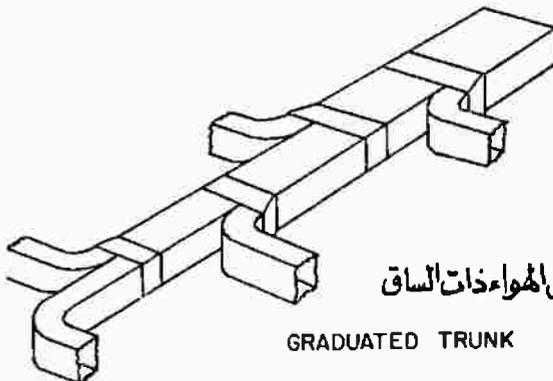
تابع رسم رقم (٢-٩)



رسم رقم (٣-٩) تركيبات مجارى الهواء الممتدة.

تركيبات مجارى الهواء الممتدة

أجهزة تكييف الهواء المجمعة. أما إذا كانت أطوال المجارى المستعملة كبيرة فإنه يوصى باستعمال طريقة تركيبات المجارى ذات الساق المتدرج (Graduated Trunk System)، كالظاهرة في الرسم رقم (٤-٩).



رسم رقم (٤-٩) تركيبات مجارى الهواء ذات الساق المتدرج.

تركيبات مجارى الهواء ذات الساق المتدرج

هذا وتوجد عدّة طرق مستعملة في حساب حجم مجارى الهواء سنشرح هنا طريقتين منها. وهذه المناسبة يجب أن نعرف أن جميع هذه الطرق تعطى المقاومة النظرية فقط لهذه المجارى ولا تعطى المقاومة الحقيقية لها؛ إذ أن المواد التي تصنع منها هذه المجارى وطريقة صناعتها تلعب دوراً هاماً في تحديد مقدار هذه المقاومة؛ ولهذا السبب فإنه يسمح بإضافة معامل أمن بعد حساب مقدار المقاومة النظرية للمجارى بأية طريقة منها مستعملة، والطريقتان اللتان سنشرحهما فيمايلي والتتان تستعملان في حساب مجارى الهواء هما:

١ - طريقة السرعة (Velocity Method). وهي التي تختار فيها سرعة الهواء في الأقسام المختلفة لمجارى الهواء حيث تكون أقصاها في مجارى الهواء الرئيسية وأقلها عند دخولها إلى الأماكن المكيفة.

٢ - طريقة الاحتكاك المتساوى (Equal Friction Method) وهي التي يتم تصميم مجارى الهواء فيها بحيث يكون مقدار الفقد نتيجة احتكاك الهواء أثناء مروره داخل المجارى متساو بكل قدم من طول المجارى.

١ - طريقة السرعة لحساب حجم مجارى الهواء

كما سبق أن ذكرنا أنه يلزم لحساب حجم مجارى الهواء بطريقة السرعة اختيار سرعة الهواء في الأقسام المختلفة لمجارى الهواء حيث تكون أقصاها في مجارى الهواء الرئيسية وأقلها عند دخولها الأماكن المكيفة الهواء. والجدول التالي رقم (١) يبين سرعة الهواء التي يوصى باستعمالها بالنسبة للأجزاء المختلفة التي يمر بها الهواء، وكذلك سرعة الهواء القصوى التي يجب أن لا يتعداها عند مروره بهذه الأجزاء، وذلك بالنسبة لأنواع مختلفة من الأماكن.

ونظراً لأن كمية الهواء التي تمر داخل كل قسم من مجارى الهواء تكون معروفة فإن مساحة مقطع كل قسم منها يمكن معرفتها بسهولة باستعمال هذه المعادلة:

$$\frac{K}{S} = M$$

جدول رقم (١)

سرعة الهواء التي يوصى باستعمالها، والسرعة القصوى التي يجب أن لا يتعداها

السرعة القصوى التي يجب أن لا يتعداها قدم/ الدقيقة			السرعة التي يوصى باستعمالها قدم/ الدقيقة			الجزء الذي يمر به الهواء
أماكن صناعية	مدارس-مسارح مباني عامة	أماكن الإقامة	أماكن صناعية	مدارس-مسارح مباني عامة	أماكن الإقامة	
١٢٠٠	٩٠٠	٨٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	* فتحات دخول الهواء الخارجي
٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٣٠٠	٢٥٠	* مرشحات الهواء
٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٥٠	* ملفات التبريد والتسخين
٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	مقاسل الهواء
١٤٠٠	١٠٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	٨٠٠	٧٠٠	وصلات سحب الهواء
٢٨٠٠ - ١٧٠٠	٢٢٠٠ - ١٥٠٠	١٧٠٠	٢٤٠٠ - ١٦٠٠	٢٠٠٠ - ١٣٠٠	١٦٠٠ - ١٠٠٠	مخارج الهواء
٢٢٠٠ - ١٣٠٠	١٦٠٠ - ١١٠٠	١٢٠٠ - ٨٠٠	١٨٠٠ - ١٢٠٠	١٣٠٠ - ١٠٠٠	٩٠٠ - ٧٠٠	بجاري رأسية
١٨٠٠ - ١٠٠٠	١٣٠٠ - ٨٠٠	١٠٠٠ - ٧٠٠	١٠٠٠ - ٨٠٠	٩٠٠ - ٦٠٠	٦٠٠	بجاري قرعية
١٦٠٠ - ١٠٠٠	١٢٠٠ - ٨٠٠	٨٠٠ - ٦٥٠	٨٠٠	٧٠٠ - ٦٠٠	٥٠٠	بجاري رأسية

* هذه السرعات للهواء أثناء مروره على جميع مساحة وجه هذه الأجزاء (Face Area). أما باقي السرعات الموجودة بالجدول فهي للهواء أثناء مروره على مساحة الفتحات الحرة فقط (Free Area) الموجودة بهذه الأجزاء.

حيث

م = مساحة المقطع بالقدم المربع.

ك = كمية الهواء بالقدم المكعب / الدقيقة.

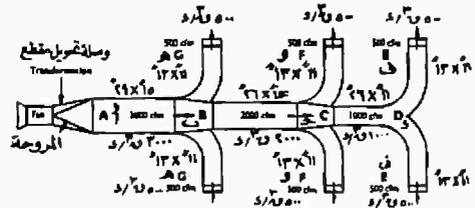
س = سرعة الهواء بالقدم / الدقيقة.

ولهذا فإن طريقة حساب حجم مجارى الهواء باستعمال طريقة السرعة تمتاز بسهولة إيجاد مساحة مقطع هذه المجارى. ويجب أن تستعمل فقط في حالة تركيبات مجارى الهواء البسيطة.

مثال :

الرسم رقم (٩-٥) يبين تركيبات مجارى هواء لمبنى عمودى يتفرع منها عدد (٦) مخارج هواء يُعطى كل منها ٥٠٠ قدم مكعب / الدقيقة عند هـ، و، ف. وعلى هذا فتكون كمية الهواء التى تعطىها مروحة جهاز تكييف الهواء الموصل بهذه المجارى هو

رسم رقم (٩-٥) تركيبات مجارى هواء مبنى يتفرع منها عدد(٦)مخارج هواء.(مثال) لحساب حجم هذه المجارى.



$$٣٠٠٠ = ٥٠٠ \times ٦ \text{ قدم مكعب / الدقيقة.}$$

والمجارى الرئيسية لهذه التركيبات هى الأقسام أ ب ح د.

والمطلوب إيجاد مساحة كل قسم من مجارى هذه التركيبات بالقدم المربع؟

الحل:

مساحة القسم الأول من المجارى الرئيسية أ ب:

هذا القسم يمرّ بداخله ٣٠٠٠ قدم مكعب / الدقيقة. وسنعتبر هنا أن موضوع الصوت بالنسبة لهذه التركيبات ليس له أهمية، وعلى هذا تكون سرعة الهواء فى هذا القسم حسب الجدول رقم (١) هى ١٠٠٠ قدم / الدقيقة.

$$\text{مساحة مقطع القسم من المجارى أ ب} = \frac{3000 \text{ قدم مكعب / الدقيقة}}{1000 \text{ قدم / الدقيقة}} = 3 \text{ قدم مربع}$$

مساحة القسم الثاني من المجارى الرئيسية ب ج:

في هذا القسم من المجارى يكون موضوع الصوت له أهمية أكثر من القسم الأول، وعلى هذا يستحسن أن تكون سرعة الهواء في هذا القسم 750 قدم / الدقيقة. وكمية الهواء التي تمرّ به 300 قدم مكعب / الدقيقة مطروحاً منها الكمية التي تخرج عن طريق الفروع ب هـ = 3000 - 1000 = 2000 قدم مكعب / الدقيقة.

$$\text{مساحة مقطع القسم من المجارى ب ج} = \frac{2000}{750} = 2,67 \text{ قدم مربع}$$

مساحة القسم الثالث من المجارى الرئيسية ح د:

هذا القسم يبعد عن مروحة جهاز التكيف ويقضى الفروع د ف فقط والسرعة المناسبة لهذا القسم تكون 500 قدم / الدقيقة.

وهذا القسم يمرّ بداخله 3000 قدم مكعب / الدقيقة مطروحاً منها الكمية التي تخرج من الفروع ب هـ ، ح و

$$= 3000 - (1000 + 1000) = 1000 \text{ قدم مكعب / الدقيقة}$$

$$\text{مساحة مقطع القسم من المجارى ح د} = \frac{1000}{500} = 2 \text{ قدم مربع}$$

مساحة مقطع المجارى الفرعية والرأسية د ف:

نظراً لوجود مخرج هواء واحد في نهاية كل مجرى رأسية (Riser). ولهذا فإنه يكون حجم هذه المجارى الرأسية والفرعية واحداً، وسرعة الهواء المناسبة التي تمرّ بداخلها تكون 500 قدم / الدقيقة وكمية الهواء 500 قدم مكعب / الدقيقة.

$$\text{مساحة مقطع هذه المجارى} = \frac{500}{500} = 1 \text{ قدم مربع.}$$

وعلى هذا تكون مساحة مقطع أقسام هذه المجارى معروفة ويمكن تحديدها. ومن الناحية العملية كذلك فإنه من المستحسن أن يُقَرَّبَ بُعد واحد فقط من أبعاد المقطع عند كل جزء من المجارى بتغيير مساحة مقطعة.

وعلى سبيل المثال تكون أبعاد مجارى الهواء للأقسام السابق معرفتها كالآتي:

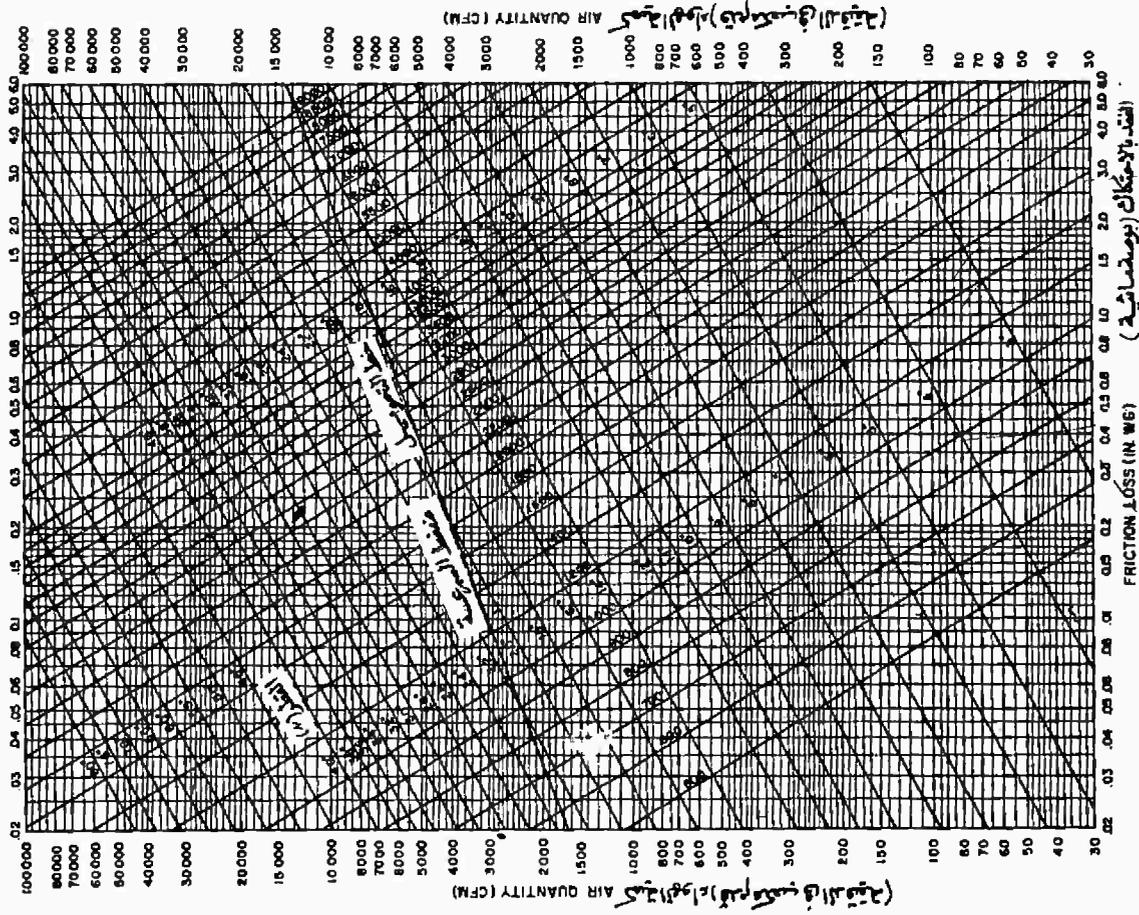
- أ ب ... 15 × 29 بوصة تعطي مساحة مقطع قدرها 3,02 قدم مربع
 ب ج ... 15 × 26 بوصة تعطي مساحة مقطع قدرها 2,7 قدم مربع
 ج د ... 11 × 26 بوصة تعطي مساحة مقطع قدرها 1,99 قدم مربع
 د ف ... 11 × 13 بوصة تعطي مساحة مقطع قدرها 0,99 قدم مربع.

٢ - طريقة الاحتكاك المتساوي لحساب حجم مجارى الهواء

هذه الطريقة يوصى داتهاً باستعمالها لأنها لا تحتاج إلى خبرة خاصة لأختيار سرعة مناسبة للهواء داخل أقسام مجارى الهواء المختلفة كما هو الحال عند استعمال طريقة السرعة السابق شرحها. كما أنه باستعمالها نضمن الحصول على توزيع هواء منظم للأماكن المكيفة وخصوصاً عندما يكون طول تركيبات مجارى الهواء المستعملة طويلاً. وباستعمال هذه الطريقة فإنه تُختار سرعة للهواء واحدة وهى سرعة الهواء الخاصة بالقسم الأخير من المجارى الفرعية. وبعد إيجاد حجم هذا القسم من المجارى فإن باقى الأقسام الأخرى من التركيبات يمكن إيجاد حجمها بحيث تُعطى نفس مقدار الفقد فى الضغط لكل وحدة من الطول. الخريطة رقم (٩-٦) تعطى الفقد فى الضغط بالاحتكاك بالبوصة المائبة لكل ١٠٠ قدم من طول المجارى وذلك لأحجام مختلفة منها ذات مقطع مستدير يمر به بداخلها الكميات المختلفة الميئة من الهواء بالقدم المكعب. وبقراءة الفقد فى الضغط للقسم الأخير من المجارى الفرعية، فإن حجم باقى أقسام المجارى يمكن معرفتها من الخريطة المذكورة وذلك بقراءة قطر المجرى ذات المقطع المستدير التى تعطى نفس مقدار الفقد فى الضغط عند كمية الهواء المناسبة.

التقدير المنطوق بالإحتكاك لمجاري الهواء ذات المقطع المستدير

FRICION LOSS FOR ROUND DUCT



رسم رقم (٦-٩) خريطة الفقد في الضغط بالإحتكاك لمجاري الهواء ذات المقطع المستدير.
 الفقد بالإحتكاك (بوساطة مائية) (٦-٩)

هذا ويمكن معرفة أبعاد المجارى ذات المقاطع المستطيلة المعادلة لهذه المجارى ذات المقاطع المستديرة باستعمال الخريطة رقم (٧-٩) التى تبين أقطار المجارى المستديرة والمختلفة وأبعاد المجارى المستطيلة المعادلة لها.

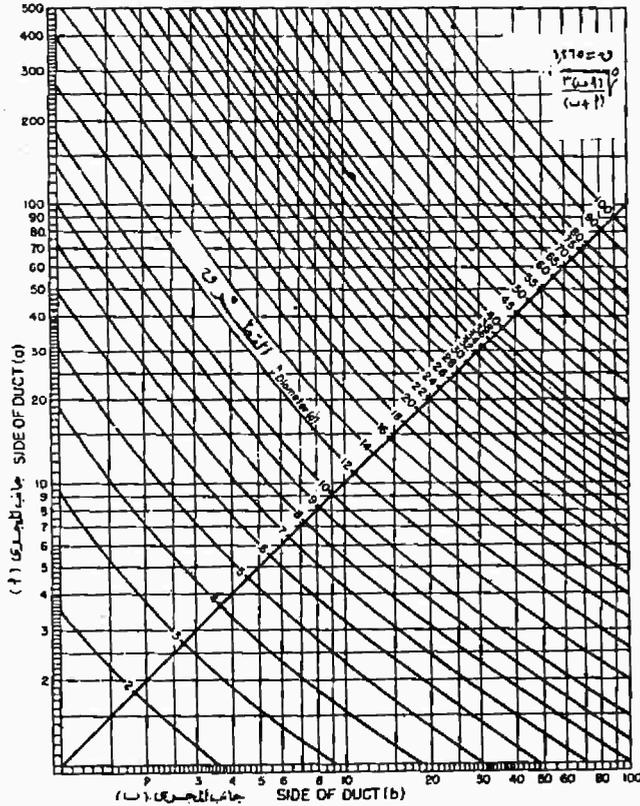
مثال :

المطلوب إيجاد مساحة مقطع كل قسم من مجارى الهواء بالقدم المربع لأقسام مجارى التركيبات المذكورة فى مثال «طريقة السرعة» والمبنية بالرسم رقم (٩-٥) وذلك باستعمال طريقة الاحتكاك المتساوى.

الحل :

نبدأ بالمجرى د ف :

ونختار سرعة الهواء فى هذا القسم ٥٠٠ قدم / الدقيقة.



رسم رقم (٧-٩) الخريطة التى تستعمل لإيجاد أبعاد المجارى المستطيلة المعادلة للمجارى المستديرة

$$\text{مساحة مقطع هذه المجرى} = \frac{500 \text{ قدم مكعب / الدقيقة}}{500 \text{ قدم / الدقيقة}} = 1 \text{ قدم مربع}$$

قطر المجرى التي مقطعتها 1 قدم مربع = 13,5 بوصة
ومن الخريطة رقم (9-6) يكون الفقد في الضغط لكل 100 قدم = 0,3 بوصة مائية.
والمجرى حـ د يمرّ بداخلها 1000 قدم مكعب من الهواء / الدقيقة، فإذا كان الفقد في
الضغط لكل 100 قدم منها = 0,3 بوصة مائية.

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون في هذه الحالة = 17,5 بوصة (من الخريطة
رقم (9-6)).

والمجرى ب حـ يمرّ بداخلها 2000 قدم مكعب من الهواء / الدقيقة، فإذا كان الفقد في
الضغط بكل 100 قدم منها = 0,3 بوصة مائية

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون في هذه الحالة = 23 بوصة (من الخريطة
رقم 9-6).

والمجرى أ ب يمرّ بداخلها 3000 قدم مكعب من الهواء / الدقيقة، فإذا كان الفقد في
الضغط بكل 100 قدم منها = 0,3 بوصة مائية.

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون في هذه الحالة = 26,5 بوصة (من الخريطة
رقم 9-6).

وبهذا نكون قد عرفنا حجم الأقسام المختلفة لتركيبات المجارى على أساس أن هذه
المجارى ذات مقطع مستدير. فلإيجاد المقطع المستطيل المعادل لها نستعين بالخريطة رقم
(9-7) لأختيار الأبعاد المناسبة للمجارى ذات المقطع المستطيل المعادل.

وعلى سبيل المثال تكون أبعاد مجارى الهواء للأقسام السابق معرفتها كالتالي:

المجرى د ف قطرها 13,5 بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها 14×11
أو 12×13 بوصة

المجرى حـ د قطرها 17,5 بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها 24×11
أو 20×13 بوصة

المجرى ب ح قطرها ٢٣ بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها ١٩×٢٤ أو ١٣×٣٦ بوصة
المجرى أ ب قطرها ٢٦,٥ بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها ١٩×٣٢ أو ١٣×٤٨ بوصة

هذا ويجب أن نعرف أن الطريقتين السابق شرحهما لحساب حجم مجارى الهواء تعطيان فقط حجم هذه المجارى، ولكن ليس معنى هذا أنه باتباع هاتين الطريقتين نحصل على كميات الهواء المضبوطة التي توزع على الأماكن المختلفة؛ إذ أن الأماكن القريبة من مروحة الجهاز قد تحصل على كميات من الهواء أكثر قليلاً من الكميات التي تحصل عليها الأماكن الموجودة في نهايات مجارى التوزيع.

ولتصميم مجارى هواء تعطى الكميات المضبوطة بدقة للأماكن المختلفة فإن ذلك يحتاج إلى إجراء عمليات حسابية طويلة وكذلك إلى صناعة مجارى هواء ذات أحجام خاصة. وفي الحالات التي تتطلب عملية توزيع هواء منتظمة فإنه قد يكون من الضروري تركيب بوابات (دامبر - Dampers) عند مداخل مجارى الهواء الفرعية وداخل المجارى نفسها الرئيسية، وذلك لعمل التوازن المطلوب عند توزيع الهواء على الأماكن المختلفة. وكذلك يجب العناية بتصميم كيغان وزوايا ووصلات مجارى الهواء، وذلك للعمل على تخفيض مقدار الفقد في الضغط نتيجة مرور الهواء خلال هذه الأجزاء. وبذلك نحصل على الوفرة اللازم في حجم المروحة والقوة اللازمة لتحريكها التي تُختار لدفع الهواء داخل هذه المجارى.

والرسم رقم (٩-٢) يبين الأشكال التي توضح الطرق والصحيحة والطرق الخنط المستعملة في صناعة وصلات وكيغان وزوايا مجارى الهواء وكذلك مخارج المجارى الفرعية.

٣ - حساب مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء

لا مكان اختيار حجم المروحة التي تركب مع تركيبات مجارى الهواء يجب أولاً معرفة كمية الهواء التي ستدفعها هذه المروحة. وثانياً: مقدار الضغط الذى ستعمل أمامه هذه المروحة والذى يحدده مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء والتي يمكن معرفتها فقط بعد

تصميم شكل وحجم وطول مجارى الهواء التى ستركب. ويمكن معرفة مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء بحساب كل مقدار الفقد فى الضغط نتيجة لاحتكاك الهواء بسطح المجارى الداخلى (Friction Losses) وذلك باستعمال الخريطة رقم (٩-٦). ومقدار الفقد فى الضغط الديناميكي (Dynamic Losses) الذى ينشأ من تغيير اتجاه مرور الهواء وازدياد أو تخفيض سرعة مروره داخل مجارى الهواء عند نقط مختلفة منها. ومن أهم الأجزاء التى قد تكون موجودة بمجارى الهواء التى تسبب حدوث دوّامات هوائية بداخلها تعمل على زيادة مقدار الفقد فى الضغط الديناميكي هى الكيعان والزوايا والمنحنيات الضيقة والمداخل والوصلات بأنواعها المختلفة والبوايات (دامبر) وموزعات الهواء والمرشحات ومغاسل الهواء وملفات التبريد والتسخين. وفى العادة فإن مقدار الفقد فى الضغط للأجزاء مثل موزعات الهواء والمرشحات ومغاسل الهواء وملفات التبريد والتسخين تعطيه الشركات التى تصنع هذه الأجزاء وتبينه بكتالوجات مواصفات هذه الأجزاء.

أما مقدار الفقد فى ضغط السرعة للكيعان والزوايا والمنحنيات والمداخل والوصلات بأنواعها المختلفة فإنه يمكن حسابه باستعمال المعادلة الآتية:

$$F = m \left(\frac{S}{4.05} \right)^2$$

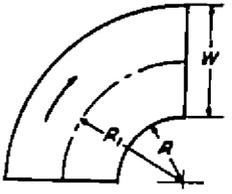
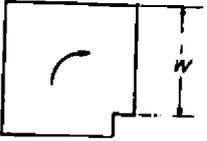
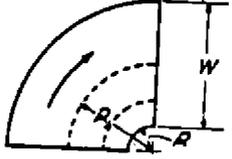
حيث

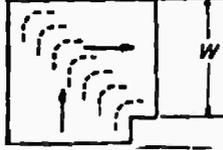
F = مقدار الفقد فى ضغط السرعة بالبوصة المائبة.

m = معامل يمكن معرفته من الجدول رقم (٢) التالى.

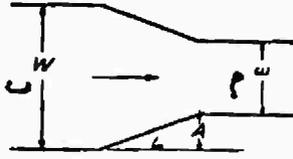
S = سرعة الهواء بالقدم فى الدقيقة.

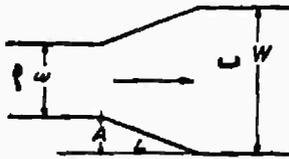
جدول رقم (٢)
معامل الفقد في ضغط السرعة في كيعان وزوايا الأجزاء المختلفة
لمجاري الهواء ذات المقطع المستطيل

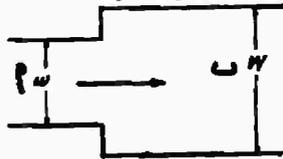
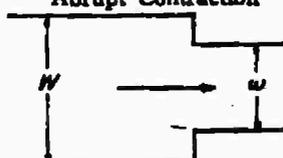
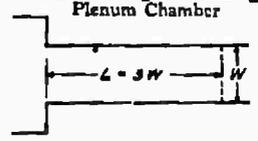
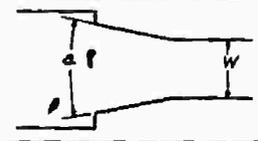
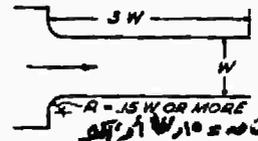
المعامل		نسبة نصف القطر الداخلي إلى الارتفاع R/W	نسبة نصف القطر إلى الارتفاع R1/W	المعامل
الهواء يخرج عن طريق هذه الأجزاء	الأجزاء وسط مجارى الهواء			
.٢٢	.١١	٢,٥	٣	١ - كوع ذى نصف قطر كامل. Full Radius Elbow 
.٢٣	.١٢	١,٥	٢	
.٢٦	.١٢	١,٢٥	١,٧٥	
.٣٥	.١٣	١	١,٥	
.٤١	.١٦	.٧٥	١,٢٥	
.٥٣	.٢٢	.٥	١	
.٨٧	.٣٧	.٢٥	.٧٥	
١,٩	١,٠٥	صفر. صفر.	.٥	٢ - كوع قصير. Radius Elbow 
١,٩٥	١,١٥	صفر. صفر.	صفر. صفر.	٣ - كوع مربع. Square Elbow 
				٤ - كوع قصير داخله ريش. Radius Elbow with Vanes 
	ريشة واحدة			
	ريشتان			
	ثلاث ريش			
.١	.١	.١٣	.٥	١
.٠٩	.١٢	.١٦	.٢٥	.٧٥
.٣	.٤٥	.٧	صفر. صفر.	.٥

المعامل		شكل الريش	صفر. صفر	صفر. صفر	٥ - كوع مربع داخله ريش. Square Elbow with Vanes 
.٨٨	.٣٥	زوايا منحنية مزدوجة			

٦٠	٤٥	٣٠	١٥	مقدار الزاوية x	٦ - مخرج مجرى. Duct Take-Off 
المعامل	.٤٣	.٢٨	.١٨	.٠٨	

نسبة الانحدار A/L					٧ - تخفيض تدريجي في مساحة المقطع Gradual Contraction 
١-٤	١-١	٣-١	٧-١	المعامل	
.٠٧	.٠٣	.١٥	.٠٠٣		

المعامل نسبة المساحات أ ^٢ إلى ب ^٢					٨ - زيادة تدريجية في مساحة المقطع. Gradual Expansion 
نسبة الأنحدار A/L					
٥-١	٣-١	٢-١	١,٥-١		
.٢٩	.٢٧	.٢٣	.١٧	١٠-١	
.٣٧	.٣٥	.٢٩	.٢٢	٧-١	
.٤٧	.٤٤	.٣٧	.٢٧	٥-١	
.٦٦	.٦١	.٥٢	.٣٨	٣-١	
.٨٦	.٨٠	.٦٨	.٥٠	٢-١	
.٩٦	.٨٩	.٧٥	.٥٥	٣٠	

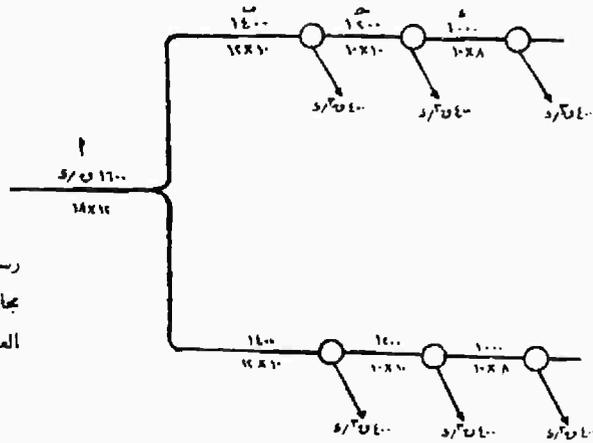
المعامل. نسبة المساحات أ ^٢ إلى ب ^٢				نسبة الانحدار A/L	٩ - ازدياد فجائي في مساحة المقطع. Abrupt Expansion 
١-٥	٣-١	٢-١	١,٥-١		
,٦٤	,٤٥	,٢٥	,١	٩٠	
					١٠ - تخفيض فجائي في مساحة المقطع. Abrupt Contraction 
,٤٦	,٣٨	,٢٦	,١٤	٩٠	
تدخل المجارى الموصلة بالمروحة		تخرج من المجارى الموصلة بالمروحة		الحالة	١١ - المجرى تخرج من أو تدخل حجرة تجميع الهواء. Duct Leaving or Entering Plenum Chamber 
المعامل		المعامل			
,٤٧	,٨٧			أركان مربعة	
,١١	,٥			أ = ٢٠ أو أقل	
,١٢	,٦٦			أ = ٢٥	
,٢٥	,٨٠			أ = ٣٠	
,١٢				أركان نصف قطرية	

ويستبع المثال الآتي يمكن بسهولة معرفة طريقة حساب مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء المختلفة:

مثال :

الرسم المبسط رقم (٩ - ٨) يبين إحدى تركيبات مجارى الهواء وموضح به سرعة الهواء في الأقسام المختلفة منها وأبعاد مقطع كل قسم . هذا وطول القسم أ هو ٢٠ قدما والقسم ب هو ٤٠ قدما وكل من القسم ج، د هو ٢٠ قدما. ومقدار الفقد في الضغط لموزعات الهواء (حسب كتالوج الشركة الصانعة) هو ١٢٥ , بوصة مائية ومقدار معامل الفقد (م) لكل من الكوع $٢,١ = ٢$.

والمطلوب إيجاد المقاومة الكلية لتركيبات مجارى الهواء لهذه العملية.



رسم رقم (٩-٨) رسم مبسط لإحدى تركيبات مجارى الهواء (مثال) لإيجاد المقاومة الكلية لهذه العملية.

الحل :

مقدار المقاومة الكلية لتركيبات مجارى الهواء المبينة في الرسم رقم (٩ - ٨) = مقدار الفقد بالاحتكاك للأقسام (١ + ب + ج + د) + مقدار الفقد في الضغط الديناميكي للكيان ٢,١ + مقدار الفقد في الضغط لموزعات الهواء.

ويمكن إيجاد مقدار الفقد في الضغط بالاحتكاك للأقسام ا،ب،ج،د بالطريقة الآتية :

القسم من المجرى	ا	ب	ج	د
طول القسم من المجرى بالقدم	٢٠	٤٠	٢٠	٢٠
الفقد بالاحتكاك لكل ١٠٠ قدم (بوصة مائية)	٢,٥	٢,٥	٢,٢	٢,٢

وذلك من الخريطة رقم (٩ - ٦)

مقدار الفقد بالاحتكاك للقسم من المجرى (بوصة مائية) ٠,٥ , ١ , ٠,٤ , ٠,٤
 مقدار الفقد بالاحتكاك للأقسام ا، ب، ج د = ٠,٥ + ١ + ٠,٤ + ٠,٤ = ٢,٣ بوصة
 مائية

مقدار الفقد في الضغط الديناميكي للكوع (١) حسب المعادلة ف

$$= \rho \times \left(\frac{v}{4.05} \right)^2$$

$$= 2 \times \left(\frac{1600}{4.05} \right)^2 = 0.3 \text{ بوصة مائية}$$

مقدار الفقد في الضغط الديناميكي للكوع (٢) حسب المعادلة ف

$$= 2 \times \left(\frac{1400}{4.05} \right)^2 = 0.25 \text{ بوصة مائية}$$

مقدار المقاومة الكلية لتراكيب مجارى الهواء المبينة في الرسم رقم (٩ - ٨).

$$= 2.3 + 0.3 + 0.25 + 1.25 = 4.1 \text{ بوصة مائية}$$

وعلى هذا يجب أن يكون مقدار الضغط عند مدخل الجارى الرئيسية ا هو ٤,١ بوصة مائية وتختار المروحة التى تركيب عند مدخل هذه الجارى الرئيسية ليس لتعطى كمية الهواء المطلوبة بهذا الضغط فقط، ولكن لكى تقاوم كذلك الفقد في الضغط الذى ينشأ عن باقى الأجزاء الأخرى التى قد تكون مركبة في مجارى الهواء كملفات التبريد والتسخين والمرشحات التى يُعطى مقدار الفقد في الضغط الناتج عنها بمعرفة الشركات الصانعة لها. وفي العادة يكون مقدار الضغط الاستاتيكي الذى تقدمه المراوح التى تركيب في أجهزة تكييف الهواء يتراوح ما بين ١ و ١,٥ بوصة مائية.

صناعة وطرق تركيب مجارى الهواء

عادة تصنع مجارى الهواء من ألواح الصاج الجلفن، ومن الضروري أن يكون سمك هذه الألواح كافيا لمنع حدوث اهتزاز أو انتفاخ فجائى بها (Buckling) عند تغير ضغط الهواء المار بها وذلك عندما تبتدئ مروحة جهاز التكييف فى الدوران أو الوقوف. الجدول رقم (٣) يبين مقاس ألواح الصاج التى تستعمل لأحجام مجارى الهواء المختلفة ذات المقطع المستطيل بالبوصة، والجدول رقم (٤) يبين مقاس ألواح الصاج المجلفن التى تستعمل فى صناعة مجارى الهواء بالمليمتر. وهذه المجارى تكون مقواة بطريقة التقطيع بالتصليب (Cross Broken) كما هو ظاهر بالسم رقم (٩ - ٩). وفى حالة عدم استعمال طريقة التقوية هذه، فإن ألواح الصاج التالية فى المقاس يجب أن تستعمل . وعند ما يكون عرض مجارى الهواء المستعملة أكبر من ٦٠ بوصة فإن دسر توصيل (Seams) هذه المجارى يجب أن تقوى بزوايا الحديد كما هو مبين بالسم رقم (٩ - ٩) وذلك بالإضافة إلى عملية التقوية بطريقة التصنيع بالتصليب السابق ذكرها وذلك لمنع حدوث اهتزاز أو انحناء بها.

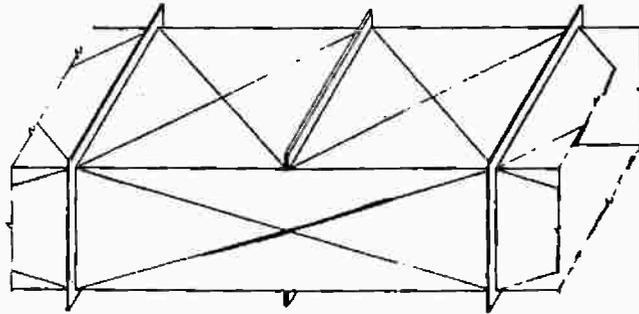
جدول رقم (٣) مقاس ألواح الصاج المجلفن بالبوصة التى تستعمل

فى صناعة مجارى الهواء المقواه بطريقة التصنيع بالتصليب

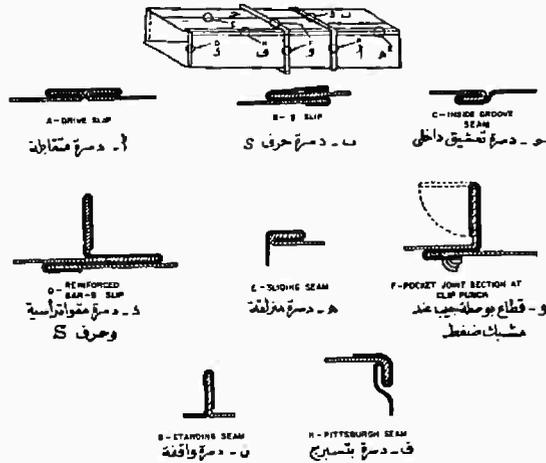
رقم مقاس ألواح الصاج سمك الألواح (أمريكي - US)	عرض المجرى بالبوصة	عرض الدسرة بالبوصة	أبعاد الزوايا الحديد التي تقوى الدسرة بالبوصة
٢٦	حتى ١٨
٢٤	من ١٩ إلى ٣٠	١
٢٢	٣١ - ٤٨	١
٢٢	٤٩ - ٦٠	١,٥	$1 \frac{3}{8} \times \frac{1}{8}$
٢٠	٦١ - ١١٨	١,٥	$1 \frac{3}{8} \times \frac{1}{8}$
١٨	١١٩ وأكبر	١,٥	$1 \frac{3}{8} \times \frac{1}{8}$

جدول رقم (٤) مقاس ألواح الصاج الجلفن بالملليمتر التي تستعمل في صناعة مجارى الهواء

عرض مجرى الهواء (بالملليمتر)	سمك ألواح الصاج (بالملليمتر)
حتى ٥٠٠	,٦٢
٥٥٠ حتى ٩٠٠	,٧٥
٩٥٠ حتى ١٢٥٠	,٨٧
١٠٠٠ حتى ١٨٠٠	١
أكبر من ١٨٥٠	١,٢٥



رسم رقم (٩-٩) طريقة تقوية مجارى الهواء بالتفنجع بالتصلب.



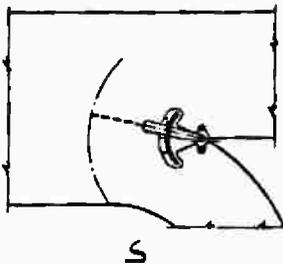
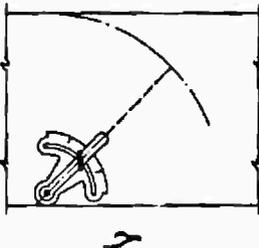
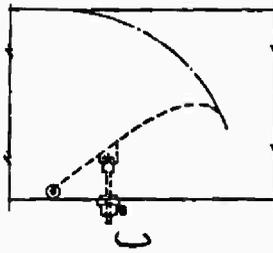
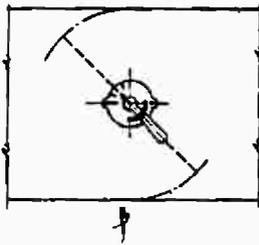
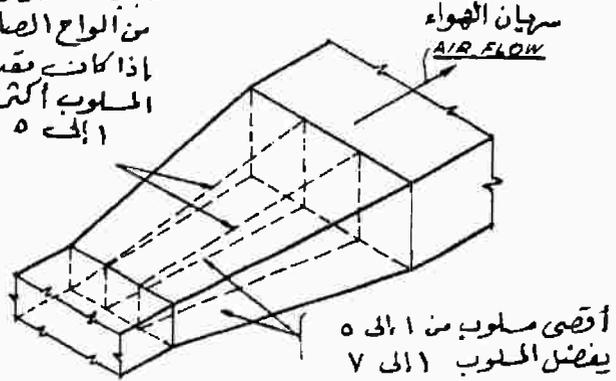
رسم رقم (١٠-٩) الأشكال المختلفة للدرس التي تستعمل لربط الأقسام التي تتركب منها مجارى الهواء.

هذا وتربط وتوصل ألواح الصاج المجلفن ببعضها التي تصنع منها مجارى الهواء بطريقة عمل الدُسر (Seams)، وكذلك التي تستعمل في ربط الأقسام التي تتركب منها مجارى الهواء حيث تعمل هذه الدُسر بالأشكال الظاهرة بالرسم رقم (٩ - ١٠). هذا وتستعمل مع جميع أنواع الدُسر التي تعمل بالألواح الصاج التي مقاسها أكبر من ٢٤ مسامير البرشام أو مسامير الصاج لتساعد في ربطها.

وفي حالة الاحتياج الى تغيير أبعاد مقطع مجارى الهواء، فإنه يجب أن يتم ذلك بالتدرج بقدر الإمكان. وعلى العموم يجب أن لا يكون مقدار الزيادة أو التخفيض في ارتفاع أو عرض المجرى أكثر من بوصة واحدة لكل سبع بوصات من طولها كما يظهر ذلك بالرسم رقم (٩ - ١١). هذا ويلزم تركيب بوابات (دامبر) تقسيم (Splitter Dampers) عند مخرج كل مجرى فرعى من مجارى الهواء كما هو ظاهر بالرسم رقم (٩ - ١٢)، وذلك لإمكان

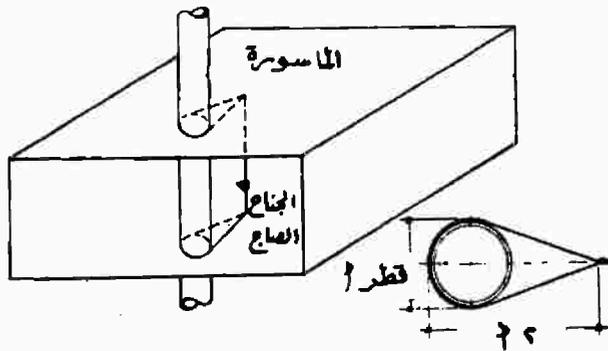
يجب استعمال ريش
من ألواح الصاج
إذا كانت مقدار
المسلوب أكثر من
١ إلى ٥

رسم رقم (٩-١١) الطريقة التي
تستعمل عند تغيير أبعاد مقطع
مجارى الهواء.



رسم رقم (٩-١٢) الأنواع
المختلفة من بوابات (دامبر)
الهواء التي تتركب بمجارى الهواء.

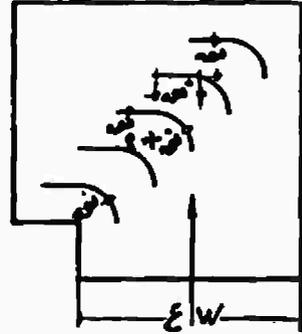
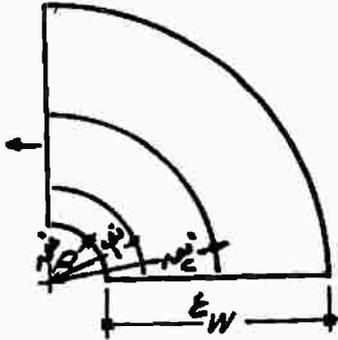
تنظيم كمية الهواء الصحيحة التي يجب أن تمر داخل هذه المجارى الفرعية، وفي نفس الوقت لتساعد في منع زيادة سرعة الهواء في هذه المجارى التي يترتب عنها حدوث أصوات تنتقل بسهولة عن طريق هذه المجارى الفرعية. وفي حالة ما تكون مجارى الهواء قد صممت على أساس حساب حجمها بطريقة السرعة (Velocity Method)، فإنه يجب تركيب بوابات هواء (دامير) حجم (Volume Dampers) تتحكم في كمية الهواء التي تمر داخل مجارى الهواء المغذية. والراجعة. هذا وتوجد ثلاثة أنواع من هذه البوابات (دامير) تستعمل في هذا الغرض. فالنوع الأول منها يسمى (دامير الفراشة - Butterfly Damper) يظهر شكله في هذا الرسم رقم (٩ - ١١٢) والنوع الثاني يسمى (الدامير الضاغط - Squeeze Damper) يظهر شكله بالرسم رقم (٩ - ١٢ب)، والنوع الثالث يسمى (الدامير ذو اللسان - Flap Damper) يظهر شكله بالرسم رقم (٩ - ١٢ح). ويضبط وضع هذه البوابات (دامير) بعد إتمام تركيب المجارى وتشغيل مروحة جهاز تكييف الهواء (يرجع إلى الفصل الخاص بعمل توازن لعملية توزيع الهواء من كتابي النواحي العملية الحديثة في التبريد وتكييف الهواء - الناشر دار المعارف). وفي حالة ما إذا كان من الضروري أن يمر داخل أى جزء من المجارى ماسورة أو حاجز مثلا، فإن حجم هذه المجارى يجب أن لا يزيد إذا شغلت هذه الماسورة أو الحاجز أكثر من ١٠٪ من مساحة مقطع المجرى. وعلى العموم يجب أن تحاط الماسورة أو الحاجز بجناح من الصاج (Easement) كما هو ظاهر بالرسم رقم (٩ - ١٣) ليعمل على تخفيض مقدار الفقد الديناميكي الذي يحدث من احتكاك الهواء اثناء مروره على هذه الماسورة أو الحاجز، داخل مجارى الهواء.



رسم رقم (٩-١٣) إذا شغلت ماسورة أكثر من ١٠٪ من مساحة مقطع المجرى، فإنها تحاط بجناح من الصاج.

ومن المعروف أنه يوجد ثلاثة أنواع من الكيعان (Elbows) تسعمل في تركيبات مجارى الهواء، فالنوع الأول منها هو النوع الذى نسبة نصف قطره $\frac{1}{4}$ أو أكثر ويعرف بالكوع ذى النصف قطر الكامل (Full Radius Elbow) وهو كالتنوع الظاهر فى الحالة رقم (١) بالجدول رقم (٢). والنوع الثانى من الكيعان هو الذى نسبة نصف قطره أقل من $\frac{1}{2}$ ويعرف بالكوع ذى النصف قطر القصير (Short Radius Elbow) وهو كالتنوع الظاهر فى الحالة رقم (٢) بالجدول رقم (٢). والنوع الثالث من الكيعان هو ذو المقطع المربع (Square Elbow) وهو كالتنوع الظاهر فى الحالة رقم (٣) بالجدول رقم (٢). هذا والنوع الثانى والثالث من هذه الكيعان يُسبب حدوث فقد ديناميكى كبير للهواء أثناء مروره بداخلها. ولعلاج هذه الحالة يُوصى بتركيب ريشتين أو ثلاث ريش (Turning Vanes) بداخل النوع الثانى من هذه الكيعان كما هو موضح فى الحالة رقم (٤) بالجدول رقم (٢)، وكذلك مجموعة من ريش التوجيه (Turning Blades) داخل النوع الثالث من هذه الكيعان كما هو موضح فى الحالة رقم (٥) بالجدول رقم (٢).

ومن الرسم رقم (٩ - ١٤) يمكن أن نرى الطريقة البسيطة التى يمكن اتباعها لتحديد ابعاد وضع هذه الريش داخل الكيعان من النوع الثانى والثالث.



رسم رقم (٩-١٤) تحديد ابعاد وضع الريش داخل الكيعان ذات المقطع المربع، وذات المقطع المستدير.

تصميم الريش الموجهة التى تركيب

داخل الأكواع المربعة

يقسم عرض المجرى (ع) إلى عدد متساو من الأقسام بحيث لا يزيد عددها عن الأقسام الموضحة بالجدول ويستعمل البعد الناتج (نق) كتصنيف قطر وكبحد لنهاية الريش مثال: مجرى هواء عرضها (ع) = ١٤ بوصة لهذا يستعمل عدد (١٠) مسافات (نق) = ٤,٦ بوصة

نق	ع
٣	أقل من ٢٤ بوصة
٥	٢٤ بوصة أو أكثر

تصميم الريش داخل الكيعان

ذات النصف قطر القصير

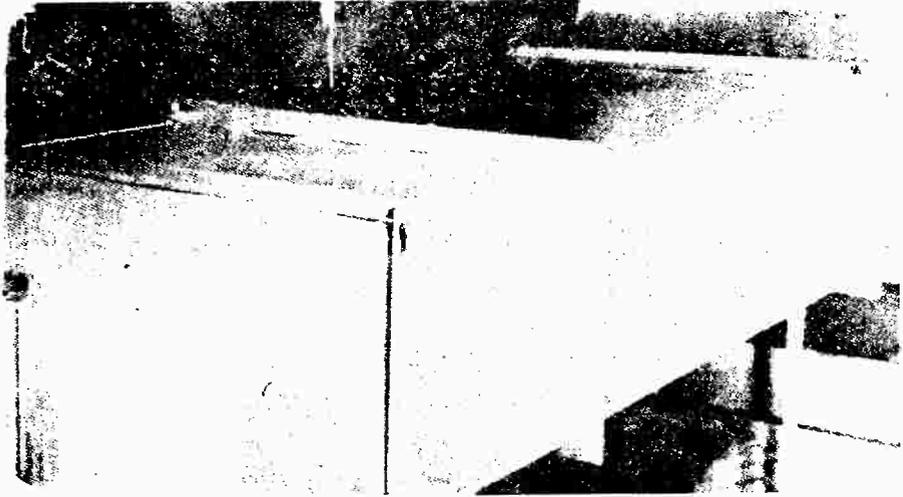
نق = ١ + $\frac{1}{4}$ ع
نق = ١ + $\frac{1}{4}$ ع
مثال ع = ٢٤ بوصة نق = ٦ بوصة
نق = ١ + $\frac{2}{3}$ ع = ١٠ بوصة
نق = ١ + $\frac{1}{3}$ ع = ١٨ بوصة

هذا وتقوم بعض الشركات بإنتاج مجموعة ريش التوجيه التي تركيب داخل الكيعان ذات المقطع المربع بالشكل الذي يظهر بالرسم رقم (٩ - ١٥)، حيث تمتاز عن الأنواع الأخرى بأن ريشها مزدوجة التركيب مما يساعد على عدم تغيير سرعة الهواء أثناء مروره عليها وبالتالي عدم حدوث صوت نتيجة لذلك.



رسم رقم (٩-١٥) مجموعة ريش التوجيه التي تركيب داخل الكيعان ذات المقطع المربع والتي تقوم بإنتاجها الشركات المتخصصة.

هذا وتعلق مجارى الهواء الصغيرة الحجم التي يبلغ عرضها حتى ٣٠ بوصة مباشرة بواسطة أحزمة من الصاج مقاس ٢٠ بوصة ويجب أن يبعد كل حزام عن الآخر بمقدار من ٤ إلى ٦ قدم، أما مجارى الهواء المتوسطة والكبيرة فنظرا لأنها قد تنحني عند تعليقها بمثل هذه الأحزمة، فإنها يجب أن تعلق من أسفلها بواسطة شلالات خاصة تصنع من أسياخ وزوايا من الحديد بالطريقة الظاهرة بالرسم رقم (٩ - ١٦). ويجب أن تبعد كل شلاله من هذه الشلالات عن الأخرى في حالة المجارى المتوسطة الحجم من ٥ إلى ٦ قدم، أما في حالة المجارى الكبيرة فيكون هذا البعد من ٣ إلى ٤ قدم.



رسم رقم (٩-١٦) طريقة تعليق مجارى الهواء المتوسطة والكبيرة الحجم.

وتوصل مجارى الهواء بجهاز تكييف الهواء أو القسم الذى يشتمل على المروحة بواسطة وصلات مرنة (Flexible Connections) تصنع من قماش المشمع المطاط السميك يظهر شكلها ومكان تركيبها بالرسم رقم (٩ - ١٧)، وذلك لمنع انتقال صوت المروحة إلى المجارى وأهتزازها.



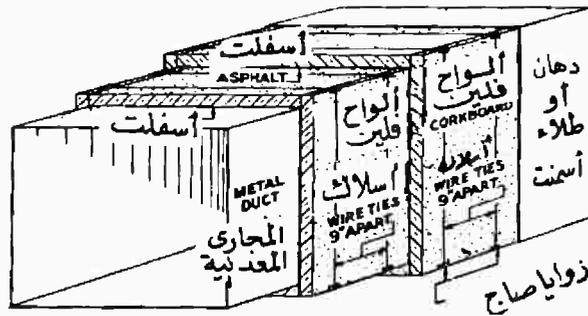
رسم رقم (٩-١٧) طريقة توصيل مجارى الهواء بجهاز تكييف الهواء بواسطة وصلة مرنة.

وعادة تعزل مجارى الهواء من الخارج لمنع انتقال الحرارة من الخارج إلى الهواء المار بداخلها أو فقد الحرارة من الهواء المار بداخلها إلى الخارج وذلك عند مرور هذه المجارى داخل أماكن تكون درجة حرارتها مرتفعة أو منخفضة نسبياً. وبالإضافة إلى ذلك فإن هذا العزل يمنع كذلك حدوث تكاثف الرطوبة الذى قد ينشأ على سطح مجارى الهواء التى يمر بداخلها الهواء البارد جداً.

ولقد ثبت من التجارب أنه عندما يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء المار داخل مجارى الهواء والخارج يتراوح ما بين ١٥ و ٢٠°ق، فإنه يلزم عزل هذا المجارى بطبقة عازلة مناسبة من النوع الجيد بسمك واحد بوصة. وإذا زاد مقدار الفرق في درجة الحرارة عن ذلك فإنه يلزم عزلها بطبقة عازلة من النوع المناسب الجيد بسمك يتراوح ما بين $\frac{1}{3}$ و ٢ بوصة. هذا ومن أحسن المواد العازلة التى تستعمل في عزل مجارى الهواء ألواح الفلين ووسائد النسيج الزجاجى وألواح البولي ستيرين المتمد (Expanded polystyrene).

وقبل تركيب ألواح الفلين أو ألواح البولي ستيرين المتمدد يلزم أولاً تنظيف سطح المجارى من الخارج جيداً ثم تقطع بعد ذلك الألواح بالمقاسات المناسبة وتغطس ألواح الفلين في الأسفلت الساخن وتلصق مباشرة على السطح الخارجى فى الوقت الذى يكون فيه الأسفلت ما زال ساخناً، أما ألواح البولى ستيرين المتمدد فتلصق بمادة لاصقة خاصة. وتربط الألواح بعد لصقها بواسطة أسلاك وذلك بعد وضع زوايا من الصاج فى الأركان التى يلف حولها سلك الرباط وبحيث يبعد كل رباط عن الآخر بمقدار ٩ بوصة. وفى حالة لصق أكثر من طبقة واحدة من ألواح المادة العازلة فإنه تتبع نفس الطريقة التى قد اتبعت أثناء لصق الطبقة الأولى.

وطريقة لصق ألواح المادة العازلة بالأسفلت تستعمل فقط فى حالة ما يكون الهواء المار داخل المجارى درجة حرارته لا ترتفع عن ٨٠°ف، أما إذا زادت عن ذلك فإنه تستعمل مواد لاصقة خاصة بدلاً من الأسفلت لمثل هذه الحالة. وبعد لصق ألواح المادة العازلة تدهن بطبقة أو طبقتين من الأسفلت الساخن وبعد ذلك بدهان الألومنيوم أو تبطن بطبقة من الإسمنت وذلك بعد تركيب شبكة من السلك الممدد (Expanded Metal) وذلك فى حالة ما تكون هذه المجارى ظاهرة. أما إذا كانت مخفية خلف حوائط أو أسقف فإنه لا يكون هناك داعٍ لدهنها بالألومنيوم أو تبطينها بطبقة من الإسمنت. الرسم رقم (٩ - ١٨) يبين خطوات عزل إحدى مجارى الهواء باستعمال ألواح الفلين، بينما الرسم رقم (٩ - ١٩) يبين طريقة تبطين المجارى بطبقة من الإسمنت فوق شبكة السلك الممدد.



رسم رقم (٩-١٨) خطوات عزل مجارى الهواء باستعمال ألواح الفلين.



رسم رقم (١٩-١٦) تبطين مجارى الهواء بطبقة من الإسمنت فوق شبكة السلك الممدد

هذا وفي بعض الأحيان تتركب طبقة من المادة العازلة للصوت داخل مجارى الهواء لمنع انتقال الصوت عن طريق هذه المجارى، وفي العادة تكون هذه المادة مانعة أيضا لا انتقال الحرارة. وفي حالة تركيبها داخل مجارى الهواء فإنه يُستغنى بذلك عن عملية عزل المجارى من الخارج. الرسم رقم (٩ - ٢٠) يبين بعض أجزاء من مجارى الهواء مبطننة من الداخل بألواح من المادة العازلة للصوت.



رسم رقم (٩-٢٠) تبطين أجزاء من مجارى الهواء من الداخل بألواح من المادة العازلة للصوت.