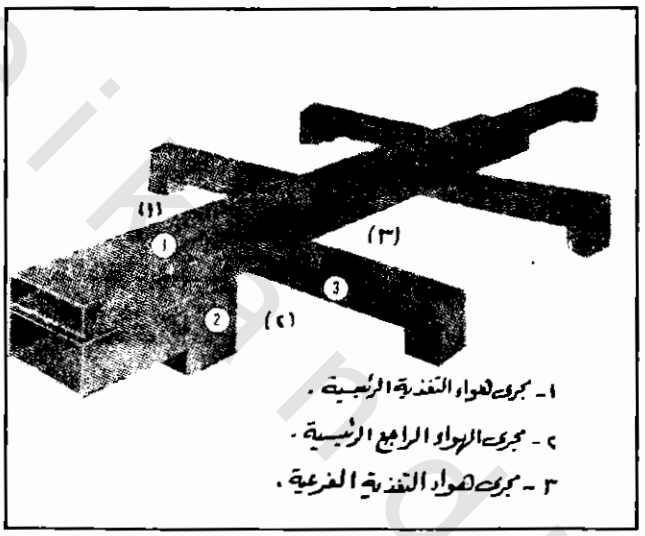
الفصل التاسع



١ - مجرى الهواء التغذية الرئيسية .
٢ - مجرى الهواء الرابع الرئيسية .
٣ - مجرى الهواء التغذية الفرعية .

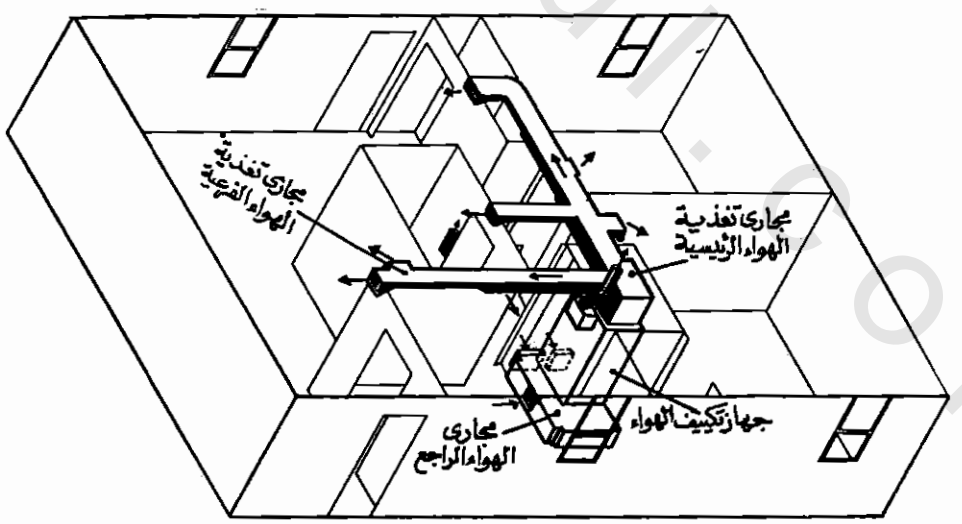
تصميم وصناعة مجارى الهواء

obeikandl.com

الفصل التاسع

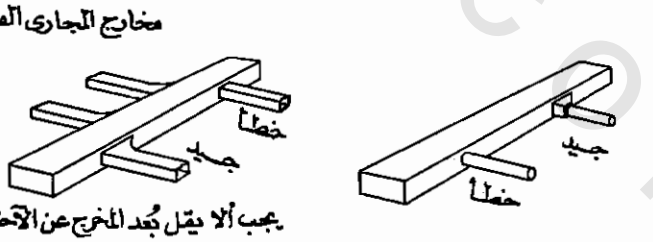
تصميم وصناعة مجارى الهواء

كما سبق أن ذكرنا أن الهواء المكيّف الذى يخرج من جهاز تكييف الهواء يوزّع فى بعض الحالات على الأماكن المختلفة بواسطة مجارى هواء. فعندما يخرج الهواء المكيّف مباشرة من الجهاز فإنه يمرّ أوّلاً داخل مجارى هواء موصلة بجهاز التكييف تسمى مجارى الهواء المغذّية الرئيسية (Main Supply Duct)، وبعد ذلك يوزّع على الأماكن المختلفة بواسطة مجارى هواء تفرّغ من المجرى الرئيسية وتسمى مجارى الهواء المغذية الفرعية (Branch supply Ducts). وقد تتّجه هذه المجارى الفرعية إلى أعلى وتسمّى فى 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) تتفرّغ جميعها من مجرى الهواء الراجع الرئيسية (Main Return Duct) الموصلة بجهاز التكييف. والرسم المبسّط رقم (٩-١) يوضّح طريقة توزيع الهواء المكيّف الخارج من جهاز التكييف باستعمال بعض هذه الأنواع المختلفة من مجارى الهواء.

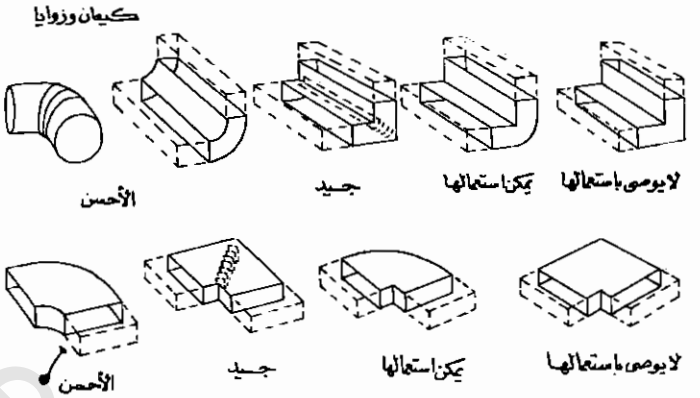


رسم رقم (٩-١) أنواع مجارى الهواء المختلفة التى توصل بجهاز تكييف الهواء المركزى

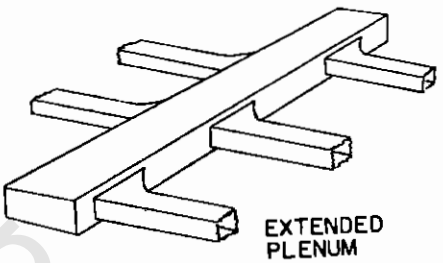
والهواء الخارج من جهاز تكييف الهواء يُدفع داخل المجارى التى تقوم بتوزيعه على الأماكن المختلفة بتأثير الضغط الذى تحدثه مروحة الجهاز. ويعترض مرور الهواء داخل هذه المجارى أوّلاً: الاحتكاك الذى ينشأ عن ملامسة الهواء أثناء مروره على السطح الداخلى لهذه المجارى. وثانيا: الدوامات الهوائية التى تنشأ عن تغيير اتجاه أو سرعة مرور الهواء. وبعمل التصميم الصحيح لمجارى الهواء فإنه يمكن تحديد مقدار هذا الأحتكاك بدرجة تجعل مروحة الجهاز يمكنها أن تتغلب عليه وتقوم بإعطاء الكمية المطلوبة من الهواء لهذه الأماكن المختلفة. وهذا وتصميم حجم مجارى الهاوء يتوقّف أوّلاً على كمية الهواء التى يجب أن تمرّ بداخلها، وثانيًا على طول هذه المجارى، ويلاحظ أنه كلّما زادت سعة التبريد المطلوبة لأحد الأماكن تزداد كذلك كمية الهواء التى يلزم نقلها إلى هذا المكان المكيّف. وتبعًا لذلك يجب أن يكون قطاع المجرى الذى يمرّ بداخلها هذا الهواء كبيرًا. ويلاحظ كذلك أنه كلما زاد طول مجارى الهواء التى تركّب من مكان جهاز التكييف إلى المكان المكيّف فإن قطاع المجرى الذى يمرّ بداخله الهواء يكبر كذلك وذلك بالنسبة لكمية واحدة من التبريد. هـذا ويجب تحاشى بقدر الإمكان استعمال مجارى الهواء التى تكون نسبة عرض قطاعها إلى ارتفاعه كبيرة، وكذلك تحاشى استعمال وصلات المجارى التى تسبب حدوث تغيير فجائى فى مساحة مقطعها أو فى اتجاه مرور الهواء. والأشكال الموضّحة بـالرسم رقم (٩-٢) تبـيّن الطرق الصحيحة والطرق الخطأ المستعملة فى صناعـة وصلات وكيعـان ومنحنيات مجـارى الهواء وكذلك مخارج المجارى الفرعية من المجارى الرئيسية، والرسم رقم (٩-٣) يبـيّن شكل طريقة مجارى تركيبات مجارى الهواء المتدّة (Exteded Plenum Duct System) التى يوصى بابستعمالها 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



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



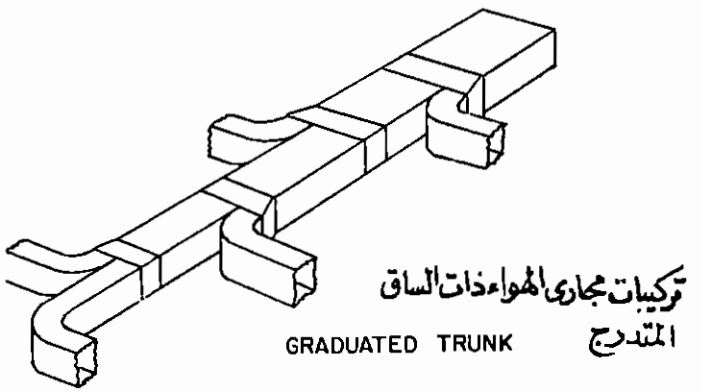
تابع رسم رقم(٩-٢)



رسم رقم (٩-٣) 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 المتدرّج (Graduated Trunk System)، كالظاهرة فى الرسم رقم (٩-٤).



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

تركيبات مجارى الهواء ذات الساق المتدرج

هذا وتوجد عدّة طرق مستعملة فى حساب حجم مجارى الهواء سنشرح هنا طريقتين منها.

وبهذه المناسبة يجب أن نعرف أن جميع هذه الطرق تعطى المقاومة النظرية فقط لهذه المجارى ولا تعطى المقاومة الحقيقية لها؛ إذ أن المواد التى تصنع منها هذه المجارى وطريقة صناعتها تلعب دورًا هامًا فى تحديد مقدار هذه المقاومة؛ ولهذا السبب فإنه يسمح بإضافة معامل أمن بعد حساب مقدار المقاومة النظرية للمجارى بأية طريقة منها مستعملة، والطريقتان اللتان سنشرحهما فيمايلى واللتان تستعملان فى حساب مجارى الهواء هما:

١ - طريقة السرعة (Velocity Method). وهى التى تختار فيها سرعة الهواء فى الأقسام المختلفة لمجارى الهواء حيث تكون أقصاها فى مجارى الهواء الرئيسية وأقلّها عند دخولها إلى الأماكن المكيّفة.

٢ - طريقة الاحتكاك المتساوى (Equal Friction Meth od) وهى التى يتم تصميم مجارى الهواء فيها بحيث يكون مقدار الفقد نتيجة احتكاك الهواء أثناء مرورة 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 فى الأقسام المختلفة لمجارى الهواء حيث تكون أقصاها فى مجارى الهواء الرئيسية وأقلها عند دخولها الأماكن المكيفة الهواء. والجدول التالى رقم (١) يبين سرعة الهواء التى يوصى باستعمالها بالنسبة للأجزاء المختلفة التى يمرّ بها الهواء، وكذلك سرعة الهواء القصوى التى يجب أن لا يتعدّاها عند مروره بهذه الأجزاء، وذلك بالنسبة لأنواع مختلفة من الأماكن.

ونظرًا لأن كمية الهواء التى تمرّ داخل كل قسم من مجارى الهواء تكون معروفة فإن مساحة مقطع كل قسم منها يمكن معرفتها بسهولة باستعمال هذه المعادلة:

$$\text{م} = \frac{\text{ك}}{\text{س}}$$

جدول رقم (١)

سرعة الهواء التى يوصى باستعمالها، والسرعة القصوى التى يجب أن لايتعداها

الجزء الذى يمرّ به الهواء	السرعة التى يوصى باستعمالها قدم/الدقيقة			السرعة القصوى التى يجب أن لا يتعدّاها قدم/الدقيقة		
	أماكن الإقامة	مدارس-مسارح مبانى عامة	أماكن صناعية	أماكن الإقامة	مدارس-مسارح مبانى عامة	أماكن صناعية
* فتحات دخول الهواء الخارجى	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٨٠٠	٩٠٠	١٢٠٠
* مرشّحات الهواء	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠
* ملفّات التبريد والتسخين	٤٥٠	٥٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠
مغاسل الهواء	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠
وصلات سحب الهواء	٧٠٠	٨٠٠	١٠٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	١٤٠٠
مخارج الهواء	١٠٠٠ - ١٦٠٠	١٣٠٠ - ٢٠٠٠	١٦٠٠ - ٢٤٠٠	١٧٠٠	١٥٠٠ - ٢٢٠٠	١٧٠٠ - ٢٨٠٠
مجارى رأسية	٧٠٠ - ٩٠٠	١٠٠٠ - ١٣٠٠	١٢٠٠ - ١٨٠٠	٨٠٠ - ١٢٠٠	١١٠٠ - ١٦٠٠	١٣٠٠ - ٢٢٠٠
مجارى فرعية	٦٠٠	٦٠٠ - ٩٠٠	٨٠٠ - ١٠٠٠	٧٠٠ - ١٠٠٠	٨٠٠ - ١٣٠٠	١٠٠٠ - ١٨٠٠
مجارى رأسية	٥٠٠	٦٠٠ - ٧٠٠	٨٠٠	٦٥٠ - ٨٠٠	٨٠٠ - ١٢٠٠	١٠٠٠ - ١٦٠٠

* هذه السرعات للهواء أثناء مروره على جميع مساحة وجه هذه الأجزاء (Face Area)، أمّا باقى السرعات الموجودة بالجدول فهى للهواء أثناء مروره على مساحة الفتحات الحرّة فقط (Free Area) الموجودة بهذه الأجزاء.

obeikandl.com

حيث

م = مساحة المقطع بالقدم المربع.

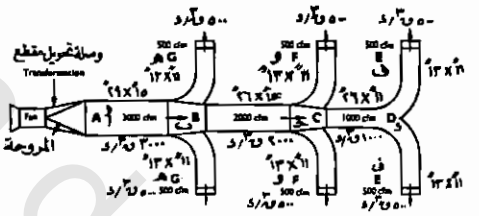
ك = كمية الهواء بالقدم المكعب / الدقيقة.

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 فى حالة تركيبات مجارى الهواء البسيطة.

مثال :

الرسم رقم (٩-٥) يبينّ تركيبات مجارى هواء لمبنى عمودى يتفرّع منها عدد (٦) مخارج هواء يُعطى كلٌ منها ٥٠٠ قدم مكعب / الدقيقة عند هـ هـ، وو، فْ ف. وعلى هذا فتكون كمة الهواء التى تعطيها 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.

٦ × ٥٠٠ = ٣٠٠٠ قدم مكعب / الدقيقة.

والمجارى الرئيسية لهذه التركيبات هى الأقسام أ ب حـ د.

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

الحل:

مساحة القسم الأوّل 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.

مساحة مقطع القسم من المجارى أ ب = $\frac{\text{٣٠٠٠ قدم مكعب/الدقيقة}}{\text{١٠٠٠ قدم / الدقيقة}}$ = ٣ قدم مربع

مساحة القسم الثانى من المجارى الرئيسية ب جـ:

فى هذا القسم من المجارى يكون موضوع الصوت له أهمية أكثر من القسم الأولّ، وعلى هذا يستحسن أن تكون سرعة الهواء فى هذا القسم ٧٥٠ قدم / الدقيقة. وكمية الهواء التى تمرّ به ٣٠٠ قدم مكعب / الدقيقة مطروحًا منها الكمية التى تخرج عن طريق الفروع ب هـ = ٣٠٠٠ - ١٠٠٠ = ٢٠٠٠ قدم مكعب / الدقيقة.

مساحة مقطع القسم من المجارى ب جـ = $\frac{٢٠٠٠}{٧٥٠}$ = ٢,٦٧ قدم مربع

مساحة القسم الثالث من المجارى الرئيسية حـ د:

هذا القسم يبعد عن مروحة جهاز التكييف ويغذّى الفروع د ف فقط والسرعة المناسبة لهذا القسم تكون ٥٠٠ قدم / الدقيقة.

وهذا القسم يمرّ بداخله ٣٠٠٠ قدم مكعب / الدقيقة مطروحًا منها الكمية التى تخرج من الفروع ب هـ ، حـ و

= ٣٠٠٠ - (١٠٠٠ + ١٠٠٠) = ١٠٠٠ قدم مكعب / الدقيقة

مساحة مقطع القسم من المجارى حـ د = $\frac{١٠٠٠}{٥٠٠}$ = ٢ قدم مربع

مساحة مقطع المجارى الفرعية والرأسية د ف:

نظراً لوجود مخرج هواء واحد فى نهاية كل مجرى رأسية (Riser). ولهذا فإنه يكون حجم هذه المجارى الرأسية والفرعية واحدًا. وسرعة الهواء المناسبة التى تمرّ بداخلها تكون ٥٠٠ قدم / الدقيقة وكمية الهواء ٥٠٠ قدم مكعب / الدقيقة.

obeikandl.com

مساحة مقطع هذه المجارى = $\frac{٥٠٠}{٥٠٠}$ = ١ قدم مربع.

وعلى هذا تكون مساحة مقطع أقسام هذه المجارى معروفة ويمكن تحديدها. ومن الناحية العملية كذلك فإنه من المستحسن أن يُغيَّر بُعْدٌ واحد فقط من أبعار المقطع عند كل جزء من المجارى تتغيرّ مساحة مقطعة.

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

أ ب ... ٢٩ × ١٥ بوصة تعطى مساحة مقطع قدرها ٣,٠٢ قدم مربع

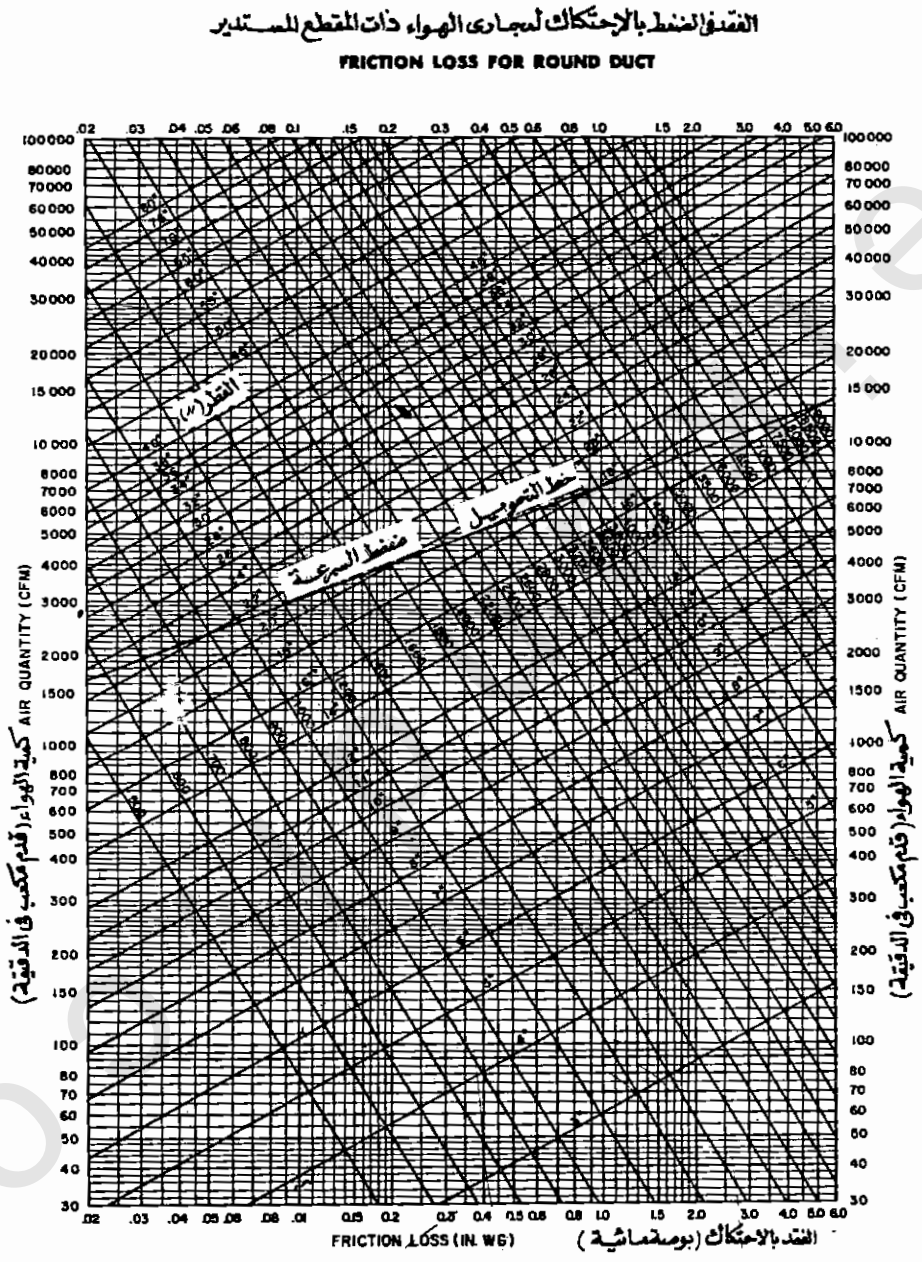
ب جـ ... ٢٦ × ١٥ بوصة تعطى مساحة مقطع قدرها ٢,٧ قدم مربع

جـ د ... ٢٦ × ١١ بوصة تعطى مساحة مقطع قدرها ١,٩٩ قدم مربع

د ف ... ١٣ × ١١ بوصة تعطى مساحة مقطع قدرها ٩٩, قدم مربع.

٢ - طريقة الاحتكاك المتساوى لحساب حجم مجارى الهواء

هذه الطريقة يوصى دائماً باستعمالها لأنها لا تحتاج إلى خبرة خاصّة 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 منظّم للأماكن المكيّفة وخصوصًا 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 بالأحتكاك بالبوصة المائية لكل ١٠٠ قدم من طول المجارى وذلك لأحجام مختلفة منها ذات مقطع مستدير يمرّ به بداخلها الكميات المختلفة المبينة 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.



رسم رقم (٩-٦) خريطة الفقد فى الضغط بالإحتكاك لمجارى الهواء ذات المقطع المستدير.

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

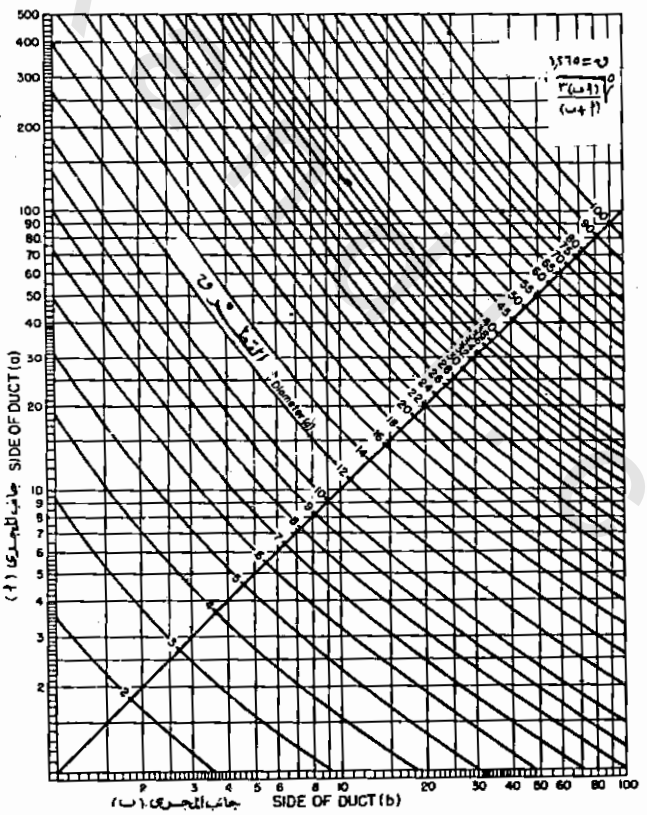
مثال :

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 الأحتكاك المتساوى.

الحل :

نبدأ بالمجرى د ف :

ونختار سرعة الهواء فى هذا القسم ٥٠٠ :قدم/ الدقيقة.



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

$$\text{مساحة مقطع هذه المجرى} = \frac{\text{٥٠٠ قدم مكعب / الدقيقة}}{\text{٥٠٠ قدم / الدقيقة}} = \text{١ قدم مربع}$$

قطر المجرى التى مقطعها ١ قدم مربع = ١٣,٥ بوصة

ومن الخريطة رقم (٩-٦) يكون الفقد فى الضغط لكل ١٠٠ قدم = ٠٣, بوصة مائية.

والمجرى حـ د يمرّ بداخلها ١٠٠٠ قدم مكعب من الهواء / الدقيقة، فإذا كان الفقد فى الضغط لكل ١٠٠ قدم منها = ٠٣, بوصة مائية.

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون فى هذه الحالة = ١٧,٥ بوصة (من الخريطة رقم (٩-٦).

والمجرى ب حـ يمرّ بداخلها ٢٠٠٠ قدم مكعب من الهواء / الدقيقة. فإذا كان الفقد فى الضغط بكل ١٠٠ قدم منها = ٠٣, بوصة مائية

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون فى هذه الحالة = ٢٣ بوصة (من الخريطة رقم ٩-٦).

والمجرى أ ب يمرّ بداخلها ٣٠٠٠ قدم مكعب من الهواء/ الدقيقة. فإذا كان الفقد فى الضغط بكل ١٠٠ قدم منها = ٠٣, بوصة مائية.

فإن قطر المجرى ذات المقطع المستدير يكون فى هذه الحالة = ٢٦,٥ بوصة (من الخريطة رقم ٩-٦).

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 (٩-٧) لأختيار الأبعاد المناسبة للمجارى ذات المقطع المستطيل المعادل.

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

المجرى د ف قطرها ١٣,٥ بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها ١٤×١١ أو ١٢×١٣ بوصة

المجرى حـ د قطرها ١٧,٥ بوصة وتكون المجرى ذات المقطع المستطيل أبعادها ٢٤×١١ أو ٢٠×١٣ بوصة

المجرى ب حـ 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 تُعطيان فقط حجم هذه المجارى، ولكن ليس معنى هذا أنه باتّباع هاتين الطريقتين نحصل على كميات الهواء المضبوطة التى توزّع على الأماكن المختلفة؛ إذ أن الأماكن القريبة من مروحة الجهاز قد تحصل على كميات من الهواء أكثر قليلًا من الكميات التى تحصل عليها الأماكن الموجودة فى نهايات مجارى التوزيع.

ولتصميم مجارى هواء تعطى الكميات المضبوطة بدقّة للأماكن المختلفة فإن ذلك يحتاج إلى إجراء عمليات حسابية طويلة وكذلك إلى صناعة مجارى هواء ذات أحجام خاصّة. وفى الحالات التى تتطلّب عملية توزيع هواء منتظمة فإنه قد يكون من الضرورى 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 كيعان وزوايا ووصلات مجارى الهواء، وذلك للعمل على تخفيض مقدار الفقد فى الضغط نتيجة لمرور الهواء خلال هذه الأجزاء، وبذلك نحصل على الوفر اللازم فى حجم المروحة والقوّة اللأزمة لتحريكها التى تُختار لدفع الهواء داخل هذه المجارى.

والرسم رقم (٩-٢) يبيّن الأشكال التى توضح الطرق والصحيحة والطرق الخطأ المستعملة فى صناعة وصلات وكيعان وزوايا مجارى الهواء وكذلك مخارج المجارى الفرعية.

٣ – حساب مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء

لا مكان أختيار حجم المروحة التى تركّب مع تركيبات مجارى الهواء يجب أوّلًا: معرفة كمية الهواء التى ستدفعها هذه المروحة. وثانيا: مقدار الضغط الذى ستعمل أمامه هذه المروحة والذى يُحدده مقدار المقاومة الكلية لمجارى الهواء والتى يمكن معرفتها فقط بعد

تصميم شكل وحجم وطول مجارى الهواء التى ستركّب. 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 الديناميكى (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 تسبّب حدوث دوّامات هوائية بداخلها تعمل على زيادة مقدار الفقد فى الضغط الدنياميكى هى الكيعان والزوايا والمنخيات الضّيقة والمداخل والوصلات بأنواعها المختلفة والبوايات (دامبر) وموزعات الهواء والمرشّحات ومغاسل الهواء وملفّات التبريد والتسخين. وفى العادة فإن مقدار الفقد فى الضغط للأجزاء مثل موزّعات الهواء والمرشحات ومغاسل الهواء وملفّات التبريد والتسخين تعطيه الشركات التى تصنع هذه الأجزاء وتبيّنه بكتالوجات مواصفات هذه الأجزاء.

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

$$ف = م \times \left(\frac{س}{٤٠٠٥} \right)^{٢}$$

حيث

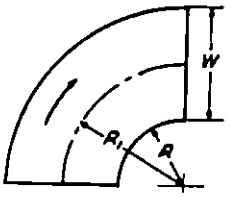
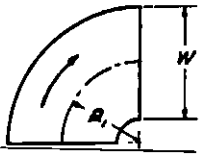
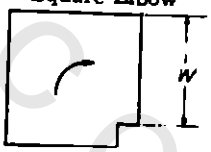
ف = مقدار الفقد فى ضغط السرعة بالبوصة المائية.

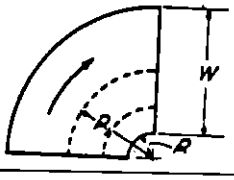
م = معامل يمكن معرفته من الجدول رقم (٢) التالى.

س = سرعة الهواء بالقدم فى الدقيقة.

جدول رقم (٢)

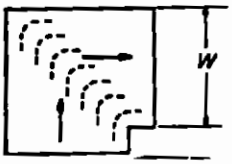
معامل الفقد فى ضغط السرعة فى كيعان وزوايا الأجزاء المختلفة لمجارى الهواء ذات المقطع المستطيل

المعامل	نسبة نصف القطر إلى الارتفاع R1/W	نسبة نصف القطر الداخلى إلى الارتفاع R/W	المعامل: الأجزاء وسط مجارى الهواء	المعامل: الهواء يخرج عن طريق هذه الأجزاء
١ - كوع ذى نصف قطر كامل. Full Radius Elbow 	٣	٢,٥	,١١	,٢٢
	٢	١,٥	,١٢	,٢٣
	١,٧٥	١,٢٥	,١٢	,٢٦
	١,٥	١	,١٣	,٣٥
	١,٢٥	,٧٥	,١٦	,٤١
	١	,٥	,٢٢	,٥٣
	,٧٥	,٢٥	,٣٧	,٨٧
٢ - كوع قصير. Radius Elbow 	,٥	صفر. صفر	١,٠٥	١,٩
٣ - كوع مربّع. Square Elbow 	صفر. صفر	صفر. صفر	١,١٥	١,٩٥

المعامل	نسبة نصف القطر إلى الارتفاع R1/W	نسبة نصف القطر الداخلى إلى الارتفاع R/W	المعامل: ريشة واحدة	المعامل: ريشتان	المعامل: ثلاث ريش
٤ - كوع قصير داخله ريش. Radius Elbow with Vanes 	١	,٥	,١٣	,١	,١
	,٧٥	,٢٥	,١٦	,١٢	,٠٩
	,٥	صفر. صفر	,٧	,٤٥	,٣

٥ – كوع مربع داخله ريش.

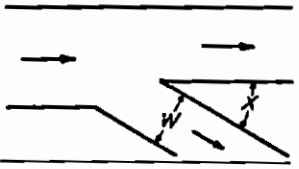
Square Elbow with Vanes



صفر. صفر	صفر. صفر	شكل الريش		المعامل
		زوايا		,٨٨
		منحنية		,٣٥
		مزدوجة		,١

٦ – مخرج مجرى.

Duct Take-Off



مقدار الزاوية ×	°١٥	°٣٠	°٤٥	°٦٠
المعامل	,٠٨	,١٨	,٢٨	,٤٣

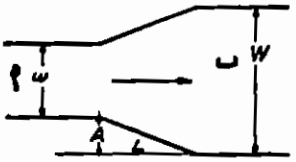
٧ – تخفيض تدريجى فى مساحة المقطع

Gradual Contraction

نسبة الانحدار A/L	١ – ٧	١ – ٣	١ – ١	٤ – ١
المعامل	,٠٠٣	,٠١٥	,٠٣	,٠٧

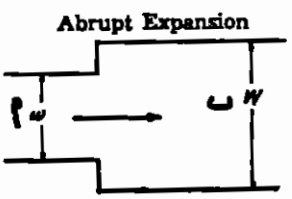
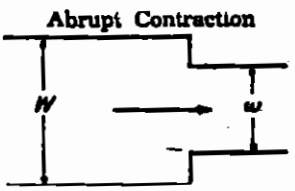
٨ – زيادة تدريجية فى مساحة المقطع.

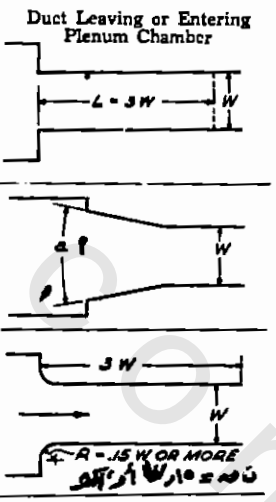
Gradual Expansion



نسبة الأنحدار A/L	المعامل نسبة المساحات أ٢ إلى ب٢			
	١,٥–١	٢–١	٣–١	٥–١
١٠–١	,١٧	,٢٣	,٢٧	,٢٩
٧–١	,٢٢	,٢٩	,٣٥	,٣٧
٥–١	,٢٧	,٣٧	,٤٤	,٤٧
٣–١	,٣٨	,٥٢	,٦١	,٦٦
٢–١	,٥٠	,٦٨	,٨٠	,٨٦
°٣٠	,٥٥	,٧٥	,٨٩	,٩٦

obeikandl.com

		المعامل. نسبة المساحات أ٢ إلى ب٢			
	نسبة الأنحدار A/L	١,٥-١	٢-١	٣-١	٥-١
٩ - ازدياد فجائى فى مساحة المقطع. 	٩٠°	,١	,٢٥	,٤٥	,٦٤
١٠ - تخفيض فجائى فى مساحة المقطع. 	٩٠°	,١٤	,٢٦	,٣٨	,٤٦

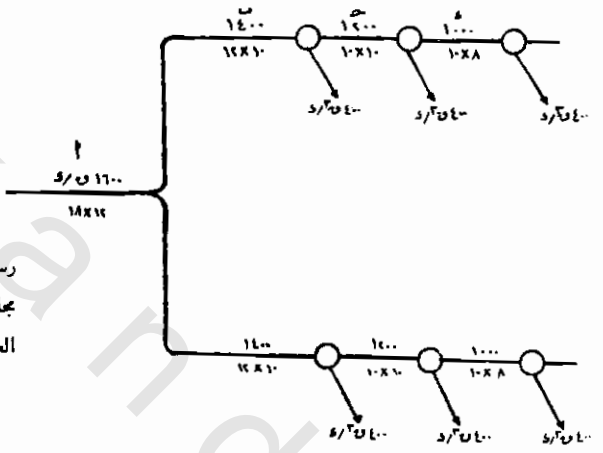
١١ - المجرى تخرج من أو تدخل حجرة تجميع الهواء. 	الحالة	تدخل المجارى الموصلة بالمروحة	تخرج من المجارى الموصلة بالمروحة
		المعامل	المعامل
	أركان مربعة	,٨٧	,٤٧
	أ= ٢٠° أوأقل	,٥	,١١
	أ = ٢٥°	,٦٦	,١٢
	أ = ٣٠°	,٨٠	,٢٥
	أركان نصف قطرية	.....	,١٢

وبتتبع المثال الآتى 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 فى الآقسام المختلفة منها وأبعاد مقطع كل قسم . هذا وطول القسم أ هو ٢٠ قدما والقسم ب هو ٤٠ قدما وكل من القسم جـ، د هو ٢٠ قدما. ومقدار الفقد فى 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 فى الرسم رقم (٩ - ٨) = مقدار الفقد بالاحتكاك للاقسام (ا + ب + حـ + د) + مقدار الفقد فى الضغط الديناميكى للكيان ٢،١ + مقدار الفقد فى الضغط لموزعات الهواء.

ويمكن إيجاد مقدار الفقد فى الضغط بالاحتكاك للأقسام ا،ب،جـ،د بالطريقة الآتية:

القسم من المجرى	ا	ب	جـ	د
طول القسم من المجرى بالقدم	٢٠	٤٠	٢٠	٢٠
الفقد بالاحتكاك لكل ١٠٠ قدم (بوصة مائية)	,٢٥	,٢٥	,٢	,٢

وذلك من الخريطة رقم (٩ - ٦)

مقدار الفقد بالاحتكاك للقسم من المجرى (بوصة مائية) ٠٥, ١, ٠٤, ٠٤,

مقدار الفقد بالاحتكاك للأقسام ا، ب، حـ، د = ٠٥, + ١, + ٠٤, + ٠٤, = ٢٣, بوصة مائية

مقدار الفقد فى الضغط الديناميكى للكوع (١) حسب المعادلة ف

$$= م \times \left(\frac{س}{٤٠٠٥} \right)^{٢}$$

$$= ٢, \times \left(\frac{١٦٠٠}{٤٠٠٥} \right)^{٢} = ٠٣,$$ بوصة مائية

مقدار الفقد فى الضغط الديناميكى للكوع (٢) حسب المعادلة ف

$$= ٢, \times \left(\frac{١٤٠٠}{٤٠٠٥} \right)^{٢} = ٢٥,$$ بوصة مائية

مقدار المقاومة الكلية لتركيبات مجارى الهواء المبينة فى الرسم رقم (٩ - ٨).

= ٢٣, + ٠٣, + ٠٢٥, + ١٢٥, = ٤١٠, بوصة مائية

وعلى هذا يجب أن يكون مقدار الضغط عند مدخل المجارى الرئيسية ا هو ٤١, بوصة مائية وتختار المروحة التى تركب عند مدخل هذه المجارى الرئيسية ليس لتعطى كمية الهواء المطلوبة بهذا الضغط فقط، ولكن لكى تقاوم كذلك الفقد فى الضغط الذى ينشأ عن باقى الأجزاء الأخرى التى قد تكون مركبة فى مجارى الهواء كملفات التبريد والتسخين والمرشحات والتى يُعطى مقدار الفقد فى الضغط الناتج عنها بمعرفة الشركات الصانعة لها. وفى العادة يكون مقدار الضغط الاستاتيكى الذى تقدمه المراوح التى تركب فى أجهزة تكييف الهواء يتراوح ما بين ١, و ١,٥ بوصة مائية.

obeikandl.com

صناعة وطرق تركيب مجارى الهواء

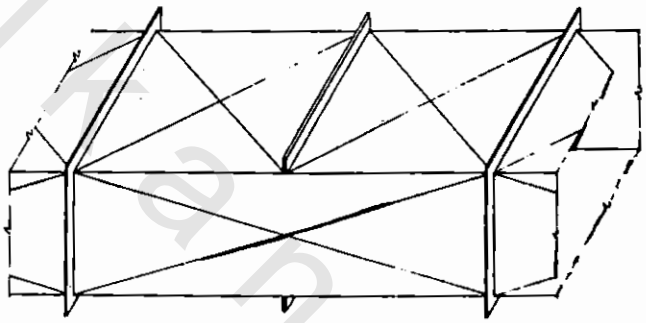
عادة تصنع مجارى الهواء من ألواح الصاج الجلفن، ومن الضرورى أن يكون سمك هذه الألواح كافيا لمنع حدوث إهتزاز أو انتفاخ فجائى بها (Buckling) عند تغير ضغط الهواء المار بها وذلك عندما تبتدئى مروحة جهاز التكييف فى الدوران أو الوقوف. الجدول رقم (٣) يبين مقاس ألواح الصاج التى تستعمل لأحجام مجارى الهواء المختلفة ذات المقطع المستطيل بالبوصة، والجدول رقم (٤) يبين مقاس ألواح الصاج المجلفن التى تستعمل فى صناعة مجارى الهواء بالملليمتر. وهذه المجارى تكون مقواة بطريقة التقفيع 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 التتصنيع بالتصليب

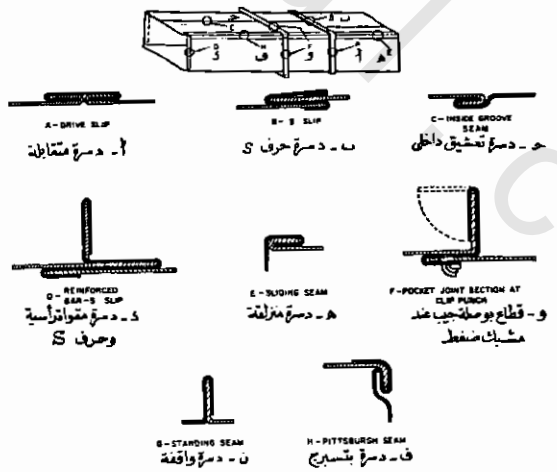
رقم مقاس ألواح الصاج (أمريكى – US)	سمك الألواح بالبوصة	عرض المجرى بالبوصة	عرض الدسرة بالبوصة	أبعاد الزوايا الحديد التى تقوى الدسرة بالبوصة
٢٦	,٠١٧٩	حتى ١٨	.....	.....
٢٤	,٠٢٣٩	من ١٩ إلى ٣٠	١	.....
٢٢	,٠٢٩٩	٣١ – ٤٨	١	.....
٢٢	,٠٢٩٩	٤٩ – ٦٠	١,٥	١ × ١/٨ × ٣/٨
٢٠	,٠٣٥٩	٦١ – ١١٨	١,٥	١ × ١/٨ × ٣/٨
١٨	,٠٤٧٨	١١٩ وأكبر	١,٥	١ × ٣/٨ × ٣/٨

جدول رقم (٤) مقاس ألواح الصاج الجلفن بالملليمتر التى تستعمل فى 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



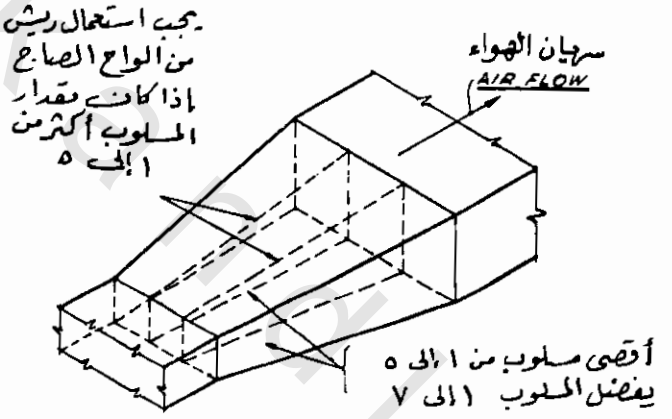
رسم رقم (٩-٩) طريقة تقوية مجارى الهواء بالتقفيع بالتصليب.



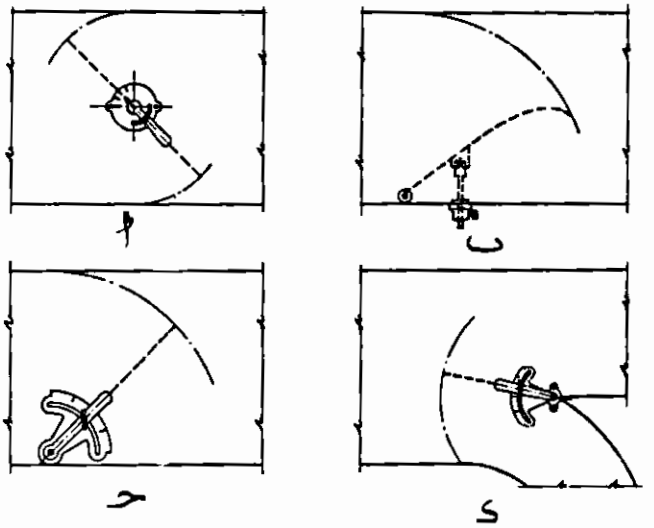
رسم رقم (٩-١٠) الأشكال المختلفة للدسر التى تستعمل لربط الأقسام التى تتركب منها مجارى الهواء.

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

وفى حالة الاحتياج الى تغيير أبعاد مقطع مجارى الهواء، فإنه يجب أن يتم ذلك بالتدريج بقدر الإمكان. وعلى العموم يجب أن لا يكون مقدار الزيادة أو التخفيض فى 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

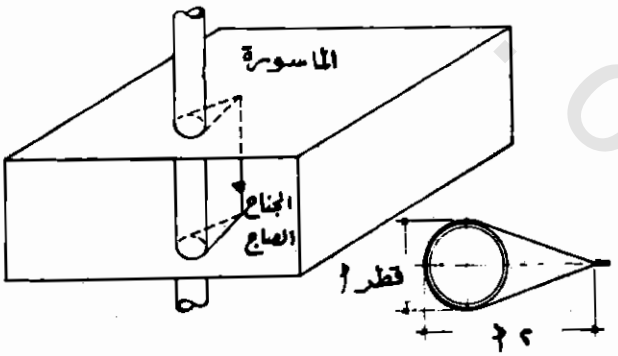


رسم رقم (٩-١١) الطريقة التى تستعمل عند تغيير أبعاد مقطع مجارى الهواء.



رسم رقم (٩-١٢) الأنواع المختلفة من بوابات (دامبر) الهواء التى تركب بمجارى الهواء.

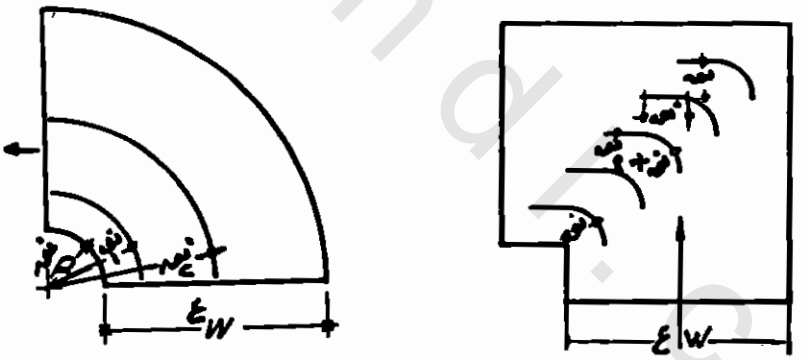
تنظيم كمية الهواء الصحيحة التى يجب أن تمر داخل هذه المجارى الفرعية، وفى نفس الوقت لتساعد فى منع زيادة سرعة الهواء فى هذه المجارى التى يترتب عنها حدوث أصوات تنتقل بسهولة عن طريق هذه المجارى الفرعية. وفى حالة ما تكون مجارى الهواء قد صممت على أساس حساب حجمها بطريقة السرعة (Velocity Method)، فإنه يجب تركيب بوابات هواء (دامير) حجم (Volume Dampers) تتحكم فى كمية الهواء التى تمر داخل مجارى الهواء المغذية والراجعة. هذا وتوجد ثلاثة أنواع من هذه البوابات (دامير) تستعمل فى هذا الغرض. فالنوع الأول منها يسمى (دامبر الفراشة – Butterfly Damper) يظهر شكله فى الرسم رقم (٩ – ١٢ا) والنوع الثانى يسمى (الدامبر الضاغط – Squeeze Damper) يظهر شكله بالرسم رقم (٩ – ١٢ب)، والنوع الثالث يسمى (الدامبرذو اللسان – Flap Damper) يظهر شكله بالرسم رقم (٩ – ١٢حـ). ويضبط وضع هذه البوابات (دامبر) بعد إتمام تركيب المجارى وتشغيل مروحة جهاز تكييف الهواء (يرجع إلى الفصل الخاص بعمل توازن لعملية توزيع الهواء من كتابى النواحى العملية الحديثة فى التبريد وتكييف الهواء – الناشر دار المعارف). وفى حالة ما إذا كان من الضرورى 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 الديناميكى الذى يحدث من احتكاك الهواء اثناء مروره على هذه الماسورة أو الحاجز، داخل مجارى الهواء.



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

ومن المعروف أنه يوجد ثلاثة أنواع من الكيعان (Elbows) تستعمل فى تركيبات مجارى الهواء، فالنوع الأول منها هو النوع الذى نسبة نصف قطره $\frac{1}{2}$ ١ أو أكثر ويعرف بالكوع ذى النصف قطر الكامل (Full Radius Elbow) وهو كالنوع الظاهر فى الحالة رقم (١) بالجدول رقم (٢). والنوع الثانى من الكيعان هو الذى نسبة نصف قطره أقل من ١ ١/٢ ويعرف بالكوع ذى النصف قطر القصير (Short Radius Elbow) وهو كالنوع الظاهر فى الحالة رقم (٢) بالجدول رقم (٢). والنوع الثالث من الكيعان هو ذو المقطع المربع (Square Elbow) وهو كالنوع 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 أبعاد وضع الريش داخل الكيعان ذات المقطع المربع، وذات المقطع المستدير.

تصميم الريش داخل الكيعان ذات النصف قطر القصير

نق١ = نق + $\frac{1}{4}$ ع

نق١ = نق + $\frac{1}{3}$ ع

مثال ع = ٢٤ بوصة نق = ٦ بوصة.

نق١ = نق + $\frac{٢٤}{٢}$ = ١٠ بوصة

نق١ = نق + $\frac{٢٤}{٣}$ = ١٨ بوصة

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

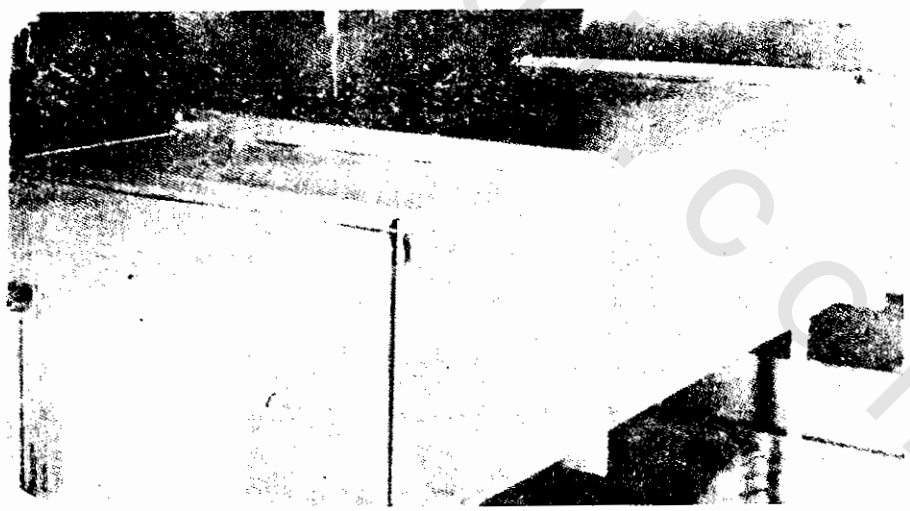
تصميم الريش الموجهة التى تركب داخل الأكواع المربعة

يقسم عرض المجرى (ع) إلى عدد متساو من الأقسام بحيث لايزيد عددها عن الأقسام الموضحة بالجدول ويستعمل البعد الناتج (نق) كنصف قطر وكبعد لنهاية الريش مثال: مجرى هواء عرضها (ع) = ٦٤ بوصة لهذا يستعمل عدد (١٠) مسافات (نق) = ٤,٦ بوصة

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

رسم رقم (٩-١٥) مجموعة ريش التوجيه التى تركب داخل الكيعان ذات المقطع المربع والتى تقوم بإنتاجها الشركات المتخصصة.

هذا وتعلق مجارى الهواء الصغيرة الحجم التى 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 تنحنى عند تعليقها بمثل هذه الأحزمة، فإنها يجب أن تعلق من أسفلها بواسطة شيالات خاصة تصنع من أسياخ وزوايا من الحديد بالطريقة الظاهرة بالرسم رقم (٩ - ١٦). ويجب أن تبعد كل شيالة من هذه الشيالات عن الأخرى فى حالة المجارى المتوسطة الحجم من ٥ إلى ٦ قدم، أما فى 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 المشبع بالمطاط 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.

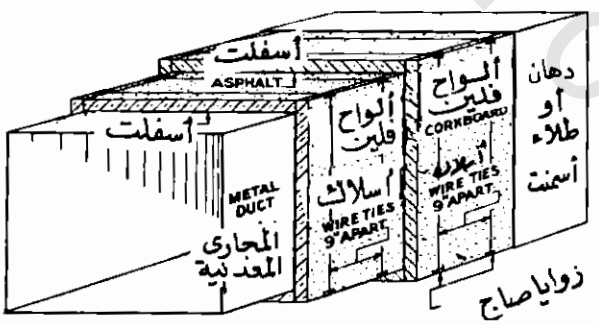
وعادة تعزل مجارى الهواء من الخارج لمنع انتقال الحرارة من الخارج إلى الهواء المار بداخلها أو فقد الحرارة من الهواء المار بداخلها إلى الخارج وذلك عند مرور هذه المجارى داخل أماكن تكون درجة حرارتها مرتفعة أو منخفضة نسبيا. وبالإضافة إلى ذلك فإن هذا العزل يمنع كذلك حدوث تكاثف الرطوبة الذى قد ينشأ على سطح مجارى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

ولقد ثبت من التجارب أنه عندما يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء المار داخل مجارى الهواء والخارج يتراوح ما بين ١٥ و ٢٠°ف، فإنه يلزم عزل هذا المجارى بطبقة عازلة مناسبة من النوع الجيد بسمك واحد بوصة. وإذا زاد مقدار الفرق فى درجة الحرارة عن ذلك فإنه يلزم عزلها بطبقة عازلة من النوع المناسب الجيد بسمك يتراوح ما بين $\frac{١}{٢}$ ١ و٢ بوصة.

هذا ومن أحسن المواد العازلة التى تستعمل فى عزل مجارى الهواء ألواح الفلين ووسائد النسيج الزجاجى وألواح البولى ستيرين المتمدد (Expanded polystyrene).

وقبل تركيب ألواح الفلين أو ألواح البولى ستيرين المتمدد يلزم أولا تنظيف سطح المجارى من الخارج جيدا ثم تقطع بعد ذلك الألواح بالمقاسات المناسبة وتغطس ألواح الفلين فى الأسفلت الساخن وتلصق مباشرة على السطح الخارجى فى الوقت الذى يكون فيه الأسفلت ما زال ساخنا، أما الواح 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 بدلا من الأسفلت لمثل هذه الحالة. وبعد لصق ألواح المادة العازلة تدهن بطبقة أو طبقتين من الأسفلت الساخن وبعد ذلك بدهان الألومنيم 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 مختفيه خلف حوائط أو أسقف فإنه لا يكون هناك داع لدهنها بالألومنيوم أو تبطينها بطبقة من الإسمنت. الرسم رقم (٩ - ١٨) يبين خطوات عزل أحدى مجارى الهواء باستعمال الواح 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 (٩-١٩) تبطين مجارى الهواء بطبقة من الإسمنت فوق شبكة السلك الممدد

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

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