



شرح طرق تصميم الدكتات و حساب انخفاض الضغط *Head* Lose فيها لاختيار المراوح الموصولة بالدكتات.



اعداد المهندس: عادل محمد احمد

eng.adil68@gmail.com

رقم الهوية : 2948

تصميم المجاري الهوائية

AIR DUCTs DESIGN

1 - اعتبارات عامة (General considerations) :

الغرض من تصميم المجاري هو تغذية كمية معينة من الهواء إلى كل مخرج في الأماكن المكيفة. تصنع جميع المجاري في عمليات تكيف الهواء من الصاج المجلفن لرخصه وسهولة تشكيله. يختلف سمك الصاج تبعاً لأبعاد مقطع المجرى. للمسالك الصغيرة والتي لا يتجاوز طول أكبر ضلع فيها 75 سم تصنع من صاج سمكه 0.75 مم وللمسالك التي يزيد طول أحد أضلاع مقطعها عن 75 سم تصنع من صاج سمكه 1 مم . يمكن تصنيع المجاري من الألمونيوم، الصوف الزجاجي ، الأسمنت والبلاستيك .

حالياً تستخدم المجاري المصنعة من الصوف الزجاجي (Fibrous glass) وذلك لإمكاناتها على امتصاص الضوضاء والعزل الحراري والمائي . يمكن التحكم في مستوى الضوضاء بتحديد سرعة سريان الهواء ، و باستخدام مواد ماصة للصوت وتجنب وجود عوائق مثل خنق هوائي شبه مقفل . عادة تغطي مسالك الهواء من الداخل بألواح من الصوف الزجاجي سمكها بوصة وذلك لمسافة محدودة من مخرج المروحة بينما باقي المجرى يغطي بالعازل الحراري والعازل المائي . يجب أن لا تسمح المجاري الهوائية بتسرب الهواء إلا في حدود 1% من معدل السريان وذلك لأنظمة السرعات العالية.

2 - العوامل المؤثرة على تخطيط المجاري (Factors influencing duct layout) :

تخطط أنظمة المجاري الهوائية مهم جداً عادة نحدد أماكن مخارج الهواء وأجهزة التكيف , بعد ذلك نحدد مسالك الهواء التي تتفق مع سهولة تصنيع وتركيب المجاري .

يؤثر على تخطيط المجاري الهوائية العوامل التالية :

أ - الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال المجاري .

ب - النسبة الجانبية (Aspect ratio) لأضلاع المقطع المستطيل .

ج - معدل فاقد الاحتكاك لكل متر طولي للمسالك المستقيمة .

د - أنواع تركيبات المجاري وعددها.

يؤدي زيادة النسبة الجانبية إلى زيادة كل من الحرارة المنتقلة خلال المجاري ، التكلفة الأولية

(Initial cost) معامل الاحتكاك وبالتالي تكلفة التشغيل (Operating cost) .

ومن المهم جداً الأخذ في الاعتبار التكلفة الأولية وتكلفة التشغيل لتحديد القطر الأمثل للمجرى

وذلك لأن تصغير قطر المجرى يقلل من التكلفة الأولية ولكنه في نفس الوقت يسبب زيادة سرعة

الهواء وانخفاض الضغط وبالتالي زيادة القدرة اللازمة للمروحة علاوة على زيادة مستوى

الضوضاء.

من الدراسات الدقيقة اتضح أنه من الأفضل تصميم المجاري الهوائية لأقل نسبة جانبية (Aspect

ratio) وبذلك تكون أقل تكلفة للمقاطع الدائرية ، يليها المقاطع المربعة ثم المقاطع المستطيلة ذات

النسبة الجانبية الصغيرة .

3 - تصنيف أنظمة المجاري الهوائية (Classification of air duct systems):

تصنف المجاري بالنسبة إلى سرعة خروج الهواء من المراوح إلى :

أ - أنظمة السرعات المنخفضة ($V = e \rightarrow 12 \text{ m/s}$) مع انخفاض للضغط مقداره (0.5 → 1.2 Pa) .

ب - أنظمة السرعات العالية ($V = 12 \rightarrow 20 \text{ m/s}$) مع انخفاض للضغط مقداره (3 → 5 Pa) .

تصنف المجاري بالنسبة إلى الضغط الكلي للمراوح إلى:

أ - أنظمة الضغط المنخفض ($P \leq 900 \text{ Pa}$)

ب - أنظمة الضغط المتوسط ($900 < P < 1600$)

ج - أنظمة الضغط العالي ($1600 < P < 3000$)

4 - طرق تخطيط المجاري الهوائية (Air duct layout methods) :

يمكن تصنيف أنظمة مسالك الهواء إلى :

أ - أنظمة محيطية (Perimeter systems)

وفيها مسالك الهواء تحيط بالمبنى وتتصل بجهاز التكييف بواسطة ممرات التغذية ، وتكون تغذية الهواء قرب أو عند مستوى الأرضية خلال جريلات أرضية أو حائطية سفلية . هذا النظام ينفع إذا وجد فراغ تحت الأرضية وهو المفضل إذا كانت التدفأة الشتوية هي الغالبة على مدار العام .

ب - أنظمة علوية (Overhead systems)

ينقل الهواء المكيف من جهاز التكييف إلى الأماكن المختلفة خلال مسالك هوائية علوية تمتد خلال السقف المزيف إلى مخارج سقوية أو حائطية علوية . هذا النظام مفضل إذا كان تبريد الهواء هو الغالب على مدار السنة .

توجد طريقتان لتخطيط المجاري الفوقية :

❖ طريقة المجاري المستقلة (Individual ducts method)

في هذه الطريقة يجمع الهواء المكيف عند مخرج المروحة في صندوق تجميع ومنه تخرج فروع مستقلة إلى أي مكان أو حجرة يراد تكييفها .

❖ طريقة المجرى الرئيسي (Trunk duct method)

في هذه الطريقة يخرج الهواء من المروحة في مجرى رئيسي ، يتفرع منه مسالك فرعية صغيرة إلى الأماكن المختلفة المراد تكييفها .

و تتكون أنظمة نقل الهواء من الأجزاء التالية :

❖ جانب السحب للمروحة (Fan suction side)

يشتمل جانب السحب للمروحة على مجرى الهواء الخارجي (Outside air duct) ، مجرى الهواء الراجع (Return air duct) وجريلات مخارج الراجع (Return grilles).

❖ جانب التغذية للمروحة (Fan supply side)

يشتمل جانب التغذية للمروحة على مجرى التغذية الرئيسي (Main supply duct) المجاري الفرعية (Branch ducts) ومخارج هواء التغذية (Supply air grilles).

5 - تصميم المجاري الهوائية (Air duct design) :

عند تصميم المجاري الهوائية يجب اتباع الخطوات التالية :

دراسة المبنى أو رسوماته .

اختيار نوعية نظام المجاري : محيطي أو فوقي .

توقع اختيار مخارج وجريلات الهواء وإبعادها لتعطي كميات الهواء المطلوبة في كل حيز حسب حمل التبريد الخاص به .

توقع أبسط وأنسب المسارات للمسالك وتسجل عليها كميات الهواء المتداولة.

تحسب مقاسات مسالك التغذية والراجع.

يحدد فاقد الاحتكاك في نظام نقل الهواء.

يعطي الجدول التالي فواقد الاحتكاك لمعدات أنظمة المجاري الهوائية :

العنصر	فاقد الاحتكاك (pa)
مدخل الهواء أو مدخل المروحة	1.25 - 25
ملفات التبريد أو التسخين	25 - 90
وحدات الترطيب	50 - 90
الفلانر	50 - 100
نظام المجاري	10 - 100
سناثر أو جريلات	25 - 50
مخارج الهواء	25
الضغط الاسنانيكي للمروحة	250 - 400

تصنف طرق تصميم المجاري تبعاً لسرعات الهواء إلى :

أ - أنظمة السرعات المنخفضة (Low velocity systems) :

يعطى الجدول التالي سرعات الهواء المفضلة لأنظمة السرعات المنخفضة تصمم أنظمة السرعات المنخفضة باستخدام طريقة تساوي الاحتكاك (Equal friction loss) وطريقة اتزان السعة (Capacity balance) .

العنصر	سرعة الهواء (m/s)
مدخل الهواء الخارجي	2.5 - 6
مخارج هواء العادم	2.5
الفلاتر	1.25 - 1.8
ملفات التسخين	(Heating coils)
ملفات التبريد	(Cooling coils)
ملفات إزالة الرطوبة	(Dehumidifying coils)
وحدة رش	(Air washer)
مخارج المراوح	(Fan outlets)
مسالك رئيسية	(Main ducts)
مسالك فرعية	(Branch ducts)
مسالك صاعدة	(Duct risers)

ب - أنظمة السرعات العالية (High velocity systems) :

يعطي الجدول التالي سرعة خروج الهواء من المروحة والتي تتناسب مع معدل سريان الهواء من المروحة .

معدل السريان (m ³ /s)	سرعة الهواء (m/s)
28 - 18	30
18 - 12	25
12 - 7	23
7 - 4.7	20
4.7 - 2.8	18
2.8 - 1.4	15
1.4 - 0.5	13

تصمم أنظمة السرعات العالية باستخدام طريقة الاستعاضة الإستاتيكية (Static regain method) وطريقة تساوي الاحتكاك . يفضل طريقة الاستعاضة الاستاتيكية لأنها أدق خاصة في حالة استخدام الكمبيوتر .

6- طريقة تساوي الاحتكاك (Equal friction method) :

في هذه الطريقة يكون فاقد الاحتكاك لكل متر طولي (Pa/m) واحد لكل المجاري الرئيسية أو فرعية وفي الحدود من 0.8 إلى 1.2 بسكال/ متر. يفضل أن تكون المجاري متماثلة بالنسبة للمروحة مع الأخذ في الاعتبار أن أنظمة نقل الهواء عادة تشتمل على مسالك طويلة وأخرى قصيرة . وأن لاتزيد السرعة في المجاري عن 10 متر/الثانية لكي لا يرتفع مستوى الضجيج .

طريقة التصميم هي :

(a) اختيار سرعة خروج الهواء من المروحة (V) والتي لا تسبب ضوضاء .

- (b) تعيين من خريطة الاحتكاك فاقد الاحتكاك لكل متر طولي (Pa/m) المناظر لتوليفة سرعة الهواء (V) ومعدل سريان الهواء من المروحة (Q).
- (c) تحديد أبعاد المجرى الرئيسي وكذلك أبعاد المجاري الفرعية لنفس فاقد الاحتكاك لكل متر طولي.
- (d) حساب انخفاض الضغط لأطول مسار (الدارة الأبعد) مع الأخذ في الاعتبار التركيبات المركبة عليه .
- (e) من مميزات طريقة تساوي الاحتكاك ، تناقص سرعة الهواء في اتجاه السريان من المروحة إلى المخارج وبالتالي القضاء على مشاكل الضوضاء والازعاج . من عيوب هذه الطريقة اختلاف انخفاض الضغط لكل مسار من المروحة إلى المخرج الأخير وبالتالي يجب استخدام خوانق (Dampers) مع المخارج للعمل على تساوي انخفاض الضغط الكلي لكل المجاري وبالتالي العمل على تعادل نظام المجاري .
- لو كان انخفاض الضغط المسوح به معروفاً ، نستبعد منه مقاومة مخرج الهواء ونقسم الباقي على الطول المكافئ الكلي لأطول مسار لتحديد فاقد الاحتكاك لكل متر طولي (Pa/m) ثم نجري الطريقة السابقة لتعيين أبعاد المجرى الرئيسي وأبعاد المجاري الفرعية .

7- طريقة الساعات المتزنة (Balanced capacity method)

تعرف هذه الطريقة بطريقة انخفاض الضغط المتزن مع أن ما يجري اتزانه هو معدل سريان الهواء خلال كل مخرج وليس الضغط . في هذه الطريقة انخفاض الضغط الكلي (Total pressure drop) يكون واحد لكل المجاري ابتداءً من المروحة إلى مخرج الهواء ، بينما الطول المكافئ للمجرى وفاقد الاحتكاك لكل متر طولي يختلفان من مجرى لآخر.

طريقة التصميم هي :

- (a) اختيار سرعة خروج الهواء (V) من المروحة والتي لا تسبب ضوضاء.
- (b) تعيين فاقد الاحتكاك لكل متر طولي لأطول مسار، من خريطة الاحتكاك، المناظر لتوليفة سرعة الهواء (V) ومعدل سريان الهواء من المروحة (Q).
- (c) تحديد أبعاد أطول مجرى.
- (d) حساب انخفاض الضغط الكلي لأطول مسار (ΔPA).
- (e) تحديد فاقد الاحتكاك لكل متر طولي للمسالك الفرعية من العلاقة:

$$\Delta Pa = (Pa/m) Le = constant$$

حيث Le عبارة عن الطول المكافئ للمجرى الفرعي وتركيباته

- (f) تحديد أبعاد كل مجرى فرعي .
- (g) من عيوب هذه الطريقة لزوم معرفة الأطوال المكافئة للتركيبات المختلفة وكبير الوقت الذي يمكن خفضه باستخدام طريقة عمل (Work sheet).

8- تصميم مسالك السرعات العالية (High velocity duct design) :

في المباني الكبيرة الحيز المسموح به للمسالك الهوائية محدود ، لذا يتطلب خفض أبعاد المجاري باستخدام سرعات عالية تصل إلى 30 متر/ثانية. يسبب استخدام سرعات الهواء العالية

ارتفاع مستوى الضوضاء وزيادة معدل تسرب الهواء. لخفض معدلات الصوت تركيب مصاصات الصوت (Sound absorber) بعد المروحة مباشرة وتستخدم صناديق أطراف (Terminal boxes)، متصلة بعدة مخارج لخفض سرعة الهواء، كتم صوته والتحكم في معدل سريره. لخفض القدرة اللازمة للمراوح نختار المسارات والتركيبات المثلى علاوة على استخدام المراوح ذات السرعات المتغيرة .

لتحمل الضغط العالي ولمنع تسرب الهواء عادة نستخدم المجاري اللولبية (Spiral ducts) ذات المقطع الدائري أو البيضاوي (Oval) .

عند تصميم أنظمة السرعات العالية يجب أن يكون الضغط الكلي أقل ما يمكن للمجرى الذي له أعلى مقاومة للسريان وأن تعمل صناديق الأطراف على تعادل الضغط للمسالك الفرعية. يجب تعيين الفاقد الديناميكي للتركيبات بالمعادلة:

$$Pv = \rho \left(\frac{V}{2}\right)^2$$

وذلك لأن استخدام الأطوال المكافئة للتركيبات مع سرعات الهواء العالية لا تعطى نتائج دقيقة.

9 - طريقة الاستعاضة الاستاتيكية (Static regain method) :

تعمل هذه الطريقة على استغلال انخفاض سرعة الهواء في اتجاه السريان بحيث تكون الزيادة في الضغط الاستاتيكي معادلة للفقد الاحتكاكي والديناميكي للجزء التالي مباشرة، أي أن:

$$(Pvu - Pvd) = \sum \Delta Pa$$

حيث:

Pvd عبارة عن ضغط السرعة عند المهبط (Downstream).

Pvu عبارة عن ضغط السرعة عند المصعد (Upstream).

$\sum \Delta Pf$ عبارة عن انخفاض الضغط للمجرى المستقيم والتركيبات التي تربط المهبط بالمصعد.

طريقة التصميم هي:

أ - اختيار سرعة الهواء للمجرى المتصل بالمروحة مباشرة الذي يتفق مع معدل سريان المروحة.

ب - تحديد أبعاد المقطع لهذا المجرى.

ج - لأطول مسار، افتراض قطر المقطع التالي.

د - مقارنة الاستعاضة الاستاتيكية بانخفاض الضغط الاحتكاكي والديناميكي.

هـ - إذا كان الفرق مختلف عن الصفر، افتراض قطر آخر حتى يصبح الفرق مساوي للصفر.

و - تكرار العملية لكل المقاطع.

عند اختيار الأقطار يجب اختيار الأبعاد القياسية للمسالك الحلزونية وهي من 8 إلى 60 سم بزيادة 1 سم ومن 60 إلى 120 سم بزيادة 2 سم.

عيوب طريقة الاستعاضة الاستاتيكية هي :

أ - تعيين أقطار المجاري بطريقة المحاولة والخطأ .

ب - انخفاض السرعة في اتجاه السريان ويتبع ذلك زيادة أبعاد المجاري الهوائية.

بمقارنة نتائج طريقة الاستعاضة الاستاتيكية بنظيرتها طريقة تساوي الاحتكاك أوضحت أن التكلفة الأولية لها أعلى بينما تكلفة التشغيل تكون أقل لأن الضغط الكلي اللازم للمروحة أقل .

يعين الضغط اللازم للمروحة بالمعادلة:

$$\Delta P = \Delta P L + PV, F + \Delta P T - PV, T + \sum \Delta P E$$

حيث:

$\Delta P L$ عبارة عن فاقد الاحتكاك لأطول مسار من المروحة حتى أول تفرعة.

PV, F عبارة عن ضغط السرعة عند مخرج المروحة.

PV, T عبارة عن ضغط السرعة عند المخرج الطرفي للمجرى.

$\Delta P T$ عبارة عن مقاومة المخرج الطرفي للمجرى.

$\sum \Delta P E$ عبارة عن مقاومات معدات التكييف المركبة على جانب السحب للمروحة.

10 - طريقة أشري للضغط الكلي (ASHRAE total pressure method)

هذه الطريقة عبارة عن تطوير لطريقة الاستعاضة الاستاتيكية مع إعطاء رؤية أوضح لاحتياجات الطاقة الحقيقية لكل جزء من المجرى. الهدف من الطريقة هو تحديد أبعاد كل مقطع بحيث يكون الضغط الكلي المتاح عند بداية المقطع كافي لمعادلة الفاقد في الضغط الكلي للجزء التالي.

11 - طريقة السرعات المفروضة (Assumed velocity method) :

تعتمد هذه الطريقة على فرض سرعات الهواء من المروحة إلى مخارج المجاري. يعطي الجدول التالي سرعات الهواء المناسبة للتصميم بالوحدات متر/ثانية.

العنصر	مساقن	فنادق مستشفيات	مطابخ مكتب	مطابخ عمومية مطاعم بنوك - مخازن	مخارج كافتيريا صناعة	مسارج مدرجات	صناعة
مسلك رئيسية	5	6	7.5	7.5	8.5	6	10
مراجع رئيسية	4	5	6	6	7.5	5	9
مسلك تربية	3	4	6	6	8	5	11
مراجع فرعية	3	4	5	5	6	4	7
مداخل الهواء الخارجي			5				
مخرج المراوح			6		12		
مخرج التغذية	4.5	4	5/2.5	7.5/6	7.5	7.5	7.5
جربلات الراجع	2.5		3	3.5	4	4	4

طريقة التصميم هي:

أ - اختيار سرعة الهواء لمخرج المروحة ومخرج الهواء الفرعية وبعد ذلك اختيار سرعات الهواء بينهما على هيئة سرعات متناقصة.

ب - تعيين أبعاد المقاطع المختلفة من العلاقة التالية:

$$Q = A V$$

حيث:

Q عبارة عن معدل سريان الهواء خلال المقطع.

V عبارة عن سرعة الهواء التي تعطي أبعاد قياسية للمسالك الهوائية.

A عبارة عن مساحة مقطع المجرى.

من الوجهة الاقتصادية تفضل المجاري دائرية المقطع وذلك لأن لها أقل فاقد احتكاكي وأقل عادم للمادة المصنع منها المجرى علاوة على احتياجها لحيز أقل عند مقارنتها بالمجاري مستطيلة المقطع .

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

مساحة المقطع الدائري
حيث d عبارة عن قطر المجرى .

من الوجهة المظهرية تفضل المجاري مستطيلة المقطع وذلك لسهولة التصنيع وإمكانية خفض ارتفاع الممرات اللازمة للمسالك.

$$A = W.H$$

حيث W و H عبارة عن الأبعاد الجانبية للمقطع والعلاقة بينهما هي :

$$W / H = 8$$

يفضل استخدام النسبة الجانبية الأصغر .

$$d = (2WH)/(W+H)$$

ج - يحسب انخفاض الضغط الكلي لكل مسار .

د - يتم توازن المجاري الفرعية باستخدام خوانق تحكم (Control dampers) .

12- أنظمة الهواء الراجع (Return air systems)

يسري الهواء الراجع من المجاري الفرعية إلى المجرى الرئيسي ومنه إلى المروحة و عادة تستخدم طريقة تساوي الاحتكاك لتصميم مسالك الراجع ذات السرعات المنخفضة والعالية. يفضل اختيار مسالك الراجع القصيرة والتصميم لفاقد احتكاك لكل متر طولي مقداره 0.65 بسكال أو 80% من قيمة فاقد الاحتكاك لمجرى التغذية. يحدد الطول المكافئ للتركيبات من العلاقة :

$$Le / d = 50 Co$$

حيث :

d عبارة عن قطر المجرى.

Co عبارة عن معامل الفاقد (Loss coefficient) وهو يتوقف على نسبة سرعة الهواء في المجرى الفرعي إلى سرعة الهواء في المجرى الرئيسي.

في أنظمة تكييف الهواء الكبيرة عادة نستخدم مروحة منفصلة لسحب هواء الراجع مع تركيب خواناتق لمعادلة ضغط المجاري الفرعية . يعطي الجدول التالي سرعات هواء الراجع المفضلة بالوحدات متر/ ثانية.

V , (m/s)	المكان
4	فوق الأماكن المأهولة
2 - 3	قرب الكراسي
3 - 4	بعيداً عن الكراسي
	خلال أسفل الأبواب
1 - 1.5	الأبواب أو فتحات حائطية

13- توصيلات المجاري الهوائية (Connections of air ducts)

معظم المجاري الهوائية تصنع من الصاج المجلفن. يعطي الجدول التالي الاصطلاحات القياسية للصاج المجلفن.

أبعاد المجرى المستطيل (mm)	قطر المجرى الدائري (mm)	السُمك (mm)	الغراس الأمريكي
300 <	-	0.6	26
750 - 300	200	0.7	24
1500 - 750	600 - 200	0.9	22
2300 - 1500	1200 - 600	1	20
2300	1200 <	0.3	18

المشروع :

حساب وتوزيع مجاري الهواء

Air DUCTs

يتم نقل الهواء المعالج من وحدات التكييف إلى الأماكن المكيفة بواسطة مجاري خاصة , ويجب عند تصميمها مراعاة الشروط التالية :

الفراغ المتوفر لهذه المجاري , يتم توزيعها عادةً من خلال أسقف مستعارة . مستوى الضجيج.

الكلفة الإقتصادية للمجاري ولتمديداتها.

ويوجد عدة طرق لحساب مجاري الهواء وهي :

طريقة اختيار انخفاض ضغط ثابت .

طريقة السرعة الثابتة .
طريقة انخفاض السرعة.
طريقة الريح الستاتيكي.
((تم عرض باقي الطرق فيما سبق))

سنعتمد طريقة اختيار الضغط الثابت للأشري :
((وهي معتمدة حسب كل من (ASHRAE & IHVE)))

- 1 - نختار انخفاض ضغط يتراوح بين (0.7 ~ 1.2 [pa/m]) ولقد اخترنا بالمشروع :
 $\Delta P=1$ [Pa/m]
- 2 - ومن معرفة التدفق الحجمي للهواء وانخفاض الضغط نوجد كل من قطر المجرى وسرعة الهواء فيه حسب المخطط (IHVE C4.2).
- 3 - بعد ذلك وللاانتقال إلى الأبعاد المستطيلة للمجرى وبمعرفة أحد الأبعاد المعلومة لدينا نختار البعد الآخر المقابل له من الجدول (C4.30) .

الخطوات التنفيذية :

نرسم شبكة المجاري (لهواء التغذية و هواء الرجوع) في المكان المراد تكييفه وذلك بعد توزيع فتحات التغذية والرجوع بالشكل الأمثل .
بعدها نحسب تدفق الهواء الكلي اللازم لكل الغرف و أجزاء المبنى , ومن ثم نوزع الهواء على كل فتحة حسب الأحمال فيما إذا كان لدينا غرف ذات أحمال متغيرة , وإذا كان لدينا صالة كاملة أو مدرج أو غرف متساوية الأحمال نوزع الهواء على الفتحات بالتساوي . وبعد التوزيع نحسب تدفق الهواء في جميع أفرع الدكتات كي نستطيع حساب أبعاد الدكت معتمدين على تدفق الهواء فيها و إنفاض الضغط لواحدة الطول المفروض سابقا .

*****يتم معرفة التدفق الكلي للهواء من خلال حساب وحدات معالجة الهواء والأحمال*****

مراوح الهواء Air Fans

تعتبر المراوح من الأقسام الرئيسية لأجهزة التكييف والتهوية حيث توصف بأنها قلب أي جهاز تكييف . إن المراوح عبارة عن مضخات هوائية تتغلب على فرق الضغط وتؤدي إلى جريان الهواء . إن ضغط الهواء في المراوح ينتج عن التأثير الديناميكي للشفرات على الهواء .

الموصفات التي تميز المراوح :

ضغط المروحة الكلي Pt .
 تدفق المروحة V [m³/s] : وهي الكمية الحجمية للهواء التي تدفعها المروحة .
 استطاعة المروحة : Np = Pt * V .

طريقة حساب ضغط المروحة :
 نحسب أولاً " انخفاض الضغط الكلي و ذلك للدائرة الأبعد , والذي يتألف من مركبتين :

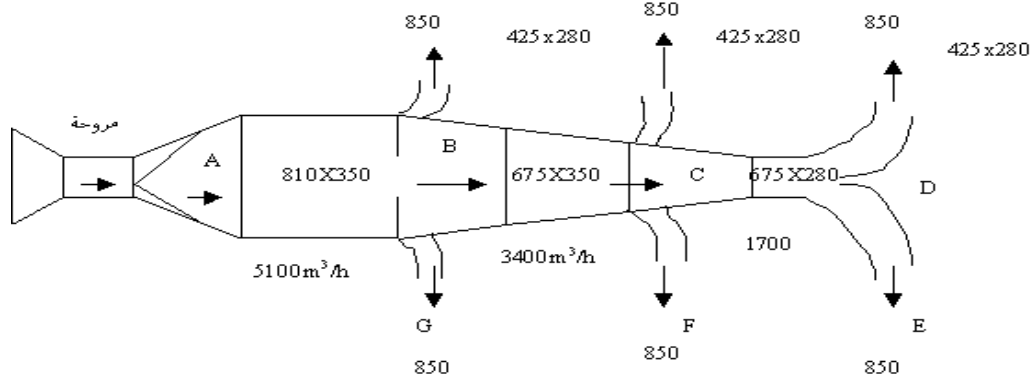
انخفاض الضغط بالإحتكاك: $\Delta P1 = \Delta P * L$
 ΔP : انخفاض الضغط في واحدة الطول وهو فرضاً " (1 pa/m) .
 L : طول المجرى [m] .

انخفاض الضغط المكاني: $\Delta P2 = (\rho * w^2 / 2) * Z$
 W : السرعة الوسطية ضمن المجرى [m/s] .
 Z : عامل المقاومة المكانية . وتؤخذ قيمته من الجداول وهو يتعلق بالشكل الهندسي للمقاومة
 المكانية وبعده Re . من الجدول (C4.35) .

إن الحد (($\rho * w^2 / 2$)) يدعى بالضغط الديناميكي (Pv) وتؤخذ قيمته من جدول الـ IHVE .
 (C4.33) .

أمثلة

مثال (1): تطبيق على حساب مجاري الهواء والمروحة المناسبة:



أولاً: حساب مجاري الهواء

الشبكة المبينة تزود 6 فتحات إرسال، 6 غرف بمعدل 850م³/3 ساعة لكل فتحة والتدفق الإجمالي = 850x6 = 5100م³/3 ساعة

1- تطبيق طريقة متوسط السرعة لتحديد أبعاد المجاري

القسم A-B: نقبل بسرعة 5م/ثانية فتكون مساحة المقطع (مقطع مستطيل):

$$A = Q / V = 5100 / (5 \times 3600) = 0,283 \text{ m}^2$$

القسم B-C: نقبل بسرعة 4م/ثانية، والتدفق هنا يساوي:

$$5100 - (2 \times 850) = 5100 - 1700 = 3400 \text{ m}^3/\text{h}$$

مساحة المقطع تساوي:

$$A = 3400 / (4 \times 3600) = 0,236 \text{ m}^2$$

القسم C-D: نفرض أن السرعة تساوي 5ر2م/ثانية والتدفق هنا يساوي:

$$5100 - (1700 + 1700) = 1700 \text{ m}^3/\text{h}$$

مساحة المقطع تساوي:-

$$A = 1700 / (2,5 \times 3600) = 0,19 \text{ m}^2$$

القسم D-E: نفرض فيه سرعة 2م/ثانية والتدفق يساوي 850م³/ساعة .

مساحة المقطع تساوي:

$$A = 850 / (2 \times 3600) = 0,118 \text{ m}^2$$

اختيار الأبعاد يتعلق بحجم السقف المستعار وباعتبارات اقتصادية (استهلاك اقل ما يمكن من

الصاج).

مثلا في مثالنا:-

$$\text{القسم A-B مساحة المقطع} = 2\text{م} \times 0,283 = 0,566 \text{ م}^2$$

$$\text{القسم B-C مساحة المقطع} = 2\text{م} \times 0,236 = 0,472 \text{ م}^2$$

$$\text{القسم C-D مساحة المقطع} = 2\text{م} \times 0,189 = 0,378 \text{ م}^2$$

$$\text{القسم D-E مساحة المقطع} = 2\text{م} \times 0,119 = 0,238 \text{ م}^2$$

2- طريقة الاحتكاك المتساوي:-

القسم AB: نفرض سرعة 5م/ثانية فيكون المقطع اللازم لهذا القسم هو:-

$$A = 5100 / (5 \times 3600) = 0,283 \text{ m}^2$$

القطر يساوي 600ملم

من مخطط ضياعات الاحتكاك في مجاري الهواء الدائرية نجد أن ضياع الاحتكاك لكل متر من

الأنبوب هو:

$$DP = 0,045 \text{ mm H}_2\text{O}$$

نتبنى هذه القيمة لكل الشبكة:

$$\text{القسم BC: التدفق} = 3400 \text{ م}^3/\text{ساعة}$$

$$\text{ضياع الضغط} = 0,045$$

$$\text{القطر} = 500 \text{ ملم (من المخطط في الملحق 4)}$$

$$\text{القسم CD: التدفق} = 1700 \text{ م}^3/\text{ساعة}$$

$$\text{ضياع الضغط} = 0,045$$

$$\text{القطر} = 400 \text{ ملم}$$

$$\text{القسم DE: التدفق} = 850 \text{ م}^3/\text{ساعة}$$

$$\text{ضياع الضغط} = 0,045$$

$$\text{القطر} = 300 \text{ ملم}$$

بالرجوع إلى جدول تحويل المقطع الدائري لمجرى الهواء إلى مقطع مستطيل نجد الأبعاد التالية

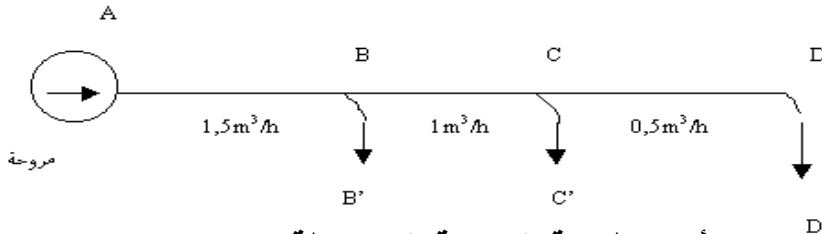
للمجرى:-

$$\text{القسم AB: قطر الدائرة} 600 \text{ ملم يقابله مقطع مستطيل } 600 \times 560 \text{ ملم}$$

$$\text{القسم BC: قطر الدائرة} 500 \text{ ملم يقابله مقطع مستطيل } 560 \times 380 \text{ ملم}$$

$$\text{القسم CD: قطر الدائرة} 400 \text{ ملم يقابله مقطع مستطيل } 560 \times 260 \text{ ملم}$$

القسم DE: قطر الدائرة 300 ملم يقابله مقطع مستطيل 150 X 560 ملم وقد روعي في تحديد أبعاد المستطيل أن يبقى أحد الأبعاد ثابتا (لسهولة التنفيذ)
مثال (2): شبكة إرسال هواء في ورشة صناعية يخرج الهواء من المروحة بسرعة 75 م/ثانية. ويشترط أن لا تزيد السرعة في أي فرع عن 35 م/ثانية أوجد أبعاد شبكة الإرسال هذه.



الحل:

أولا: طريقة السرعة المتوسطة

القسم AB: $Q = 150 \text{ م}^3/\text{ثانية}$

نفترض السرعة $V = 75 \text{ م}^3/\text{ثانية}$

$$A = Q / V = 1,5 / 7,5 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$d = 0,505 \text{ m} = 505 \text{ mm}$$

وبهذه الطريقة نستطيع أن نوجد أبعاد باقي الأقسام، ثم نرتب النتائج في جدول كما يلي:-

SECTION	Q m ³ /s	V m /s	A m ²	d mm
A-B	1,5	7,5	0,2	505
B-C	1	5	0,2	505
C-D`	0,5	3,5	0,143	427
B-B`	0,5	3,5	0,143	427
C-C`	0,5	3,5	0,143	427

ثانيا: طريقة هبوط الضغط المتساوي

في هذه الطريقة يفضل تبني قيمة لهبوط الضغط تساوي

$$DP = 0,1 \text{ mmH}_2\text{O/m}$$

وان لا تتجاوز (0,05 – 0,15)

القسم AB:

$$Q = 1,5 \times 3600 = 5400 \text{ m}^3/\text{h}$$

من الملحق 4 ب نجد أن:-

$$V = 7,1 \text{ m/s}$$

$$d = 520 \text{ mm} \text{ (القطر الدائري)}$$

من جدول تحويل المقطع الدائري لمجرى الهواء إلى مقطع مستطيل نجد أن:-

$$H. W = 480 \times 480 \text{ mm}$$

حيث:

H – ارتفاع المستطيل

W – عرض المستطيل

وبهذه الطريقة نستطيع أن نوجد أبعاد باقي الأقسام، ثم نرتب النتائج في جدول كما يلي:

SECTION	Q m ³ /s	DP mmH ₂ O/m	d mm	V m /s	H.W mm
A-B	5400	0,1	520	7,1	480x480
B-C	3600	0,1	450	6,4	480x360
C-D`	1800	0,1	340	5,4	480x220
B-B`	1800	0,1	340	5,4	480x220
C-C`	1800	0,1	340	5,4	480x220

مثال (3) احسب استطاعة المروحة اللازمة لشبكة توزيع الهواء العائدة للمثال رقم (1).

الحل: يتم حساب مجموع ضياعات الضغط في مجرى الهواء مقاسا بملم عمود ماء.

وبالنسبة للمثال (1) فان:-

$$P = 6,25 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$\text{Fan Power} = (P \cdot Q) / (102 \cdot E_f) \text{ (kW)}$$

حيث:

P – مجموع ضياعات الضغط في مجرى الهواء (ضغط المروحة) مقاسا بملم عمود ماء.

Q – غزارة الهواء المار في المروحة مقاسا بمتر مكعب في الثانية.

E_f – مردود المروحة ويبلغ وسطيا 70 بالمائة.

بالنسبة لمثالنا وباعتبار مردود المروحة يساوي 50 بالمائة فان:-

$$\text{Fan Power} = [(5100/3600) \times 6,25] / (102 \times 0,50) = 8,854 / 51 = 0,17 \text{ kW} = 170 \text{ W}$$

$$\text{Motor Power} = 170 / 0,95 = 180 \text{ W}$$

مثال (4) : إذا أردنا زيادة مقدار الهواء من 5100 إلى 6000 م³/ساعة فكم يجب أن يزيد ضغط

المروحة واستطاعتها وسرعتها؟

الحل: نعلم أن $P \propto V^2 \propto Q^2$ (مربع السرعة ومربع التدفق)

$$P_2/P_1 = (Q_2/Q_1)^2$$

$$Q_1 = 5100 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_2 = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_1 = 6,25 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$P_2 = 6,25 (6000/5100)^2 = 8,7 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$(POWER)_2 / (POWER)_1 = (Q_2/Q_1)^3 = (6000/5100)^3 = 1,63$$

$$(POWER)_2 = (POWER)_1 \times 1,63 = 170 \times 1,63 = 277 \text{ W}$$

المراجع:

1- من كتاب التكييف د.م. رمضان أحمد محمود

2- *ASHRAE Handbook of Fundamentals*

3- *HAVAC SYSTEME- DUCT DESIGN SMACAN 1990*

4- *Lawrence Berkeley National Laboratory Washington, DC Resource*

Dynamics Corporation Vienna, VA