

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

وزارة الإعمار والإسكان

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

الهيئة العامة للمباني

مدونة التهوية الميكانيكية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥/٤٠٤



الطبعة الاولى
٢٠١٣م-١٤٣٤هـ



جمهورية العراق

وزارة التخطيط

وزارة الإعمار والإسكان

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

الهيئة العامة للمباني

مدونة التهوية الميكانيكية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥/٤٠٤



الطبعة الاولى
٢٠١٣م-١٤٣٤هـ



اللجنة العليا لمشروع المواصفات الفنية والمدونات العراقية

محمد صاحب الدراجي / وزير الاعمار والاسكان / رئيس اللجنة

استبقرق ابراهيم الشوك / الوكيل الاقدم لوزارة الاعمار والاسكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المستشارين / الامانة العامة لمجلس الوزراء

سعد عبد الوهاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنية

حسين مجيد حسين / مدير عام الهيئة العامة للمباني / وزارة الاعمار والاسكان / مدير المشروع

رياض حمودي الوزيري / مدير عام التخطيط والمتابعة / وزارة البلديات والأشغال العامة

جلال حسين حسن / مدير عام شركة الرشيد / وزارة الصناعة والمعادن

لواء كريم العبيدي / وزارة البيئ

د.نمير خورشيد سعيد / قسم هندسة البناء والانشاءات / الجامعة التكنولوجية

رعد عبد الجليل عبد الامير / مدير عام دائرة التصميم الهندسية / وزارة الموارد المائية

صادق محمود الشمري / مدير عام شركة ابن الرشيد / أمانة بغداد

خضير عباس داود / مدير عام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم / وزارة العلوم والتكنولوجيا

الفريق العامل على إعداد مدونة التهوية الميكانيكية

الأستاذ الدكتور / نجدة نشأت عبد الله

الأستاذ الدكتور / إحسان يحيى حسين

الدكتور / عبد النافع شاكر قاسم

الفريق المشارك في إعداد مدونة التهوية الميكانيكية

المدرس / إيمان قاسم عبد الحسين

المدرس / غسان لؤي يوسف

المدرس / وائل سامي وديع

المدرس المساعد / ياسر عبد الوهاب

فريق تدقيق مدونة التهوية الميكانيكية

الأستاذ الدكتور / عبد الجبار نعمة خليفة

الدكتور / صادق جعفر حمدي

المهندس الاستشاري / خماس فرج خطاب

المهندس الاستشاري / مثنى عبد الكريم كنونة

الفريق المشارك في تدقيق مدونة التهوية الميكانيكية

المهندس / ياسر قحطان محمد

المهندسة / تمارة توفيق يونان

اللجنة الفنية للمشروع

الخبير المهندس سعد عبد الوهاب / رئيس اللجنة
الدكتور المهندس علي عبد الحسين مجبـل
الدكتور الجيولوجي فراس فيصل عبد الحميد
ر.مهندسين أقدم حسين محمد علي
الدكتور المهندس خالد احمد جـودي
الدكتور المهندس خالد كامـل داود
الدكتور المهندس رائد رمزي العمـري
الدكتور المهندس محمد مصلح سلمان
ر.مهندسين أقدم داود عـواد حمـود
الدكتور المهندس ليث خالد كامـل
ر.مهندسين أقدم نيران حسين علـوان
ر.مهندسين جنان رضا محمـد

اللجنة الادارية للمشروع

الخبير المهندس حسين مجيد حسين / مدير المشروع
الدكتور المهندس رائد حسن عبـود
م.ر.مهندسين الهام ابراهيم عبد الرزاق

لجنة متابعة المدونة

الخبير المهندس جبار حمزة لطيف / رئيس اللجنة
ر.مهندسين أقدم سـلوى عبد الجليل

تقديم
بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كَانَ يَحِقُّ لِلأَمَمِ والأفْرادِ أَنْ تَفْتَخَرَ بِنْتاجِها الفِكرِيِّ والعِلْمِيِّ مِمَّا يُجَلِّي مَنَقِبَةً ظاهِرَةً،
أو مَزِيَّةً يَصْغُبُ مَرَامُها، فلوزارة الاعمار والإسكان السَّبْقُ والقُدْحُ المُعْلَى في أَنْ تَكُونَ قد
اضْطَلَعَتْ بأعباءِ قيادةٍ مهمّةٍ مشروعِ إصدارِ مُدَوّناتٍ ومواصفاتِ البناءِ في العراقِ.
فانْبَرَتْ لَهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمَاءَ لا تَقْفُ دُونِها غايةً، بأنْ كَلَّفَتْ أُولي العِرْفانِ وأهلِ
التحصيلِ في كُلِّ عِلْمٍ (من عُلُومِ مُدَوّناتٍ ومواصفاتِ البناءِ) مِمَّنْ هُمْ أَهْلٌ للأعدادِ، أَعانَهم في
ذلك نُظراءُ لَهُم بِالرَّأيِ والمَشُورَةِ مُدَقِّقِينَ عَمَلِ أَقرانِهِم، مُؤازِرِينَ لَهُم بِرأيِ حَصيفٍ ومَشُورَةٍ
صَوابٍ .

فَسارَتْ عَمَلِيَّةُ إعدادِ كُلِّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيَّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوثَّقٌ، مُيَمَّمَةٌ سَمَتْ غايَها
مُقْتَصَصَةٌ أَثَرُ تَجاربِ الآخرينَ في مُدَوّناتِهِم، تَنحُو نَهْجاً مُسَدَّداً. فَجاءَتْ حَسَنَةُ الدِّيباجَةِ، مُحْكَمَةٌ
التَّبويبِ، مُطَرَّدَةٌ الفُصُولِ، جَزِيلَةٌ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةٌ العِبارةِ، مُسْتَوْعِبَةٌ لأَطرافِ غايَها، على
النحو الذي بَيَّنَ يَدَيَّ قارئِها.

وما بَقِيَ على عاتِقِ الغَيْرِ إِلَّا الانتفاعُ من عَصارةِ الفِكرِ هذهِ بِجَليلِ المَنفَعَةِ وأَرْجَها، وأنْ
تَتَضَافَرَ الجُهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعَ التَّطْبِيقِ والإلْزامِ، بِنِيَّةٍ جازِمَةٍ حازِمَةٍ. وعندَ ذلكَ لَنْ يَغْدُو
المَطْلَبُ صَعْباً في أَنْ يَأْتِيَ البناءُ في العراقِ مُحْكَمَ السَّماتِ والأَشْراطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً
واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِ والإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوّنَةَ لِبِنَةِ تَرْصُفِها لإِعْلاءِ صَرَحِ رايةِ العِلْمِ والبناءِ في
عِراقِنَا العَزيزِ، واللهُ المُوقِّقُ لِسِواءِ السَّبيلِ. إِنَّهُ نِعَمَ الهادي ونِعَمَ النصيرِ.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار والإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات والمواصفات العراقية

مقدمة فريق الاعداد

لا يخفى على احد اهمية اعداد المدونات عموما وخاصة مدونة التهوية الميكانيكية بما يتلاءم والظروف البيئية العراقية، اذ ان وجود المدونات يساهم في ترشيد وتحسين فعالية استعمال الطاقة لما يمثله ذلك من المحافظة على المصادر الطبيعية للطاقة والعمل على وفق المواصفات المحلية والاقليمية والعالمية بما يؤمن اداءً جيداً لكافة منظومات التهوية الميكانيكية المختارة بحسب متطلبات العمل .

تهدف (مدونة التهوية الميكانيكية) الى تهيئة الحد الأدنى من شروط الراحة والصحة والسلامة العامة والأمان الناتجة من اجهزة التهوية الميكانيكية مع تحقيق ترشيد الطاقة والحفاظ على البيئة، من خلال تنظيم ومراقبة التصميم والتخطيط والتركيب ونوعية المواد المستعملة والتشغيل والفحص والصيانة والأمان لمنظومات التهوية الميكانيكية. وتعمل المدونة على تحقيق هذه الاهداف بأكبر قدر من التنسيق والتوافق والتوصيف للأعمال المتعلقة بمجال اعمال التهوية في المباني من خلال مجموعة من الاجراءات وسياقات العمل التي يجب ان يلتزم بها الجميع (المصمم، المنفذ، المشغل، المستفيد، الفنيين المسؤولين عن الصيانة و الفحص و الاختبار... الخ).

تم اعداد هذه المدونة من قبل عدد من الاساتذة المختصين من قسم الهندسة الميكانيكية في كلية الهندسة - جامعة بغداد العاملين في مكتب الاستشارات الهندسية للكلية، و تولى فريق عمل من المكتب الاستشاري الهندسي في كلية الهندسة في جامعة النهرين تدقيقها. وقد استفاد فريق الاعداد من آراء العديد من المهتمين والمختصين في هذا المجال والجهات ذات العلاقة، وخصوصا الآراء والملاحظات التي طرحت في الندوة النقاشية التي عقدت لغرض مناقشة المدونة.

لقد حرصت لجنة الاعداد على ان تشمل المدونة اسس التصميم وشروط التنفيذ والتخطيط والتركيب و اجراءات الفحص والاختبار والصيانة لجميع منظومات التهوية الميكانيكية السائدة المستعملة في المباني السكنية والصناعية والتجارية والمؤسساتية والمناطق الزراعية والمراكز الصحية.

كما حرصت اللجنة على ان تكون جميع الاسس والشروط والاجراءات المذكورة في المدونة متفقة مع القوانين والتشريعات النافذة المعمول بها حاليا في العراق. كما حرصنا على تحقيق التوافقات مع المدونات العربية النافذة و الاستفادة مما ذكر فيها مع المحافظة على خصوصية التطبيق بالنسبة للعراق.

ويسر فريق الاعداد، وهو يضع بين ايدي المختصين هذه المدونة، ان يقدم شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع اعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات ومدونات البناء واللجنة الفنية للمشروع وكافة الجهات التي ساهمت في اظهار هذه المدونة كما يسرنا ان نستقبل اي آراء او ملاحظات من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً . ومن الله التوفيق.

رئيس لجنة اعداد المدونة

الاستاذ الدكتور / نجدة نشأت عبدالله

المحتوى

الصفحة	الموضوع
1/1	الباب الاول مفاهيم عامة
1/1	1-1 المقدمة
1/1	1-1/1 الغرض والمجال
1/1	1-1/2 أهمية المدونة (الكود) للبنىات العراقية
2/1	1-1/3 التعاريف
2/1	1-1/4 المفاهيم الاساسية والمصطلحات
4/1	1-1/5 ضرورة التهوية
4/1	2-1 التهوية
4/1	1-2/1 التهوية لجميع الظروف الجوية
6/1	1-1/2/1 للمناخات الحارة أوالمختلطة
6/1	1-2/2/1 للمناخات الباردة
6/1	1-3/2/1 لجميع المناخات
7/1	1-2/2 الفائدة من التهوية الميكانيكية
7/1	1-3/2 نوعية الهواء الداخلي
7/1	1-4/2 نوعية الهواء الخارجي
9/1	1-5/2 مصادر التلوث
10/1	المراجع
1/2	الباب الثاني أنظمة التهوية الميكانيكية
1/2	1-2 عناصر التهوية الميكانيكية
1/2	1-1/2 المقدمة
1/2	1-1/1/2 معدل جريان الهواء
1/2	1-2/1/2 نسبة الهواء الخارجي الى الهواء المجهز للنظام
2/2	1-2/2 تشغيل نظام التهوية الميكانيكية
2/2	1-2/1/2 السيطرة على الطلب
2/2	1-2/2/2 توزيع الهواء ونظام نقله
2/2	1-2/3/2 الترشيح
3/2	2-2 انواع التهوية
3/2	1-2/2 انواع التهوية الميكانيكية

الصفحة	الموضوع
3/2	1/1/2-2 التهوية المطروحة
3/2	2/1/2-2 التهوية المجهزة
3/2	3/1/2-2 التهوية المتوازنة
4/2	2/2-2 موازنة الهواء والانضغاط
4/2	1/2/2-2 نظام الضغط الموجب
4/2	2/2/2-2 نظام الضغط السالب
4/2	3/2/2-2 نظام الضغط المتعادل
5/2	3/2-2 نقائص التهوية الميكانيكية
5/2	3-2 السيطرة
5/2	1/3-2 السيطرة على التهوية الميكانيكية
10/2	1/1/3-2 المراقبة والسيطرة على معدل تدفق الهواء الخارجي
10/2	2/1/3-2 السيطرة على البلل والرطوبة
10/2	2/3-2 اهمية نظام التهوية المنظم
10/2	1/2/3-2 المقدمة
11/2	2/2/3-2 تقييم فعالية الطاقة لمنظومة تهوية قائمة
12/2	3/3-2 تحسين اداء منظومة تهوية قائمة
12/2	1/3/3-2 تقليل الجريان
13/2	2/3/3-2 ايقاف التهوية خارج اوقات اشغال الحيز
13/2	3/3/3-2 تحسين فعالية مروحة التهوية و نظام تحريكها
14/2	المراجع
1/3	الباب الثالث المتطلبات
1/3	1-3 متطلبات التهوية الميكانيكية
1/3	1/1-3 متطلبات نظام التهوية
1/3	1/1/1-3 سعة النظام
1/3	2/1/1-3 توزيع الهواء
1/3	3/1/1-3 معدل الجريان
1/3	4/1/1-3 معدل الضوضاء
2/3	5/1/1-3 مواقع الفتحات

الصفحة	الموضوع
3/3	3-1/1/6 فتحة الدخول
3/3	3-1/1/7 فتحة الخروج
3/3	3-2 مصادر التلوث
3/3	3-1/2 السيطرة على مصادر التلوث
4/3	3-1/2/1 الهواء الخارجي
4/3	3-1/2/2 التهوية الداخلية
4/3	3-1/2/3 الدخان الناتج من المرائب الداخلية للسيارات
5/3	3-1/2/4 مخلفات مجففات الملابس ونظام التفرغ
5/3	3-1/2/5 غاز احادي اوكسيد الكربون
5/3	3-1/2/6 انتقال الرطوبة
5/3	3-1/2/7 الدخان الناتج من عمليات الاحتراق
6/3	3-2/2 عملية الترشيح الملائمة
6/3	المراجع
1/4	الباب الرابع الجودة والمعايير
1/4	4-1 الجودة المقبولة لهواء التهوية
1/4	4-1/1 معدل التهوية لضمان جودة الهواء الداخلي
1/4	4-1/1/1 التهوية للمباني السكنية
2/4	4-1/1/2 التهوية للمباني الصناعية
2/4	4-1/1/2/1 فوائد تهوية المباني الصناعية
11/4	4-1/1/3 التهوية للمباني التجارية
19/4	4-1/1/4 التهوية للمباني المؤسسية
21/4	4-1/1/5 التهوية للمناطق الزراعية
22/4	4-1/1/6 التهوية للمراكز الصحية
28/4	4-1/1/7 التهوية للمباني التي يسمح فيها بالتدخين
29/4	4-1/2 الحد الأدنى لمتطلبات التهوية
29/4	المراجع
1/5	الباب الخامس معايير تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية

الصفحة	الموضوع
1/5	1-5 تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية
1/5	1/1-5 التهوية بشكل عام
1/5	2/1-5 عملية التهوية
2/5	3/1-5 معايير التصميم
2/5	4/1-5 الطرائق العامة لتصميم أنظمة التهوية
3/5	1/4/1-5 طريقة نوعية الهواء
3/5	2/4/1-5 طريقة تبديل الهواء
3/5	3/4/1-5 طريقة إزالة الهواء
4/5	5/1-5 مقارنة طرائق التصميم
13/5	2-5 المراوح
13/5	1/2-5 المصطلحات و التعاريف
16/5	2/2-5 حركة الهواء بواسطة المراوح
16/5	3/2-5 أنواع المراوح
16/5	1/3/2-5 المراوح الدافعة
17/5	2/3/2-5 المراوح انبوية المحور
18/5	3/3/2-5 المراوح محورية الريش
18/5	4/3/2-5 مراوح الطرد المركزي
20/5	5/3/2-5 مراوح الطرد المركزي الخطي
20/5	6/3/2-5 مراوح الطرد السقفي
20/5	7/3/2-5 أجهزة التهوية المجمعة
20/5	3-5 اختيار المراوح
20/5	1/3-5 معايير اختيار المراوح
20/5	1/1/3-5 إجراءات إختيار المروحة
26/5	2/3-5 حسابات و تصاميم أنظمة المراوح
28/5	3/3-5 تصاميم مجاري الهواء
35/5	4-5 الاغطية القلنسوية
35/5	1/4-5 تصميم الأغطية القلنسوية
35/5	2/4-5 تصنيف انواع الأغطية القلنسوية

الصفحة	الموضوع
35/5	1/2/4-5 الاغطية القلنسوية الداخلية
37/5	2/2/4-5 الاغطية القلنسوية الخارجية
38/5	3/2/4-5 الاغطية القلنسوية المستقبلية
40/5	المراجع
1/6	الباب السادس مرشحات الهواء
1/6	1-6 المقدمة
1/6	1/1-6 استراتيجية الترشيح
1/6	2/1-6 ملوثات الهواء
2/6	1/2/1-6 الجزيئات
2/6	2/2/1-6 الغازات
3/6	2-6 انواع المرشحات
3/6	1/2-6 انواع عمليات الترشيح
3/6	1/1/2-6 الترشيح الميكانيكي
3/6	2/1/2-6 الترشيح الكهروستاتي
4/6	2/2-6 انواع مرشحات الهواء
4/6	1/2/2-6 المرشحات ذات الحشوة
5/6	2/2/2-6 المرشحات اللوحية
5/6	3/2/2-6 المرشحات ضد الجراثيم
5/6	4/2/2-6 المرشحات الكيسية
5/6	5/2/2-6 المرشحات ذات الفعالية العالية
6/6	6/2/2-6 مرشحات الكربون المنشط
7/6	3-6 عوامل اختيار مرشحات الهواء
7/6	1/3-6 اختيار مرشح الهواء
8/6	2/3-6 فعالية مرشح الهواء
8/6	1/2/3-6 هبوط الضغط
13/6	2/2/3-6 مراقبة الضغط
13/6	3/2/3-6 تنظيف الهواء من الملوثات الغازية
13/6	4/2/3-6 منظفات الهواء

الصفحة	الموضوع
17/6	3/3-6 طرائق اختبار المفاضلة لمرشحات الهواء
17/6	المراجع
1/7	الباب السابع النصب والاختبار والصيانة
1/7	1-7 النصب
1/7	1/1-7 نصب منظومة التهوية
1/7	1/1/1-7 ارشادات نصب المراوح
1/7	2/1/1-7 نصب المروحة
1/7	3/1/1-7 المناولة والتخزين
1/7	4/1/1-7 القواعد والتركيب
2/7	5/1/1-7 الفحص ما قبل التشغيل
3/7	6/1/1-7 ارشادات اختبار المراوح
3/7	7/1/1-7 ارشادات صيانة المراوح
4/7	1/2-7 فحص منظومة التهوية
6/7	2-7 ارشادات النصب والاختبار
6/7	1/2-7 ارشادات نصب مرشحات الهواء
6/7	2/2-7 ارشادات اختبار مرشحات الهواء
7/7	1/2/2-7 مقاومة تيار الهواء (باسكال)
7/7	2/2/2-7 مقدار سعة المرشح للاحتفاظ بالغبار
7/7	3/2/2-7 المسك
8/7	4/2/2-7 الفعالية
8/7	3/2-7 ارشادات صيانة مرشحات الهواء
8/7	1/3/2-7 خطوات الصيانة العامة
9/7	2/3/2-7 مقترحات الفحص
9/7	3/3/3-7 تحديد موعد استبدال مرشح الهواء
9/7	4/2-7 تصميم نظام للتشغيل والصيانة الفعالة
9/7	المراجع
	الملاحق
1/أ	الملحق (أ) المعادلات

الموضوع	الصفحة
الملحق (ب) الجداول	ب/1
الملحق (ج) معاملات التحويل	ج/1
الملحق (د) المصطلحات الفنية	د/1

الباب الاول مفاهيم عامة General Concepts

1-1 المقدمة Introduction

1-1/1 الغرض والمجال Purpose and scope

تشمل مدونة التهوية الميكانيكية اسس التصميم و التركيب و الاختبار و الصيانة لمنظومات التهوية الميكانيكية التي تعمل على دفع الهواء الى المباني او سحبه منها لتوفير الحد الأدنى من الراحة الحرارية وجودة الهواء ولتحقيق وسائل وسبل ترشيد استهلاك الطاقة من خلال التنظيم و التحكم فى معدلات التهوية الميكانيكية .

1-1/2 أهمية المدونة (الكود) للبنىات العراقية Importance of the code for Iraqi buildings

تهدف مدونة التهوية الميكانيكية إلى توفير الحد الأدنى من شروط الراحة والصحة والسلامة العامة والأمان الناتجة من آلات تهوية المكان مع تحقيق ترشيد الطاقة والحفاظ على البيئة، من خلال تنظيم ومراقبة التصميم والتخطيط والتركيب ونوعية المواد المستعملة والتشغيل والفحص والصيانة والأمان لمنظومات التهوية الميكانيكية، من اجل تحقيق أكبر قدر من التنسيق والتوافق والتحديد للأعمال المتعلقة بمجال أعمال التهوية الميكانيكية فى المباني. ويتم ذلك من خلال ما يلي:

1. تنظيم وتصميم وتنفيذ أعمال التهوية الميكانيكية في المباني لتمكين المهندسين والفنيين من القيام بأعمالهم على الوجه الأكمل بدون اجتهاد أو تأويل.

2. تحديد اسس التصميم المناسب لمنظومات التهوية الميكانيكية للمباني والمنشآت بمختلف أنواعها أخذاً في نظر الاعتبار عوامل الأمان والسلامة العامة واقتصاديات ترشيد الطاقة وكذلك استعمال المواد وسهولة الصيانة.

3. وضع بنود تنفيذ الأعمال وأسس القيام بها والأسلوب الأمثل للتنفيذ مع تحديد الحد الأدنى المقبول للتنفيذ.

تحدد المدونة الدور الذى يقوم به المصمم وحدود مسؤوليته وأعماله والمتطلبات الأساسية منه على النحو التالي:

أ- تقديم فكرة توضيحية عامة عن تصميم المشروع وترابطه والتكلفة التقديرية الاولى الاسترشادية الاجمالية له.

ب- إعداد المخططات التصميمية بمقياس رسم مناسب يوضح من خلاله مواقع الأجهزة ومسارات مجارى الهواء ان وجدت.

ج- ذكر وتحديد المواصفات القياسية الشاملة لجميع المواد والمكونات والتراكيب محدداً بها القدرات وشروط الأداء ومعايير الاختبار لجميع الأجهزة بما لا يخالف المعايير القياسية المعمول بها .

د- إعداد جداول الكميات بالآلات المطلوبة وأعدادها وأماكنها وباقي المواد والمستلزمات المستعملة.

هـ- تضمين مستندات التصميم من البيانات والمعلومات والجداول الضرورية لتمكين المقاول من دراسة العطاء دراسة كاملة وافية بأقل قدر من الافتراضات .

3/1-1 التعاريف Definitions

1/3/1-1 التهوية Ventilation

التهوية هي عملية تغيير أو استبدال الهواء في حيز ما لضبط درجة الحرارة، أو إزالة الرطوبة، والدخان، والغبار، و البكتريا المحمولة جواً. تشمل التهوية استبدال الهواء مع الخارج و تدويره داخل المبنى بطريقة طبيعية أو ميكانيكية. تعتبر التهوية احدى اهم الوسائل في الحفاظ على نوعية الهواء الداخلي في المباني.

2/3/1-1 انواع الهواء

- الهواء الخارجي Outdoor Air

الهواء المأخوذ من الجو الخارجي، فهو بالتالي، ليس الذي سبق تدويره من خلال النظام.

- هواء العادم Exhaust air

الهواء المطروح من الحيز، ولا يستعمل ثانية.

- هواء التعويض Make-up air

الهواء الطلق المجهز من الخارج ليحل محل الهواء العادم والمتسرب الى الداخل من خلال الشقوق والفجوات وعبر السقوف والأرضيات والجدران والشبابيك من غلاف المبنى.

- الهواء الراجع Return air

الهواء الراجع من الحيز لاعادة الاستفادة منه من خلال استعماله ثانية داخل الحيز أو طرحه خارجا.

-الهواء المدور Recirculated air

الهواء المسحوب من الحيز المكيف لاعادة استعماله في الحيز ثانية.

- الهواء المجهز Supply air

الهواء المجهز الى الحيز المكيف ويمكن استعماله للتهوية والتدفئة والتبريد والترطيب أو التجفيف.

- خليط الهواء Mixed air

الهواء الناتج من خلط الهواء الراجع و الهواء الخارجي النقي [1].

4/1-1 المفاهيم الاساسية والمصطلحات Basic concepts and terminology

1/4/1-1 المفاهيم الاساسية Basic concepts

بشكل عام تقسم طرائق تهوية المباني الى طريقتين: التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية. وفي كلتا الطريقتين، تؤخذ تهوية الحيز من الهواء الطلق الخارجي، حيث يتم دخول الهواء إلى داخل الحيز من خلال فتحات الدخول الخاصة بالتهوية، بوجود أو بدون وجود مجاري الهواء. في كثير من نظم التهوية الميكانيكية، يتم دخول الهواء الخارجي للحيز عن طريق مجاري الهواء أو بواسطة مروحة السحب حيث يتم توزيع الهواء المجهز للاماكن المطلوب تهويتها من خلال شبكة المجاري الهوائية. كذلك فان أنظمة التهوية الميكانيكية عادة

ما تكون مصممة لطرد الهواء من المباني من خلال مفرغات الهواء من النوع المثبت في السقف أو الجدران أو النوعين معا.

ان العديد من أنظمة التهوية الميكانيكية تعمل لغرض مكافحة الحريق في المباني و ذلك من خلال طرد الدخان والحرارة والنار خارج الحيز. ويجب ان يكون التصميم القياسي لانشطة التهوية قادراً على تلبية أحكام ومتطلبات و معايير الجمعية الوطنية الامريكية للوقاية من الحريق (National Fire Protection Association) NFPA إضافة الى متطلبات تركيب أنظمة التهوية "NFPA 90-A" [2]. وتشمل أحكام تراكيب ومواقع مآخذ الهواء الداخلي والخارجي.

تفضل التهوية الميكانيكية على التهوية الطبيعية بسبب الموثوقية والقدرة على الحفاظ على متطلبات محددة للتصميم، مثل مقدار تغير الهواء في الساعة والسرعات المواجهة للغطاء القلنسوي والمتطلبات الاخرى. كذلك تسهم عملية التهوية الميكانيكية بقدر كبير في توفير الراحة لشاغلي المباني من خلال المتطلبات المحددة للكميات الأدنى من الهواء النقي، أو الهواء الخارجي المطلوب تزويده للاماكن المشغولة بحسب متطلبات التصميم.

1-2/4 Terminology المصطلحات

- جودة الهواء الداخلي المقبولة Acceptable indoor air quality
الهواء الذي لا يحتوي على ملوثات بتركيز ضارة و كما حدد من قبل السلطات ذات العلاقة و المعايير القياسية و المقبول من قبل (80% أو أكثر) من الاشخاص المعرضين لهذا النوع من الهواء.

- نظام تنظيف الهواء Air cleaning system
النظام الذي يؤمن الحد من تركيز الملوثات المحمولة جوا، مثل الكائنات الحية الدقيقة والغبار والأبخرة والجسيمات العالقة بالهواء والغازات، من خلال استعمال الاجهزة والآلات.

- الهواء المحيط Ambient air
الهواء المحيط بالحيز والمعروف من خلال خواصه الفيزيائية مثل (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح،... الخ).

- انتقال الهواء Air transfer
حركة الهواء في الأماكن المغلقة من منطقة الى منطقة اخرى.

- هواء التهوية Ventilation air
هو جزء الهواء الخارجي المجهز بالإضافة إلى أي هواء مدور تمت معالجته لغرض الحفاظ على نوعية الهواء الداخلي المقبولة.

- الحيز المكيف space هو جزء المبنى الذي يتم تدفئته أو تبريده، أو كلاهما معا أو تهويته، لراحة الشاغلين.
- ملوث Contaminant الاجزاء المحمولة جوا غير المرغوب فيها و التي تقلل من مقبولية الهواء.
- الغبار Dust جسيمات من المواد الصلبة العالقة في الهواء، ويكون مقاسها عادة أقل من 100 ميكرون.
- التسرب الخارجي Exfiltration تسرب الهواء للخارج من خلال الشقوق (Cracks) والفجوات (Interstice) و السقوف والأرضيات والجدران و الشبابيك و الابواب في غلاف المبنى.
- التسرب الداخلي Infiltration تسرب الهواء الذي يحتوي على الكائنات الحية الدقيقة (الكائنات المجهرية، وخاصة من البكتيريا، او الفطريات) الى الداخل من خلال الشقوق والفجوات وعبر السقوف والأرضيات والجدران والشبابيك من غلاف المبنى.
- الرائحة Odor نوعية الغازات والسوائل، أو الجسيمات التي تحفز حاسة الشم عند الانسان.

5/1-1 ضرورة التهوية Necessity for ventilation

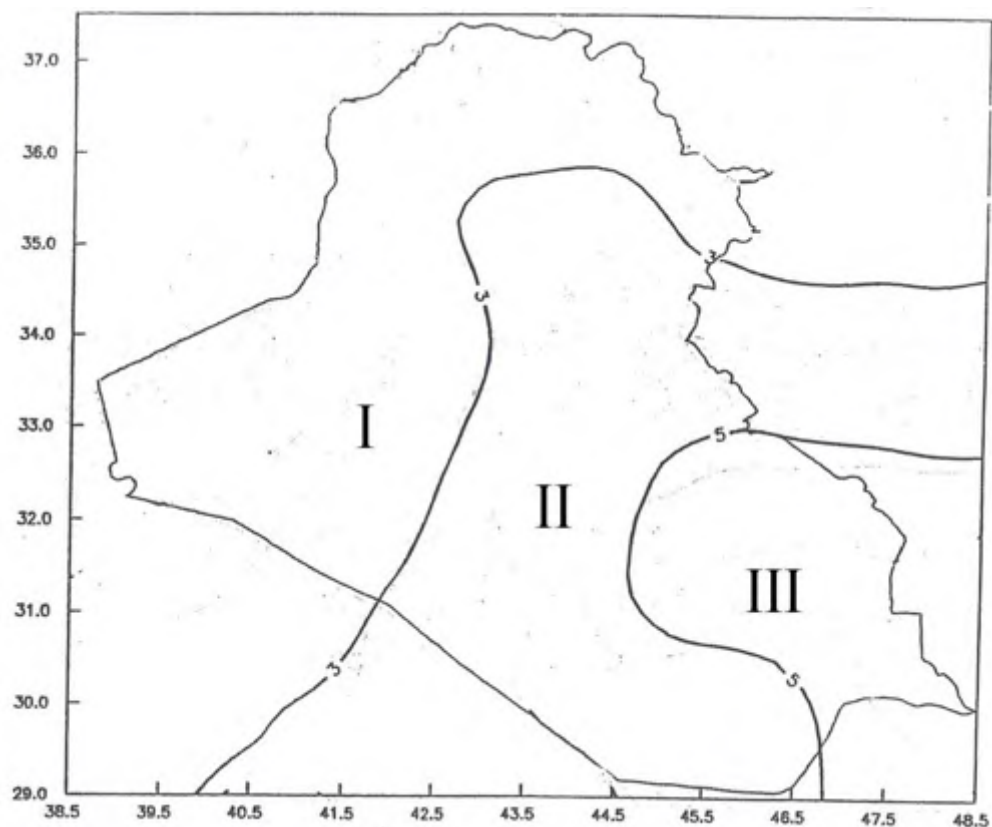
التهوية ضرورية لتهيئة بيئة صحية ومريحة داخلية لشاغلي المبانى. وتكمن اهمية التهوية في ازالة تلوث الهواء في الأماكن المغلقة من المباني واستبدال هواء خارجي جديد به.

2-1 التهوية Ventilation

1/2-1 التهوية لجميع الظروف الجوية Ventilation for all climates

هناك مجموعة متنوعة من أنظمة التهوية الميكانيكية متاحة للاختيارعلى أساس المناخ المحلي ونظام التدفئة والتبريد للمباني. بالإضافة إلى احدى النظم الأساسية وهي مراوح تهوية المطابخ والحمامات لغرض إزالة الروائح والرطوبة المتمركزة التي يمكن أن تحدث في هذه المناطق [3].

هناك نظم نموذجية ومناخات موصى بها لنظام التهوية الميكانيكية في العراق، حيث تم تقسيم العراق مناخيا الى ثلاث مناطق حرارية (هي الموصل وبغداد والبصرة) كما يوضحها الشكل 1- 1/2 [4]. ويبين الجدول 1-2/1 ظروف التصميم الخارجية لهذه المناطق الثلاث، لتستعمل في اختيار نظام التهوية الميكانيكية المناسب لكل منها.



الشكل 1-1/2: تقسيم العراق الى ثلاث مناطق حرارية

الجدول 1-1/2: ظروف التصميم الخارجية لمناطق العراق الحرارية الثلاث⁺

المدينة	المنطقة الحرارية	خط	الإرتفاع عن مستوى سطح البحر (m)	شَء	
---------	---------------------	----	--	---	--

+ مقتبس من [4]

1/1/2-1 للمناخات الحارة او المختلطة For hot or mixed climate

في هذا النظام يتم تجهيز الهواء النقي من خلال مأخذ الدخول ويوزع على جميع اماكن الحيز بواسطة مروحة ونظام مجاري الهواء. ان استعمال المروحة و المجاري الهوائية ليس الا لتهوية الحيز او لربط مأخذ الهواء النقي الخارجي لمجرى الهواء الراجع الرئيس للنظام والذي بدوره يسمح لمراوح النظام بتوزيع الهواء النقي على الاماكن ضمن منظومة التجهيز . ان فائدة ربط مجرى الهواء الخارجي بمجرى الهواء الراجع هي ان الهواء الخارجي يعالج من ناحية درجة الحرارة و الرطوبة قبل دخوله للحيز. ان استمرار تجهيز الحيز بالهواء الخارجي يجعل الحيز جزئياً تحت ضغط عال (موجب). يكون هذا النظام غير صالح للظروف الجوية الباردة حيث هناك مخاطر من تسرب الهواء الداخلي الدافئ الى الخارج من خلال الفتحات و الشقوق و تكثفه عند ملامسته الاسطح الخارجية الباردة مسببا مشكلة الرطوبة [5].

2/1/2-1 للمناخات الباردة For cold climate

في هذا النظام يطرح الهواء الداخلي باستمرار الى الهواء الطلق بواسطة المروحة او المراوح الموضوعة في المرافق الصحية و المناطق الاخرى. وبسبب الطرح المستمر للهواء الداخلي من الحيز الى الخارج، فان الحيز يصبح تحت ضغط واطى (سالبة) نسبياً. و نتيجة ذلك، تكون هذه الانظمة غير ملائمة للاجواء الحارة والرطوبة حيث هناك مخاطر من تسرب الهواء الحار والرطب الخارجي الى داخل الحيز من خلال الشقوق في هيكل البناء ليصل هواء الحيز البارد ويسبب تكثفاً على الجدران ويخلق مشكلة الرطوبة داخل الحيز.

3/1/2-1 جميع المناخات For all climates

في هذا النظام تطرح كميات متساوية من الهواء للخارج و يجهز بدلها هواء للداخل باستعمال مروحة او مراوح لطرح الهواء واخرى لتجهيز الهواء.

ان اكثر الانظمة شيوعاً هما نظام التهوية باسترداد الحرارة (Ventilation with Heat Recovery) ويرمز له (HRV) ونظام التهوية باسترداد الطاقة (Ventilation with Energy Recovery) ويرمز له (ERV). في نظام استرداد الحرارة تنتقل الحرارة و الرطوبة من الهواء العادم الى هواء التهوية خلال موسم التدفئة ومن هواء التهوية الى هواء العادم في موسم التبريد وذلك لتقليل حمل التدفئة شتاءً والتبريد صيفاً وتحسين الظروف الداخلية للحيز.

اما في نظام استرداد الطاقة، فان الحرارة تنتقل بين الهواء العادم والهواء المجهز للحيز. وبذلك يتيح تحقيق اختصار طاقة إضافي في فصل الصيف من خلال تقليل نسبة الرطوبة في الهواء المجهز الذي لولاه لوجب استعمال مجففات في آلات التبريد أو مزيل الرطوبة. وكذلك فان نظام استرداد الطاقة يحقق راحة اضافية في موسم الشتاء وذلك من خلال تجهيز الهواء الخارجي الرطب للحيز لتلافي الجفاف في الهواء الداخلي.

2/2-1 الفائدة من التهوية الميكانيكية Benefit of mechanical ventilation

للهوية الميكانيكية فى المباني ثلاث فوائد مهمة هي:

1. التهوية لتبريد المبنى (Ventilation for building cooling)

عندما تكون درجة الحرارة الداخلية أعلى من درجة الحرارة الخارجية.

2. التهوية لتحقيق الراحة الحرارية (Ventilation for thermal comfort)

تحقق عملية التهوية زيادة في فقدان الحرارة (Heat losses) من جسم الانسان و كذلك التخلص من الرطوبة الزائدة من خلال زيادة حركة الهواء داخل الحيز وتوزيعه توزيعاً مناسباً وكذلك التحكم في الرطوبة النسبية للهواء الداخلي لتحقيق الراحة للشاغلين .

3. التهوية الصحية (Health ventilation)

للمحافظة على حد أدنى من الجودة للهواء عن طريق استبدال هواء نقي متجدد من الخارج بحجم من الهواء داخل المبنى.

3/2-1 نوعية الهواء الداخلي (IAQ) Indoor air quality

تعتبر نوعية الهواء الداخلي (IAQ) اليوم مصدر قلق متزايد، مما استوجب بناء المنشآت بشكل محكم للحفاظ على الطاقة ، والتي بدورها جعلت التهوية المناسبة أكثر أهمية من أي وقت مضى. وبحسب منشورات جمعية حماية البيئة (EPA)، فإن الأشخاص يقضون أكثر من 90% من أوقاتهم في الداخل، لذلك فإن نوعية الهواء في الداخل يمكن أن تؤدي دوراً مهماً في راحة وإنتاجية وصحة الشاغلين.

توجد ثلاث فئات من الملوثات عموماً يمكن أن تؤثر على نوعية الهواء الداخلية (IAQ) و هي: الملوثات البيولوجية والكيميائية والجسيمات العالقة. فإن المفتاح لإدارة فعالة لنوعية الهواء الداخلي (IAQ) هو العثور والسيطرة على المصدر الدقيق لهذه الملوثات. فمن غير المقبول علاج الأعراض مع بقاء المشكلة قائمة ما لم يتم التخلص والسيطرة على مصادر التلوث.

4/2-1 نوعية الهواء الخارجي Outdoor air quality

ان نوعية الهواء الخارجي غالبا ما يغفل عنها، وينتهي بها الأمر إلى التعامل معها بعد حدوث تأثيرها على البيئة المحيطة للمباني. في كثير من الأحيان، فإن مواقع مآخذ الهواء الخارجي من المبنى قد تكون عرضة لشتى أنواع المشاكل المتعلقة بالتلوث.

تتأثر نوعية الهواء الداخلي في الأماكن المغلقة إذا كانت مواقع فتحات دخول الهواء مواجهة للكثافة العالية لمرور المركبات او المخلفات الصناعية في الخارج، أو غيرها من مصادر التلوث غير المرغوب فيه عند محيط فتحات الدخول. وقد تتطلب في هذه الحالات عملية ترشيح خاص، مما يؤدي إلى عبء سابق لأوانه على المرشحات، وزيادة تكاليف الصيانة والتنظيف غير المتوقعة في الآلات. وتكون من الضروري الحاجة الى

إجراءات تصحيحية قد تتطوي على رفع مستوى المرشحات وجعلها أكثر فعالية أو في الحالات القصوى، تغيير موقع مأخذ الهواء الخارجي.

صنفت جمعية حماية البيئة الهواء النظيف الى نوعين بحسب المعايير الوطنية الامريكية لنوعية الهواء الخارجي وكالتالي:

أ- المعايير الأولية التي تضع حدودا لحماية الصحة العامة، بما في ذلك صحة "السكان"، مثل مرضى الربو، وامراض الأطفال، والمسنين.

ب- المعايير الثانوية التي تضع حدودا لحماية الصالح العام، بما في ذلك الحماية من انخفاض الرؤية، والأضرار التي تلحق بالحيوانات والمحاصيل الزراعية والنباتات والمباني.

وقد وضعت جمعية حماية البيئة (EPA) معايير قياسية لنوعية الهواء الخارجي اخذا بنظر الاعتبار تأثير الملوثات على الصحة العامة والبيئة وكما موضح في الجدول 1-2/2.

الجدول 1-2/2: المعايير القياسية لنوعية الهواء الجوي⁺

نوع المعايير	القيم المعيارية	الملوثات
احادي اوكسيد الكربون (CO)		
اولية	40000 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (1) ساعة
اولية	10000 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (8) ساعة
ثنائي اوكسيد النيتروجين (NO ₂)		
اولية و ثانوية	100 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سنوي)
الاوزون (O ₃)		
اولية و ثانوية	235 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (1) ساعة
اولية و ثانوية	157 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (8) ساعة
الرصاص (Pb)		
اولية و ثانوية	1.5 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (فصلي)
جزيئات ذات قطر 10 ميكرون او اقل		
اولية و ثانوية	50 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سنوي)
اولية و ثانوية	150 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سنوي)
جزيئات ذات قطر 2.5 ميكرون او اقل		
اولية و ثانوية	15 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سنوي)
اولية و ثانوية	65 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (24) ساعة
ثنائي اوكسيد الكبريت (SO ₂)		
اولية	80 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سنوي)
اولية و ثانوية	365 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (24) ساعة
اولية و ثانوية	1300 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (3) ساعة

+ مقتبس من [6].

5/2-1 مصادر التلوث Sources of contaminations

تنتج المصادر المحلية الثابتة داخل المباني، الملوثات التي تشمل الجسيمات المحمولة جوا، والحرارة، والروائح والأبخرة والرذاذ، والدخان أو الغازات بكميات ممكن أن تكون مضرّة بالصحة. لذا يكون من الضروري

استعمال نظام لطرد العادم المنتج وإزالة الملوثات. ويتعين على ذلك، تصريف وطرد العادم و الملوثات المنتجة مباشرة إلى المواقع المخصصة والمحددة لهذا الغرض خارج المباني على وفق ماتحدده القوانين السائدة.

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 62-1999, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, 1999.
- [2] *Standard for Installation of Air-Conditioning Systems NFPA 90-A.*, 1994.
- [3] *ASHRAE'S Residential Ventilation Standard 62.2 – 2001.*
- [4] *بيانات دائرة الانواء الجوية العراقية*، 2010.
- [5] *الكود السعودي للتكييف*، 2002.
- [6] *Modified ASHRAE'S Standard 62-2001.*

الباب الثاني أنظمة التهوية الميكانيكية Mechanical Ventilation Systems

1-2 عناصر التهوية الميكانيكية Elements of mechanical ventilation

1/1-2 المقدمة Introduction

يعتمد نجاح أو فشل نظام التهوية على مجموعة من العوامل المتداخلة والمبادئ الأساسية التي تكمن في معدل جريان الهواء و نسبة الهواء الخارجي الى الهواء المجهز للنظام و السيطرة المطلوبة و توازن الهواء، والترشيح وكذلك توزيع ونقل الهواء داخل الحيز.

2- 1/1/1 معدل جريان الهواء Air flow rate

يمثل معدل جريان الهواء (الهواء النظيف) الذي يدخل الحيز على وفق معدل التهوية المطلوبة، حيث يقاس معدل التهوية بالمتري المكعب في الساعة (m^3/h) او لتر في الثانية (l/s). هناك طرائق عديدة للتعبير عن (m^3/h). ان (m^3/h) للهواء الخارجي تعبر عن الكمية الكلية للهواء الخارجي الداخل الى المبنى بوحدات المتر المكعب في الساعة، وكذلك تعبر عن الكمية الكلية للهواء الخارجي المطلوب لكل شخص نسبة لعدد الشاغلين واعتمادا على العدد الأقصى للشاغلين في الحيز عند اى وقت.

اخيرا، فان معدل التهوية يمكن التعبير عنه عن طريق عدد مرات تبديل الهواء لكل ساعة. فمن الضروري اختيار معدل تهوية مناسبة من جداول (ASHRAE) الحالية [1]، [2]، [3] او اية مدونة محلية او عالمية ارشادية للبناء. حيث جرت العادة ان يستعمل معدل ضمن الحدود (2.5-10) لتر في الثانية كمعدل تهوية لكل شخص من شاغلي الحيز للمباني السكنية و المكاتب التجارية.

2- 2/1/1 نسبة الهواء الخارجي الى الهواء المجهز للنظام Percentage of outdoor air to supply air in the system

في أنظمة التكييف القياسية، تكون هناك نسبة من الهواء الراجع للنظام، في حين تطرح نسبة اخرى الى الخارج ويستعاض عنه بكمية مساوية من الهواء الخارجي. حيث يختلط الهواء الخارجي مع الهواء الراجع في صندوق الخلط (Mixing box). وتسمى نسبة الهواء الخارجي الى هواء التجهيز بنسبة الخلط.

يمكن ان يشكل إعادة تدوير الهواء الداخلي استراتيجية هامة في زيادة معدلات تدفق الهواء من دون تضخيم تكاليف الطاقة. إذ تفضل مواصفة ASHRAE 62 السماح بزيادة الاستفادة من تدوير الهواء الداخلي إذا كان الهواء الخارجي ملوثا جدا، أو للمحافظة على الطاقة. ولنجاح هذه الاستراتيجية، يجب ترشيح الهواء الراجع بصورة جيدة لتجنب الملوثات التي تمت تصفيتها ومنعها من العودة ثانية للدخول الى الحيز.

2-1/2 تشغيل نظام التهوية الميكانيكية Mechanical ventilation system operation

يشكل نظام التهوية الجزء الرئيس من نظام التهوية والتكييف. يتكون نظام التهوية النموذجي من أنظمة المراوح ومجاري الهواء لتجهيز الهواء النظيف الى الحيز الداخلي، وكذلك نظام مراوح ومجاري هواء اخرى لطرد الهواء الملوث الى المحيط الخارجي. اضافة الى ذلك فهناك هواء راجع يخلط مع الهواء الخارجي ويجهز للحيز والباقي يطرد الى الخارج. ان الهواء المجهز للحيز يتم ترشيحه وترطبيه او تجفيفه او تسخينه او تبريده من خلال المكونات داخل دافعة الهواء تبعا لقابلية النظام و بحسب حاجة الموسم.

2-1/2/1 السيطرة على الطلب Demand control

يرتبط هذا المصطلح بعملية السماح للهواء النقي المطلوب لغرض تحديد مقدار تبديل الهواء. بتعبير اخر فان تبديل الهواء، غالبا مايمثل رصد أو استشعار كمية ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) المنبعث في الفضاء من تنفس الإنسان. عند وصول تراكم ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) الى مستوى (800-1200 جزء بالمليون) تتم عملية تبديل الهواء داخل الحيز.

2-2/1/2 توزيع الهواء ونظام نقله Air distribution and conveying system

يوزع الهواء الداخلي النظيف بالتساوي في الأماكن المغلقة ليتسنى لجميع شاغلي الحيز الحصول على الهواء النقي بصورة موحدة نسبيا من الراحة الحرارية (الرطوبة والسرعة ونوعية الهواء). بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تكون المناطق المحيطة للحيز جيدة التهوية خاصة خلال فصل الشتاء (موسم التدفئة) للحفاظ على جفاف ودفء هذه المناطق لمنع عملية التكثيف على الجدران. يمكن ان تسبب عملية التكثيف (الرطوبة) ضررا في الجدران، وأغطيتها والستائر مع تهيئة الظروف الملائمة لنمو العفن الفطري (البكتيريا الضارة) داخل الحيز. فيما يتعلق بالراحة الحرارية داخل الحيز، فان المشاكل الرئيسية في توزيع الهواء تكمن في التيارات الهوائية (Air drafts) والتدرجات في درجات الحرارة. تكون التيارات الناتجة من توزيع الهواء غير متجانسة في الحيز وتسبب الشعور بالبرودة لشاغلي الحيز في بعض المناطق أو على بعض أجزاء الجسم. اما في حالة التدرجات في درجات الحرارة، فان شاغلي الحيز يشكون كون الغرفة دافئة بالقرب من مصدر اشعاع الحرارة (كالمدفئة) في حين يزداد الشعور بالبرودة تدريجيا كلما ابتعدوا عن مصدر الحرارة. كذلك يمكن ان تكون التدرجات في درجات الحرارة عمودية، كما هو الحال عند دخول الهواء الدافئ من خلال ناشرات الهواء في السقف، مع بقاء الهواء الدافئ قريباً من السقف و عدم وصوله الى ارض الحيز.

2-3/2/1 الترشيح Filtration

ان تصفية الهواء المجهز بالترشيح هو أمر حيوي وضروري لإزالة الجسيمات الملوثة وأحيانا الروائح. تسبب عملية التصفية مشاكل تقليدية في مرشحات الهواء تتمثل في انسداد هذه المرشحات أو اشباعها بالرطوبة. و يمكن الوصول الى الحلول الاساسية لمشاكل التصفية من خلال الصيانة الدورية للمرشحات، وتحديد

المرشحات الأكثر فعالية، وكذلك إدخال أجهزة تنظيف وتنقية الهواء ضمن المنظومة.

2-2 انواع التهوية Types of Ventilation

1/2 -2 انواع التهوية الميكانيكية Types of mechanical ventilation

هناك ثلاث طرائق يمكن من خلالها تهوية المباني ميكانيكيا وهي :-

2- 1/1/2 التهوية المطروحة Extract ventilation

تستعمل هذه الطريقة من التهوية الميكانيكية لازالة الرطوبة والروائح والحرارة من الهواء داخل الحيز، حيث تستعمل مراوح دافعة (Propeller) لهذا الغرض، إذ تثبت في النوافذ او في الجدران من خلال مجاري هواء قصيرة لدفعه الى خارج المبنى. يكون من الافضل وضع المروحة بالقرب من مصدر التلوث حيث يمكن إزالته مباشرة من المبنى بدون مروره على مناطق مشغولة في الحيز وبذلك، كلما ازيل الهواء ميكانيكيا من المبنى يتم دخول الهواء الخارجي النقي ليحل محله. عادة يكون دخول الهواء الخارجي للحيز من خلال الشقوق والفجوات في المبنى، لذلك من الضروري وضع مسخّنات الهواء امام جريان الهواء القادم من الخارج وخاصة في المناطق الشمالية من العراق.

من الضروري وضع ضوابط للسيطرة على عمل مراوح الطرد لغرض تحديد فترة الاشتغال في المناطق المختلفة من المبنى عند الحاجة. حيث هناك أنظمة طرد متخصصة للمطابخ و المختبرات تستعمل غطاء قلنسوي الشكل (Hoods) لجمع الدخان والملوثات الناتجة من العمليات وترتبط خارج المبنى مباشرة عبر مجاري الهواء باستعمال مراوح ذات تدفق محوري أو طرد مركزي.

2- 2/1/2 التهوية المجهزة Supply ventilation

يعمل هذا الأسلوب من التهوية الميكانيكية عكس ما في التهوية المطروحة حيث تدفع المراوح الهواء النقي الى داخل المبنى لتخفيف تركيز ملوثات الهواء وليس لازالته من المبنى. عادة يتسرب خليط الهواء (الهواء النقي والهواء المجهز) من الحيز للخارج عبر الشقوق والفجوات الموجودة في اروقة المباني، ويتم تجهيز المباني بالهواء النقي بواسطة نظام التهوية المجهزة بسرعة عالية، وهذا مقبول في فصل الصيف، بسبب قلة تأثير السرعة العالية للهواء الحارالخارجي، اما في فصل الشتاء، فان الحركة السريعة للهواء الخارجي البارد نحو المباني تسبب إزعاجا يمكن تجنبه عن طريق امراره على ملف تسخين قبل دخوله الحيز. تسبب التهوية المجهزة ضغطا عاليا في الحيز الذي تخدمه، وهي مفيدة ومطلوبة لمنع دخول التيارات والملوثات والروائح من خارج المبنى الى الحيز.

2- 3/1/2 التهوية المتوازنة Balanced ventilation

التهوية المتوازنة هي مزيج من التهوية المجهزة والمطروحة. حيث يتحقق كلا النوعين من التهوية بشكل مستقل من خلال مجرى التجهيز و مجرى الطرد بواسطة المراوح المخصصة لهذه الاغراض. يتيح هذا النظام تجهيز الهواء النقي باستمرار لكل حيز باستعمال نظام مماثل لأنظمة تكييف الهواء، و ذلك بجعل مروحة

التجهيز أقوى قليلاً من مروحة الطرد وبالتالي يكون الحيز تحت ضغط موجب، لتجنب دخول الغبار والملوثات داخل الحيز. إن أهم ميزة لأنظمة التهوية المتوازنة هي القدرة على استرداد الحرارة بين تيارات هواء التجهيز وهواء العادم.

2/2-2 موازنة الهواء والانضغاط Air balancing and pressurization

توجد ثلاثة أنظمة لموازنة ضغط هواء الحيز طبقاً للتطبيقات المختلفة و كما يلي:

1/2/2-2 نظام الضغط الموجب Positive pressure system

يمكن الحصول على هذا النظام، عندما تكون كمية الهواء الداخلة للحيز أكثر من كمية الهواء الخارجة من خلال فتحات الطرد مما يؤدي إلى الضغط الموجب داخل الحيز. وبعبارة أخرى، فإن الضغط داخل المبنى يكون أعلى قليلاً مما هو عليه في الخارج. ويعتبر الضغط الموجب القليل شرطاً مهماً و مرغوباً فيه لأنه يساعد على إبقاء الهواء الخارجي البارد أو الساخن وكذلك الرطوبة والغبار والملوثات خارجاً. و يستعمل هذا النظام في بعض غرف المستشفيات مثل (العمليات، الطوارئ، العناية المركزة، الخزن المعقم،...الخ). ومن الضروري الابتعاد عن استعمال الضغط الموجب المفرط في الحيز لأنه يسبب خروج كميات كبيرة من الهواء إلى الخارج من خلال الشقوق والفتحات الموجودة في المبنى و يزيد من كلفة النظام. و لمعرفة المزيد من التطبيقات الأخرى لهذا النظام، يمكن الرجوع إلى الجدول 1-4.

2/2/2-2 نظام الضغط السالب Negative pressure system

في هذا النظام، تكون كمية الهواء الخارجة من الحيز أكثر من كمية الهواء الداخلة، مما يؤدي إلى ضغط سالب في الحيز فينتسبب بدخول الهواء الخارجي إلى داخل الحيز لتصحيح الهواء غير المتوازن. ولسوء الحظ يكون الهواء الداخل غير معالج من ناحية السخونة والبرودة والرطوبة وبالتالي يؤثر ذلك على مستوى الرطوبة والراحة الحرارية وتكاليف الطاقة داخل الحيز. إضافة إلى ذلك، فإن الهواء الداخل يمكن أن يحمل معه ملوثات من مصادر خارجية كعوادم السيارات أو مصادر أخرى. يستعمل هذا النظام في مختبرات العلاج الطبيعي وغرف أجهزة التعقيم والغسل والكوي، ودورات المياه والمناطق التي لا توجد فيها معدلات تهوية محددة. ويمكن الرجوع إلى الجدول 1-4 للتعرف على المزيد من التطبيقات الأخرى لهذا النظام.

3/2/2-2 نظام الضغط المتعادل Balanced pressure system

يشير هذا النظام إلى توزيع الهواء و الضغط في الحيز و ضمن حدود المبنى بشكل يؤمن الحفاظ على ضغط الهواء داخل الحيز. ولكن يمكن أن يحصل الضغط السلبي داخل الحيز في ظروف دخول الهواء غير المعالج للمبنى من خلال الشقوق و الفتحات المتواجدة في المبنى لغرض موازنة الظروف غير المتعادلة ضمناً داخل الحيز على حساب الضغط. وإن الغاية من هذا النظام هي الإبقاء على توازن ملائم للهواء داخل الحيز. ولهذا النظام استعمالات عديدة مثل المكاتب، القاعات الدراسية، قاعات المطالعة، غـرف

الجلوس...الخ. ولمعرفة المزيد من التطبيقات الأخرى لهذا النظام، يمكن الرجوع الى الجدول 4-1/1.

3/2-2 نقائص التهوية الميكانيكية Ventilation deficiencies

تتضمن نقائص التهوية ما يلي:-

- التهوية غير المناسبة، كون نظام التهوية لا يجهز الحيز بكمية كافية من الهواء النقي لغرض تخفيف تركيز الملوثات الداخلية وغاز ثنائي اوكسيد الكربون داخل الحيز.
 - عدم تنظيم السيطرة على الهواء الداخل الى الحيز بشكل يؤمن تقليل استهلاك الطاقة من خلال تحديد كمية الهواء الخارجي المجهز للحيز.
 - انسداد مأخذ الهواء الخارجي الذي يسبب اعاقا دخول الهواء للحيز.
 - أضرار في مجاري الهواء التي تتسبب باعاقا جريان الهواء او تسريبه.
 - توزيع غير ملائم للهواء داخل الحيز.
 - عدم فعالية المرشحات لازالة الملوثات الماكروبايولوجية الناتجة من الرطوبة او من عملية صيانة ضعيفة.
 - قصور في عمل بعض اجزاء نظام التهوية مثل المخدمات واجهزة السيطرة وأجزاء اخرى.
- كذلك يمكن أن تحدث مشاكل في نظام التهوية الميكانيكية عندما:

1. تحتاج تهوية الحيز الى تعديل نظام التهوية بالشكل الصحيح لتلبية المتطلبات الجديدة .
2. يكون التصميم الأصلي لنظام التهوية غير كاف لتجهيز الحيز بالهواء الخارجي المطلوب بما يحتاجه.
3. عدم اشتغال نظام التهوية بالشكل الصحيح.

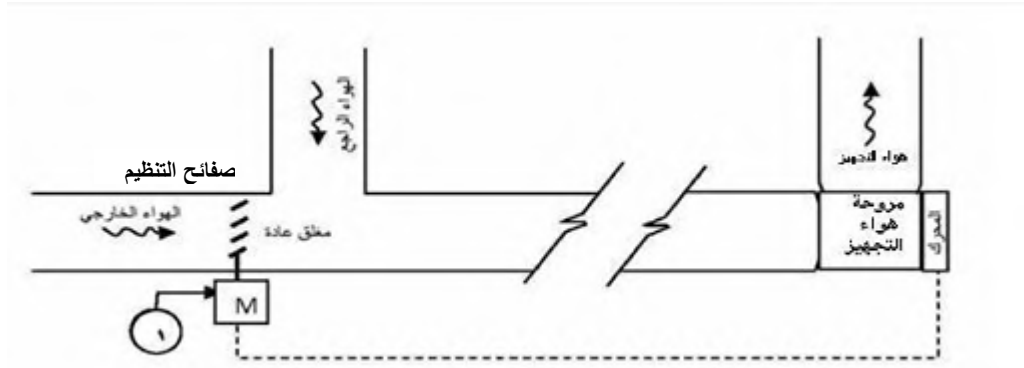
3-2 السيطرة Control

1/3-2 السيطرة على التهوية الميكانيكية Control on mechanical ventilation

على الرغم من أن معدات التهوية النموذجية تحتوى على كثير من ضوابط التحكم، الا ان التحكم في كمية الهواء الخارجي الداخلة للمبنى يمكن أن يكون له تأثير كبير على نوعية الهواء الداخل للحيز و كذلك على استهلاك الطاقة. وفي الوقت نفسه، فان السيطرة المطلوبة للتهوية، يمكن اعتبارها وسيلة من وسائل التحكم على كمية الرطوبة داخل الحيز. وبالتالي فان الغاية الأساسية من السيطرة، هي الحفاظ على كمية الهواء الخارجي ضمن الحدود الموصى بها لأغراض تجهيز الطاقة [4]، [5] ، وليس لتحسين نوعية الهواء الداخلي Indoor Air Quality (IAQ) . هناك انظمة تحكم تلقائي لانظمة التهوية تبعا لمواسم عملها و هي:

أ- التحكم في كمية ثابتة من الهواء الخارجي (Fixed quantity of outdoor air)

يكون التحكم في الكمية الثابتة للهواء الخارجي من خلال فتح صفائح التنظيم عند تشغيل المروحة، وغلق صفائح التنظيم عند ايقاف المروحة كما موضح في الشكل 2-1/3.

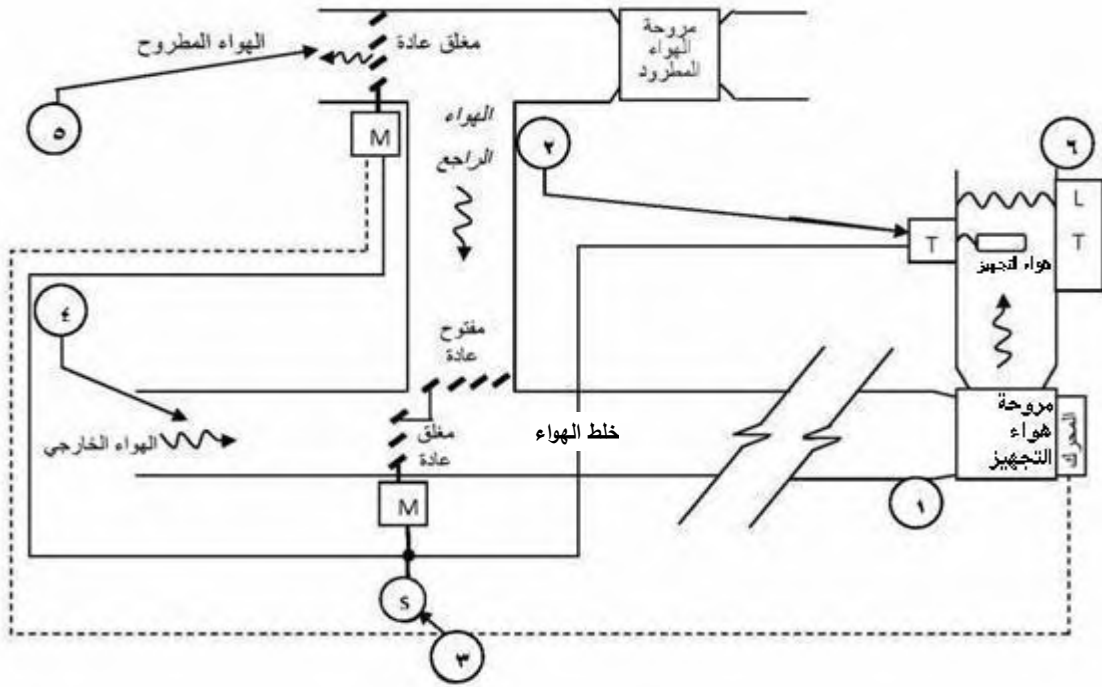


الشكل 2-1/3: منظومة التحكم في كمية ثابتة من الهواء الخارجى.

ب- التحكم الشتوي بواسطة خليط الهواء (Winter control from mixed air)

تكون آلية التحكم الشتوي بواسطة خليط الهواء من خلال منظومة السيطرة الموضحة في الشكل 2-3/2 وبحسب الخطوات التالية المؤشرة على الشكل:

- 1- يصبح نظام التحكم جاهزاً للعمل عند تشغيل المروحة.
- 2- يعدل منظم درجة الحرارة (T) حرارة مزيج الهواء من خلال وضع صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجى (M) للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة لخليط الهواء.
- 3- يستعان بمفتاح للضبط اليدوي (S) لتغيير وضع صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجى (M) بحسب المعايير التي يحددها منظم درجة حرارة خليط الهواء إذا كانت كمية الهواء الخارجى اقل من الحد الأدنى.
- 4- تتغلق صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجى (M) عند إيقاف المروحة.
- 5- تؤدي صفائح تنظيم الهواء المطروح خارجاً نفس عمل صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجى (M).
- 6- يعمل منظم درجة حرارة (LT) للحرارة المنخفضة على إيقاف المروحة عن العمل عند انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المطلوبة.

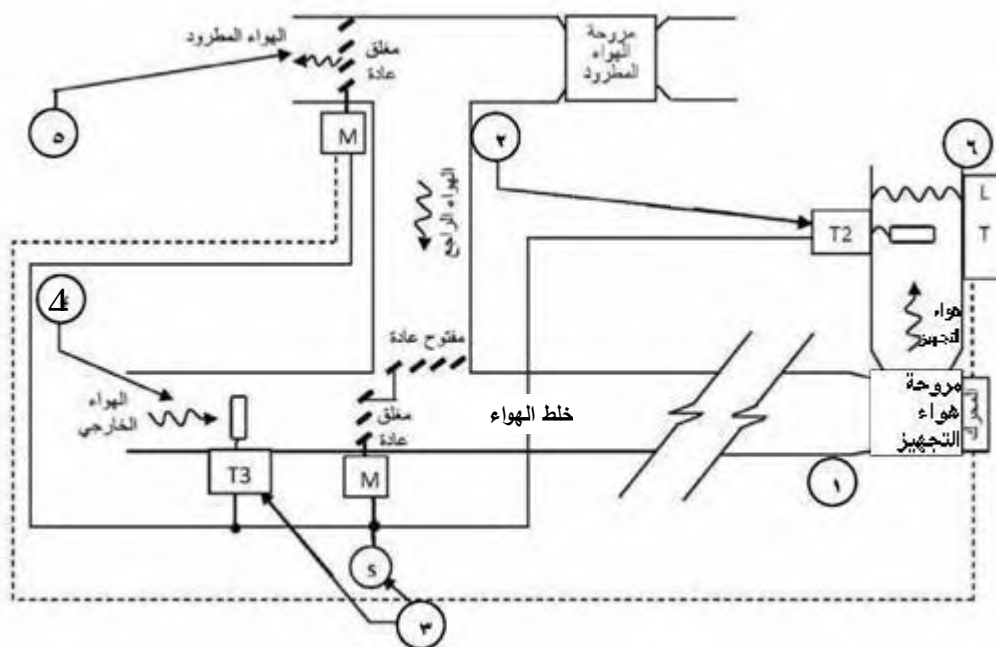


الشكل 2-3/2: منظومة التحكم الشتوي بواسطة خلط الهواء

ج- التحكم بواسطة الهواء الممزوج على مدار السنة (Year-round control from mixed air)
تكون آلية التحكم بواسطة خليط الهواء على مدار السنة من خلال منظومة السيطرة الموضحة في الشكل 2-3/3 وبحسب الخطوات التالية المؤشرة على الشكل:

- 1- يصبح نظام التحكم جاهزا للعمل عند تشغيل المروحة.
- 2- منظم درجة حرارة الشتوي (T2) يعدل وضع صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) للمحافظة على درجة حرارة خليط الهواء طالما ان درجة حرارة الهواء الخارجي منخفضة عن الدرجة المعايير عليها منظم درجة حرارة الهواء الخارجي الصيفي (T3). وتكون صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) مفتوحة تماما عندما يكون عيار منظم درجة الحرارة الشتوي عند اقصى حد له.
- 3- عندما ترتفع درجة حرارة الهواء الخارجي الى الدرجة المعايير عليها منظم درجة الحرارة الصيفي (T3) فان صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) تأخذ وضعها بحسب ضبط مفتاح الضبط اليدوي (S). كما ان مفتاح الضبط اليدوي (S) يحدد وضع صفائح التنظيم (M) عندما يطلب منظم درجة حرارة الشتوي (T2) كمية من الهواء الخارجي اقل من القيمة الدنيا.

- 4- تتغلق صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند إيقاف المروحة.
- 5- تؤدي صفائح تنظيم الهواء المطروح خارجاً نفس عمل صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي.
- 6- يعمل منظم درجة الحرارة المنخفضة (LT) (اختياري) على إيقاف المروحة عن العمل عند انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المطلوبة.



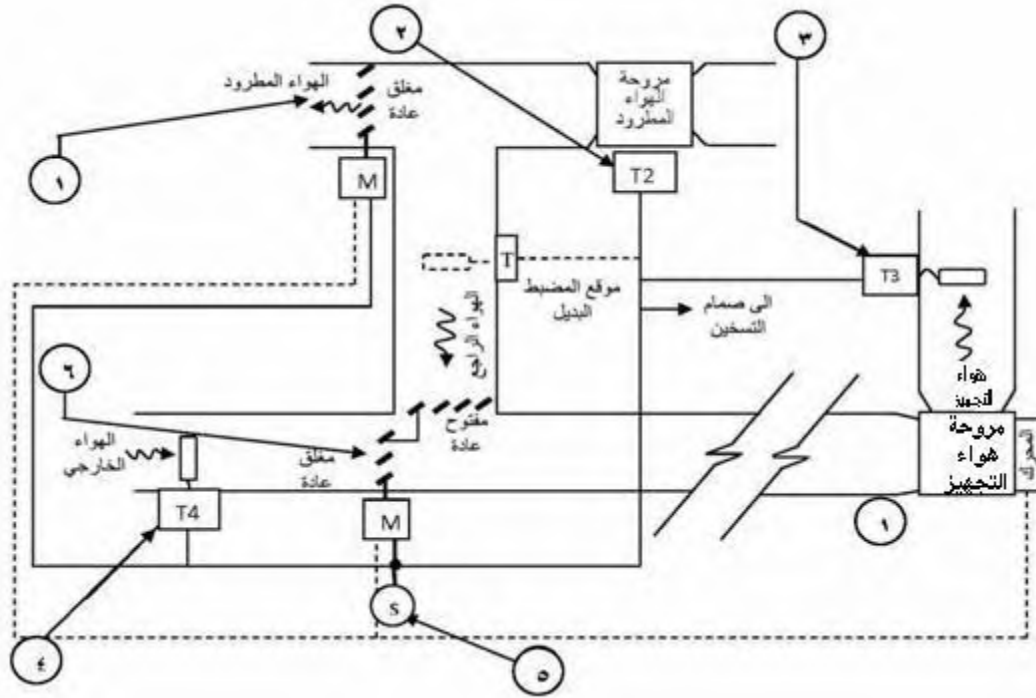
الشكل 2-3/3: منظومة التحكم بواسطة خلط الهواء على مدار السنة

د- التحكم الاقتصادي بواسطة الهواء الممزوج على مدار السنة (Year-round economizer control) (from mixed air).

تكون آلية التحكم الاقتصادي بواسطة خليط الهواء على مدار السنة من خلال منظومة السيطرة الموضحة في الشكل 2-3/4 وبحسب الخطوات التالية:

- 1- يصبح نظام التحكم جاهزاً للعمل عند تشغيل المروحة.
- 2- منظم درجة حرارة الحيز (T2) التعديلي (Modulating):
- يوضع مفتاح الضبط اليدوي للحد الأدنى (S) في وضع التحكم في صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) إذا انخفضت درجة الحرارة داخل الحيز عن الدرجة المعاييرة.
- يوضع منظم درجة الهواء الخارجي (T4) وخليط الهواء (T3) في وضع التحكم في صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند ارتفاع درجة حرارة الحيز عن الدرجة المعاييرة.

- ينظم عملية التدفئة.
- 3- منظم درجة الحرارة الشتوي (T3) يعدل وضع صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) و الهواء المطرود للمحافظة على درجة حرارة مزيج الهواء طالما ان درجة حرارة الهواء الخارجي اقل من الدرجة المعايير عليها منظم درجة حرارة الصيفي (T4).
- 4- منظم درجة الحرارة الصيفي (T4) يغلق صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) والهواء المطرود الى الحد الادنى الذي يحدد بضبط مفتاح الضبط اليدوي (S) عند الحد الادنى و ذلك عندما ترتفع درجة حرارة الهواء الخارجي الى درجة الحرارة المعاييرة لمنظم درجة الحرارة .
- 5- مفتاح الضبط اليدوي للحد الادنى (S) الذي يحرك صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) الى ادنى وضع اذا طلب منظم درجة حرارة الشتوي (T3) كمية من الهواء الخارجي اقل من الحد الادنى.
- 6- تنغلق صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند ايقاف المروحة.
- 7- صفيحة تنظيم الهواء المطروح خارجاً (M) تقوم بالعمل نفسه الذي تقوم به صفيحة تنظيم (M) للهواء الخارجي.



الشكل 2-4/3: منظومة التحكم الاقتصادي بواسطة خلط الهواء على مدار السنة

2-1/3 المراقبة والسيطرة على معدل تدفق الهواء الخارجي Outdoor air volume monitoring and control

يعتبر تجهيز كميات مقبولة من الهواء الخارجي الى الحيز عنصراً مهماً لتحديد النوعية الجيدة من الهواء داخل الحيز. إن جميع أنظمة التهوية الموجودة تعتمد عملياً على صفيحة تنظيم (Damper) ثابتة لتنظيم كمية الهواء الخارجي. ان تأثير الرياح والمداخن و المراوح غير المتوازنة على تجهيز وارجاع الهواء، والتغير المستمر في نظام حجم الهواء المتغير (Variable air volume-VAV) يمكن ان يكون سببا هاما في زيادة أو نقصان التهوية المطلوبة داخل الحيز، والتي تؤثر على نوعية الهواء الداخلي وتكاليف الطاقة الكهربائية. ان المزيج من هذه المؤثرات قد تتسبب في الحاجة الى تغيير نظام التجهيز الى نظام الطرد. و بالامكان التغلب على تأثير الرياح والمداخن باستعمال محطة للقياس تتحكم في كمية تدفق الهواء الخارجي من خلال السيطرة على منظمي الهواء الخارجي والهواء الراجع .

2-2/3 السيطرة على الببل والرطوبة Moisture and humidity control

ان الرطوبة غير المسيطر عليها في داخل الحيز تسبب ضررا كبيرا لهيكل المباني، فضلا عن إتلافها التجهيزات الاخرى والمواد والأرضيات والجدران والسقوف. كما إنها تؤدي إلى نمو العفن الذي يضر الابنية، والذي بدوره يؤدي إلى مشاكل صحية وضعف في الأداء لشاغلي هذه الابنية .

ان الأسباب الرئيسة لمشاكل الرطوبة في الأماكن المغلقة والمباني الجديدة ناتجة من:-

- استعمال مواد بناء سبق ترطيبها مرارا وتكرارا بشكل مفرط قبل اشغال المبنى بصورة كاملة.
- ضعف السيطرة على الامطار والتلوج، الذي يؤدي الى النضوح من السطوح والسقوف والجدران.
- الرطوبة والببل المتجمع في تجاويف البناء.
- رطوبة الهواء الخارجي الداخل للحيز.
- التكثيف على الجدران الباردة داخل الحيز.

ان عملية ضبط الرطوبة الداخلة للمباني ومنع عملية التكثيف على الجدران لهما الدور الحاسم في حماية المباني من العفن والرطوبة وغيرها من المشاكل ذات الصلة، بما في ذلك الاضرار على مكونات المباني.

2-3/2 اهمية نظام التهوية المنظم Importance of an organized ventilation system

2-1/2 المقدمة Introduction

ان أهمية نظام التهوية الميكانيكية المنظمة أو أسباب وضع فتحات تهوية الهواء واستعمال المراوح المختارة في المباني سدودة الاحكام ضد الهواء تكمن في الاستعمال الامثل للطاقة الكهربائية. إذ يهدف الاستعمال الامثل للطاقة (Recovery energy use-REU) الى ضمان الشعور بالراحة لشاغلي الحيز وفي الوقت نفسه التحكم في استهلاك الطاقة، لكن من الصعوبة تطبيق هذين المبدأين في المباني القديمة، حيث لا يمكن السيطرة بشكل كامل على تسرب الهواء من الخارج الى داخل المباني (من حيث الكمية ودرجة الحرارة

والاتجاه والفترة الزمنية)، وتختلف كميته اختلافا كبيرا تبعا للظروف الجوية السائدة حول هذه المباني. ففي التهوية غير المنظمة، يكون التناقض واضحا في كمية التهوية، التي تكون في بعض المناطق غير كافية ، في حين تكون زائدة في مناطق أخرى. وعلى خلاف ذلك، فان التهوية المنظمة (أي التهوية القياسية في مقابل التدفقات الطبيعية للهواء) تجهز الكمية الصحيحة من الهواء المطلوب لشاغلي الحيز في جميع المواقع، وسيحقق بالتالي الحد من استهلاك الطاقة إلى أدنى مستوى اضافة الى ضمان جودة الهواء للشاغلين. لذلك، فان المباني المفضلة هي تلك سدودة الاحكام ضد الهواء، التي تؤمن أقل نسبة من الحرارة المفقودة من خلال التهوية مقارنة بمجموع الاستهلاك. وهكذا فان التهوية، تصبح بندا رئيساً واجب التحكم فيها لغرض السيطرة على استهلاك الطاقة الكلي للمباني.

2-2/3 تقييم فعالية الطاقة لمنظومة تهوية قائمة

Assessing the energy efficiency of an existing ventilation system

لغرض تقييم فعالية الطاقة لمنظومة التهوية من الضروري ضمان نوعية الهواء الداخلي مع الحد الأدنى لاستهلاك الطاقة، سواء من حيث مقدار التدفئة او استهلاك الطاقة الكهربائية .
ان استهلاك الطاقة الكهربائية يعتمد على عدة معايير، و يتضح ذلك من خلال المعادلتين التاليتين :

$$P_{elec} = (q_v / 3600) * x \Delta p * t / \eta_{ven} \quad (1/3-2)$$

$$P_{heat} = 0.34 * q_v * \Delta T_{mean} * t / \eta_{heat} \quad (2/3-2)$$

حيث:

P_{heat} الطاقة المستهلكة لتسخين الهواء النقي (واط - ساعة)

P_{elec} الطاقة المستهلكة من قبل المروحة (واط - ساعة)

q_v معدل جريان الهواء النقي (الخارجي) (متر³/ساعة)

Δp مقدار فقدان في الضغط ، عمود ماء (متر)

ΔT_{mean} الفرق في درجات الحرارة (K)

t معدل التشغيل (ساعة)

η_{ven} فعالية مروحة التهوية (نسبة مئوية)

η_{heat} فعالية التسخين (نسبة مئوية)

ان خصوصية المناخ في العراق تجعل التهوية الميكانيكية ليست مقتصرة على تسخين الهواء بل تبريده ايضا. إن نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة لتسخين او تبريد الهواء في أنظمة التهوية الميكانيكية، تصل على

العموم الى حدود 80-90% من الاستهلاك الكلي، مقارنة مع 10-20% لاستهلاك المروحة، وهذه العلاقة تقلب الموازين رأساً على عقب لأن كلفة الطاقة الكهربائية أكثر بشكل ملحوظ من كلفة الوقود. اعتماداً على المعادلتين المذكورتين آنفاً، يظهر بوضوح العوامل الواجب إتخاذها للحد من الاستهلاك في الطاقة الكهربائية :

أ- خفض تدفق الهواء الجديد (q_v)، إلى المستوى الأدنى المطلوب: ويتم ذلك من خلال القضاء على عمليات التسرب غير المحسوبة. يراعى عند تزويد الهواء النقي لشاغلي الحيز ملاحظة وجود CO_2 من خلال المتحسسات لغرض تخفيض توليد الملوثات (المركبات العضوية المتطايرة) قدر الإمكان و توزيع منتظم لدوائر التهوية القياسية لشاغلي الحيز وعدم استعمال آلات كبيرة الحجم جداً في نظام التهوية، وكذلك منع جميع التسريبات في نظم التوزيع .

ب- تقليل مقدار الخسارة في الضغط: تتحقق هذه العملية باستعمال سرعة منخفضة عند تصميم شبكة المجاري الهوائية و شبكات قصيرة الاطوال قدر المستطاع و اقل تعقيداً لغرض تقليل الاضطراب في الجريان، وكذلك اختيار المرشحات المناسبة واجراء الصيانة الدورية عليها بانتظام .

ج- تقليل وقت التشغيل: يتم ذلك من خلال تنظيم وقت اشتغال نظام التهوية خلال فترات التواجد الحقيقي للشاغلين في الحيز.

د- المراوح والمحركات: استعمال مراوح ومحركات ذات فعالية عالية η_{ven} في المناطق التي تستعمل فيها التهوية لفترات طويلة أكثر من غيرها من المناطق.

2-3/3 تحسين اداء منظومة تهوية قائمة Improving an existing ventilation system

قد يكون نظام التهوية المستعمل لأغراض الراحة أو فعالية الطاقة غير مرضي، لذلك توجد عدة حلول ممكنة كبديل للتصميم وهي:-

2-3/3-1 تقليل الجريان Reducing flow

في كثير من الاحيان، تكون اجهزة التهوية المستعملة أكبر من اللازم بسبب ادراج هوامش السلامة عند احتساب خسارة الضغط. لذلك تتحمل هذه المراوح تدفقات عالية جداً خلال عمرها التشغيلي، حيث يتم الاستبدال بمراوح جديدة ومشابهة في نهاية العمر التشغيلي لها، وهكذا تتكرر المشكلة ثانية.

والمثال التالي يوضح مقدار الاختصار في الطاقة عند تقليل معدل جريان الهواء في نظام التهوية الميكانيكية:- السرعة (2000) دورة في الدقيقة

معدل جريان الهواء (21600) متر مكعب في الساعة

الخسارة في الضغط الستاتي (1.4) كيلو باسكال

الطاقة المستهلكة من قبل المروحة (12.2) كيلو واط

السرعة الجديدة (1000) دورة في الدقيقة

$$(\text{Flow rate})_1 / (\text{Flow rate})_2 = (\text{RPM}_1) / (\text{RPM}_2)$$

كمية الجريان الجديدة = $21600 \times (1000/2000) = 10800$ متر مكعب في الساعة

$$(\text{SP})_1 / (\text{SP})_2 = (\text{RPM}_1)^2 / (\text{RPM}_2)^2$$

الخسارة الجديدة في الضغط الستاتي = $1.4 \times (1000/2000)^2 = 0.35$ كيلو باسكال

$$(\text{Power})_1 / (\text{power})_2 = (\text{RPM}_1)^3 / (\text{RPM}_2)^3$$

الطاقة المستهلكة الجديدة من قبل المروحة = $12.2 \times (1000/2000)^3 = 1.52$ كيلوواط

يلاحظ بان هنالك أقتصاداً في الطاقة الكهربائية مقداره 88% ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

أ- تنظيم ريشة المروحة الاولى أو تغيير زاوية الريش .

ب- تقليل قطر البكرة (المساق من قبل احزمة المروحة او المحرك)

ج- تقليل سرعة المحرك متعدد السرعة.

2-3/3 إيقاف التهوية خارج أوقات إشغال الحيز Closing ventilation outside occupation period

ان السيطرة على وقت التشغيل تعتبر واحدة من أسهل الحلول لتحسين أداء منظومة التهوية للشركات المنفذة لانظمة التهوية حيث يكون التداخل المطلوب سهلاً للتحسين ثم لتقليل استهلاك الطاقة. المهم في هذا المجال، هو معرفة كفاية الفترة الحالية التشغيلية لعمل نظام التهوية لأجل الاستفادة الكبرى من هذا الأسلوب. فمن الضروري ادخال الاحتياجات المطلوبة للنظام للوصول لهذه الغاية والتي تتمثل بمايلي :

أ- تغيير ساعات التشغيل عند تغيير متطلبات استعمال الغرفة .

ب- تدقيق دوري للساعات التشغيلية المبرمجة (تعليق اشارة قريبة من الجدول الزمني الساري مفعوله).

ج - تعديلات على الساعات التشغيلية المبرمجة بحسب الموسم التشغيلي إذا لزم الأمر.

2-3/3 تحسين فعالية مروحة التهوية ونظام تحريكها

Improving the efficiency of the ventilator and its driving system

يستهلك نظام التهوية الميكانيكية أكثر من ثلث الطاقة الكهربائية للتعويض عن خسائر الضغط والتسرب في مقاطع و توصيلات نظام مجاري الهواء، و كذلك ضعف توزيع الهواء داخل المباني وعدم وصول كميات كافية منه الى جميع المناطق. يمكن تحسين فعالية مروحة التهوية و بالتالي نظام التهوية من خلال تحقيق المتطلبات التالية:-

أ- إيقاف عملية التسرب من المقاطع والتوصيلات في منظومة مجاري الهواء التي تستعمل المقاطع المستطيلة ذات الخسارة العالية في توزيع الهواء داخل المباني. فمن الضروري استعمال مجاري الهواء محكمة المقاطع

والتراكيب والاتصالات، ومن الأفضل استعمال مجاري الهواء دائرية المقطع قدر الامكان التي تكون فيها خسارة الجريان قليلة مقارنة مع المقاطع الاخرى.

ب- تحقيق توازن في كمية الهواء داخل المبنى و الذي يمثل ضمان وصول الكميات المحددة والمطلوبة من الهواء وبظروف جوية ملائمة لكل حيز في المبنى. وفي هذه الحالة يكون من السهل التحكم في كمية الهواء داخل المناطق المختلفة .

إضافة الى ماتم ذكره آنفاً، اوجدت التطورات الجديدة في تكنولوجيا التهوية الميكانيكية امكانية تحقيق تحسن ملحوظ في فعالية المراوح و نظام التشغيل من خلال استعمال و اختيار مراوح تهوية ذات فعالية عالية لغرض التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية.

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 62-1999, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, 1999.
- [2] ASHRAE'S *Residential Ventilation Standard* 62.2 – 2001.
- [3] *Modified ASHRAE'S Standard* 62-2001.
- [4] الكود العربي للتكييف والتبريد، 2009.
- [5] الكود العربي لاستهلاك الطاقة في المباني السكنية، 2009.

الباب الثالث المتطلبات Requirements

1-3 متطلبات التهوية الميكانيكية Mechanical Ventilation Requirements

3- 1/1 متطلبات نظام التهوية Ventilation system requirements

من الضروري ان يلبي نظام التهوية، سواء كان طبيعياً أو ميكانيكياً المتطلبات الأساسية التالية:

1/1/1-3 سعة النظام System capacity

تسبب أنشطة استعمالات الحيز ضمن الحالة الطبيعية في المبنى، إنتاج ملوثات تتجاوز تراكيزها المعدلات الأساسية القياسية. يمكن أن تشمل هذه الأنشطة التنظيف والتدخين وإقامة المناسبات وعمليات الطلاء والعمليات الانتاجية وما شابه ذلك. بالمقابل يتطلب وجود نظام للتهوية وبمعيار قدرة عالية لغرض التخلص من هذه الملوثات أو التقليل من تأثيرها، وتتحقق هذه الغاية بتجهيز نظام تهوية ميكانيكية فعالة للمبنى.

3- 2/1/1 توزيع الهواء Air distribution

ليس بالضرورة ان يكون توزيع الهواء الخارجي إلى كل حيز بشكل مباشر، وإنما هنالك متطلبات تساعد في توزيع الهواء بانتظام على بقية المواقع أينما كان موقع دخول الهواء للمبنى. وعلى الرغم من وجود خيارات أخرى لتوزيع الهواء داخل المبنى، إلا ان نظام دفع ووصول الهواء لبقية المناطق يبقى حاجة ملحة للايفاء بالمتطلبات. لذلك من الضروري تصفية الهواء الداخل للمبنى من خلال استعمال مرشحات خاصة وبفعالية لا تقل عن (60%).

3- 3/1/1 معدل الجريان Flow rate

للتأكد من قيام المروحة بدفع الكمية المقصودة من الهواء داخل الحيز، فإن المعيار يتطلب، إما قياس معدل تدفق الهواء موقعياً لذلك الحيز أو معرفة بعض المتطلبات الأساسية التي تشمل حجم وطول مجاري الهواء لغرض حساب معدل تدفق الهواء داخل الحيز، ويجب ان تكون الكمية المحسوبة اكبر من معدلات تدفق الهواء المحددة للمراوح من قبل الشركات المصنعة.

3- 4/1/1 معدل الضوضاء Sound rating

في معظم الحالات لاتستعمل المراوح الصاخبة لأغراض التهوية المنزلية، لان المعيار القياسي المطلوب لمعدل مستوى الضوضاء للمراوح وكحد اعلى هو 30 dB في الأبنية السكنية وبمعدل 35 dB لاستعمالات المطابخ والحمامات. يمكن الرجوع الى الجدول 3-1/1 للتعرف على معدل الضوضاء المقبول في التطبيقات المختلفة.

الجدول 3-1/1: معدل مستوى الضوضاء المقترح في التطبيقات المختلفة +

معدل مستوى الضوضاء dB	الحيز
20	قاعات حفلات موسيقية، قاعات أوبرا، إستوديوهات إعادة إنتاج الصوت، مسارح (اقل من 500 مقعد).
25	غرف نوم في منازل خاصّة، مسارح (اكثر من 500 مقعد)، كاتدرائيات وكنائس كبيرة، مساجد و الجوامع، إستوديوهات تلفزيون، غرف مؤتمرات ومحاضرات كبيرة (اقل من 50 شخصاً)
30	غرف جلوس في منازل خاصّة ، غرف مدراء، مكاتب إدارة عليا، غرف مؤتمرات ومحاضرات (20-50 شخصاً)، قاعات متعددة الاغراض، كنائس (متوسطة وصغيرة)، مكاتب عامة، غرف نوم في فنادق ...الخ، دور السينما، غرف مستشفى خاصة، قاعات محاكم كبيرة.
35	غرف عامّة في فنادق، ...الخ ، صالات رقص، ردهات مستشفى مفتوحة، مكاتب إدارة متوسطة و صغيرة، غرف مؤتمرات ومحاضرات كبيرة او صغيرة (اكثر من 20 شخصاً)، قاعات دراسية في المدارس، قاعات محاكم صغيرة، متاحف، مكاتب عامة، قاعات مصارف، مطاعم صغيرة.
40	دورة مياه و مغاسل، مكاتب مفتوحة كبيرة، مكاتب رسم، مناطق إستقبال (مكاتب)، قاعات، ممرات، مستشفيات، ... الخ، مختبرات، غرف إستجمام، مكاتب بريد، مطاعم كبيرة، مخازن كبرى، دكاكين، قاعة العاب رياضية.
45	مطابخ في فنادق، مستشفيات، ...الخ، غرف مكوى، غرف حاسوب، أسواق مركزية، مسابح، مكاتب، ... الخ.

+ مقتبس من [1]

5/1/1-3 مواقع الفتحات Opening locations

تحدد مواقع فتحات الدخول والخروج للهواء الخارجي عند ارتفاع لا يقل مقداره عن 3 أمتار بعداً عن أرضية البناء لمعظم المباني. وفي حالة كون مواقع الفتحات في الابنية على الشارع او الطريق العام، يجب ان تكون المسافة بين هذه الفتحات ولغاية وسط الشارع او الطريق العام بما لا يقل عن 15 متراً. يكون ارتفاع

فتحات الدخول الخارجية في مكاتب او دوائر البنايات ذات الارتفاع العالي اكثر من 23 متراً فوق أدنى مستوى لوصول مركبة مكافحة الحريق وبما لا يقل عن 6 أمتار فوق مستوى سطح الأرض وبمسافة لا تقل عن 9 أمتار من المنطقة التي تتواجد فيها عوادم المركبات.

3-1/6 فتحة الدخول Intake opening

تحدد مواقع فتحات الدخول للهواء الخارجي بمسافة لا تقل عن 6 أمتار من مصادر الملوثات الخطرة أو الضارة، مثل المدخنة، تنفيس منظومة المجاري، الشوارع والازقة، مرائب السيارات وأرصعة التحميل ومعامل صهر المعادن. وفي حالة وجود مصدر للملوثات ضمن دائرة نصف قطرها 6 أمتار من فتحات الدخول، فمن الضروري وضع هذه الفتحات وكحد أدنى بمقدار أقل من 1 متر اسفل المصدر.

تجهز فتحات دخول الهواء الخارجي التي يجب ان تكون الواحدة منها بمساحة اكبر من (0.09) متر مربع بمنظمات النار والدخان (Fire and smoke dampers) كل على حدة، او مجتمعة معاً، وذلك عندما تكون هذه الفتحة موضوعة كالآتي:

أ. على ارتفاع أقل من 9 أمتار من ارضية البناء.

ب. أقل من 5 أمتار من ارضية خط البناء.

ت. على ارتفاع أقل من 15 متراً فوق الارضية، وبمسافة أقل من 15 متراً في أي اتجاه من سقف مبنى جدرانه الخارجية مبنية من الخشب كلياً أو جزئياً.

3-1/7 فتحة الخروج Exhaust opening

لتقليل خطر الحريق وعمليات التصريف للغازات الضارة أو السامة في المباني، فإن طرد الهواء العادم إلى الجو الخارجي يكون عند أو فوق مستوى السطح وبمحاذاة الشارع أو الساحة المجاورة. يحدد موقع طرد الهواء الى الخارج عند ارتفاع لا يقل عن 3 أمتار فوق مستوى الرصيف، وينتهي عند مسافة لا تقل عن 3 أمتار من أي نافذة لمبنى آخر او لوحدة سكنية للمبنى نفسه، أو من أي سلم نجاة، او سلم خارجي، أو شرفة. تجهز فتحات نظام الطرد بموجهات أو ريش اتجاهية لتوجيه الهواء بعيداً عن النوافذ المجاورة والفتحات القريبة الاخرى والسابلة في الشارع.

3-2 مصادر التلوث Sources of contamination

3-1/2 السيطرة على مصادر التلوث Control on sources of contamination

على الرغم من أن العديد من المصادر المنتجة للتلوث هي خارجة عن السيطرة بحسب المرجع ASHRAE 62.2 لعام 2001، فإن هنالك تدابير مختلفة ومعقولة ممكن أن تتخذ للحد من مصادر التلوث عند مرحلة التصميم، والتي تؤدي الى تقليل الحاجة إلى التهوية المفرطة.

يلخص هذا الجزء بعض التدابير اللازمة للسيطرة المباشرة او غير المباشرة على مصادر التلوث للحالات المختلفة [2].

3-1/2-1 Outdoor air الهواء الخارجي

قد يحتوي الهواء الخارجي في بعض الأحيان على مستويات عالية وغير مقبولة من الملوثات، مثل الأوزون، وغبار الطلع، وأحادي أكسيد الكربون والجسيمات، والروائح، والمواد السامة... الخ. لذلك قد يكون من المستحيل توفير نوعية مقبولة من الهواء الداخلي باستعمال الهواء الخارجي فقط، كذلك ان الزيادة في معدلات التهوية يمكن ان تؤدي الى رداءة نوعية الهواء الداخلي بسبب ما يحمله الهواء الخارجي من تلوث. لذلك ينبغي تهئية وسيلة سيطرة تقائية او يدوية للسماح في تخفيض معدل التهوية في المناطق التي من المتوقع ان تعاني من هذه المشكلة، مع الاخذ بنظر الاعتبار تنظيف الهواء المدور او استعمال اجهزة تنظيف الهواء المتنقلة والفعالة للاستعمالات الخاصة.

3-1/2-2 Inlet ventilation التهوية الداخلة

على الرغم من النوعية الجيدة للهواء الخارجي، فان التلوث الموجود في الحيز الصغير للمبنى يمكن ان يجعل الهواء القادم من خلال النوافذ أو من مداخل أخرى ذا نوعية متدنية. لذلك فان من متطلبات المعيار القياسي ان يكون هنالك فاصل مناسب بين فتحات الدخول والخروج وغيرها من مصادر التلوث المعروفة.

3-1/2-3 Smoke from vehicles garage الدخان الناتج من المرائب الداخلية للسيارات

تحتوي المرائب واماكن الخزن على مصادر عديدة من الملوثات. وينبغي أن تكون الابواب في الاماكن المشغولة من قبل الاشخاص داخل المرائب محكمة الغلق جيدا ومجهزة باطار محيطي محكم. عليه يجب توخي الحذر للتأكد من وجود حاجز قابل للانضغاط بشكل جيد بين المرائب والحيز المشغول، كأن يستعمل مانع هواء او الرطوبة مثل البولي ايثيلين الثقيل على اطار الابواب لهذا الغرض. لذلك يجب ان لاتوضع الاجزاء ذات الضغط السالب في منظومة التكييف او التهوية مثل دافعات الهواء او مجاري السحب داخل المرائب لتلوث الجو فيها، و في حالة مرور هذه الاجزاء عبر المرائب، فمن الضروري أن تكون محمية ومحكمة جيدا.

ان وجود الحواجز القابلة للانضغاط على اطارات الابواب وكذلك تهوية الاماكن الملحقة بالمرائب يعتبر من اجراءات السلامة الحياتية ضد مصادر احادي أكسيد الكربون. لذلك فان انظمة التهوية المنفصلة المفضلة للاماكن المشغولة التي تجعل هواء المرائب واماكن الخزن المجاورة عند مستوى ضغط عالٍ نسبيا يطرح مباشرة للخارج تكون هذه الاماكن محكمة البناء وفي المناخات الباردة.

اوضحت العديد من الدراسات حول مصادر التلوث والنقل العام في المرائب والساحات، أن كميات كبيرة من الهواء الخارجي غير النقي تدخل المباني من المرائب المجاورة لها، في حين ان المرائب الحديثة تكون اكثر احكاما [3]، [4].

3-4/1/2 مخلفات مجففات الملابس و نظام التفريغ Clothes dryers and exhaust system

تحتل مجففات الملابس بمخلفات من رطوبة ونواتج عرضية للمكوى مثل النسيج الكتاني القابل للإشتعال وغازات ملوثة مختلفة. ويعزى سبب تواجد هذه المخلفات داخل الحيز الى الضعف في مواقع الفتحات ونظام التهوية داخل المبنى، لذلك فمن الضروري اختيار المواقع المناسبة للفتحات واستعمال نظام تهوية فعال لغرض طرد هذه المخلفات للخارج مباشرة. تكون عملية الطرد من مجففات الملابس بحدود 75 لتر/ثانية لذا يجب ان تكون ذات تهوية مباشرة للخارج. ولنفس المعايير، يجب ان تكون لأنظمة الطرد المركزي ايضا تهوية مباشرة لطرد الجسيمات المارة من خلال المرشحات الى الخارج .

3-5/1/2 غاز أحادي اوكسيد الكربون Carbon monoxide

يعتبر غاز احادي اوكسيد الكربون واحدا من أكثر الملوثات المنتشرة في الأماكن المغلقة. والذي يمكن ان يتواجد عمليا مع اي مصدر من مصادر الاحتراق، بما في ذلك السيارات. وبالرغم من تعدد اجهزة الاحتراق المنزلي التي تتطابق مع مواصفات التصنيع الخاصة بها، فمن الممكن ان تتفاعل الابخرة الناتجة من الاحتراق تصاعديا لكي ينبعث غاز احادي اوكسيد الكربون.

لذلك من الضروري تطبيق معايير الامان لغاز احادي أكسيد الكربون على وفق معايير السلامة القياسية مثل مواصفة 6.19 لعام 1999 للجمعية الساندة للزراعة (Community support agriculture-CSA) ، من خلال تثبيت المتحسسات بالقرب من اماكن النوم لكل وحدة سكنية، بما في ذلك الوحدات السكنية المتضمنة لأجهزة التدفئة والتسخين (كالمواقد، والأفران، وسخانات المياه) ويمتد تطبيق هذه المعايير حتى حدود ملحقات هذه الوحدات السكنية كالمرائب والمخازن المسقفة. ان المخاوف من وجود غاز احادي أكسيد الكربون يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار من خلال وضع المتحسسات للبنىات غير السكنية: لتجنب حالات التسمم التي تحدث في العديد من المباني، بما في ذلك المتاجر والمخازن والمطاعم ودور التمريض ودور العرض والمكوى، والمدارس...الخ.

3-6/1/2 انتقال الرطوبة Moisture migration

عند دخول الرطوبة بصورة قسرية الى المبنى او تجاوبه المغلقة والسماح لها بالتكثيف، فان ذلك يسمح بنمو الاحياء المجهرية الملوثة التي يمكن أن تشكل تهديداً لنوعية الهواء داخل المباني وبقية المنافع المادية داخل البناية. لذلك فان المواصفة تمنع استعمال طرائق التهوية التقليدية مثل (التهوية المجهزة في المناخات الباردة جدا) التي من شأنها أن تساهم في هذا التلوث إلا إذا كانت مواصفات التصميم للبناء تقبل بذلك.

3-7/1/2 الدخان الناتج من عمليات الاحتراق Smoke from combustion

ان الانبعاث الناتج من عملية احتراق الكربوهيدرات كبخار الماء وغاز ثنائي أكسيد الكربون تنشأ من خلاله مركبات ثانوية خطيرة اخرى. هذه المركبات ينبغي ان تطلق مباشرة الى الخارج، ويفضل ان تستعمل طريقة احتراق محكمة واجهزة تهوية مباشرة تستوفي جميع المعايير المعمول بها. اما بالنسبة للمباني التي

تستعمل اجهزة الاحتراق الطبيعية، فيجب تجنب خفض الضغط المفرط داخل الحيز من قبل انظمة الطرد، و ذلك عن طريق وضع آلات الاحتراق خارج حدود خفض الضغط. بالإضافة إلى ذلك، يجب إجراء اختبار الامان لخفض الضغط والتاكيد بانه ضمن المواصفة القياسية[5]، [6].

كذلك يجب ان تكون نواتج احتراق المواقد المنزلية (Fireplace) معزولة عن الحيز المشغول من خلال تراكيب الأبواب ومداخل و مخارج الفتحات، ويجب أن تصمم و تنصب المداخل (Chimneys) بشكل يضمن تبديد نواتج الاحتراق بعيداً عن مأخذ الهواء والنوافذ.

2/2-3 عملية الترشيح الملائمة Proper air filtration

تتطلب المواصف القياسية فعالية ترشيح مقدارها 60% لجزيئة هواء مقاسها 3 ميكرون كأساس للحفاظ على نظافة الهواء داخل نظام مجاري الهواء ودافعات الهواء ومكوّنات المبادلات الحرارية لتضمن عدم جعله مصدراً للتلوث. ان عملية الترشيح تعزز الاداء الحراري للنظام من خلال الحفاظ على نظافة مكوناته والتقليل من كمية الجزيئات المحمولة جواً والتي يمكن ان يتعرض لها شاغلو المبنى.

يمكن ضمان الحد الأدنى لمستوى الترشيح من خلال استعمال المرشح من النوع المطوي (Pleated filter) وبسمك 25 ملم الذي يكلف مبالغ اكثر من المعتاد. ونظرا لوجود العديد من المرشحات وبمختلف الانواع، التي لها مختلف الفعاليات، والقدرات، والتكاليف والاحجام والاعمار التشغيلية، فان من الضروري الرجوع الى المواصفة التي تقدم الارشادات المطلوبة بشأن كيفية اختيار المرشحات لتحقيق الترشيح المطلوب وفي نفس الوقت الاقتصاد بالكلفة[7].

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 62-1999, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, 1999.
- [2] ASHRAE'S *Residential Ventilation Standard* 62.2 – 2001.
- [3] ASHRAE Standard 62, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Analysis and Recommendation*, David S. Dougan, President, Leonard A. Damiano, V.P. Sales and Marketing, EBTRON, Inc., 2002.
- [4] *National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards*, Code of Federal Regulations, Title 40 Part 50 (40 CFR50), As Amended July 1, 1987. U.S. Environmental Protection Agency.
- [5] NFPA. 1993. *Recommended Practice for Smoke-Control Systems. Standard* 92A-93. National Fire Protection Agency, Quincy, MA.
- [6] NFPA. 1994. *Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures. Code* 101-94. National Fire Protection Agency, Quincy, MA.

[7] MIL Standard 282 Filter Units, *Protective Clothing, Gas- Masks*, 1956 with notices 1974 and 1989, U.S. Department of Defense, Global Engineering Documents, Irvine, CA 92714.

الباب الرابع الجودة والمعايير Quality and Criteria

1-4 الجودة المقبولة لهواء التهوية Acceptable quality of ventilation air

1/1-4 معدل التهوية لضمان جودة الهواء الداخلي Ventilation rate for acceptable indoor air quality

تعتبر نوعية الهواء الداخلي مقبولة إذا جهزت بالنسب المطلوبة من الهواء الخارجي المدرجة في الجداول 1/1-4 حتى 4/1-4 للفضاءات المختلفة المطلوب تهويتها.

1/1/1-4 التهوية للمباني السكنية Ventilation for residential areas

تحدد مواصفة الجمعية الاميريكية لمهندسي التدفئة، والتبريد وتكييف الهواء [1] ، [2] نسب التهوية الدنيا ونوعية الهواء الداخلي المقبول لشاغلي الحيز السكني التي تهدف الى تقليل التأثيرات السلبية على صحة شاغليها.

الجدول 1/1-4: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية

مناطق سكنية (مسكن خاصة، وحدات منفردة أو متعددة)⁺

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف			هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص،		الملاحظات
	الحد الأدنى		المفضل			
مسكن منفردة						
غرف المعيشة العامة، غرف نوم	5	3	5-4	*		
المطابخ	-	10	25-15	*		
الحمامات، مرافق صحية	-	10	25-15	*		
السراريب، غرف الخدمات	-	3	3			
الشقق او المباني المتلاصقة						
غرف المعيشة العامة، غرف النوم	7	3	4-1	*		
المطابخ	-	10	25-15	*		
الحمامات، المرافق الصحية	-	10	25-15	*		
السراريب، غرف الخدمات	-	3	5-4	**		
المرائب	-	1	2-1	**		
البيوت المتقلّة	7	3	5-4			
* المعدل المناسب للاشغال المتقطع.						
** 5 لتر بالثانية لكل متر مربع من مساحة الارضية.						

+ مقتبس من المرجع [1]

4-1/1/2 التهوية للمباني الصناعية Ventilation for industrial areas

قد ينتج من المصانع بسبب عمليات التصنيع توليد حرارة عالية جدا كأفران الحديد والصلب وصناعة الاسمنت و بعض صناعة الكيماويات وما يماثلها، ومنها ما يولد حرارة متوسطة مع بعض الغبار مثل صناعة النسيج التي تحتاج الى نسبة رطوبة عالية و ينتج منها غبار الغزل، ومنها ما تصدر عنه بعض الغازات والابخرة كما في المطبخ و المعامل الكيماوية ومن المصانع ما تستعمل فيها الاشعة الحرارية (كالموجات تحت الحمراء) للتسخين، كما في آلات تصنيع المنتجات الخرسانية تحت ظروف الانجماد.

هناك اربع طرائق للتخلص من الحرارة العالية و هي:

- 1- تغذية هواء طبيعية مع طرد طبيعي، كما هو الحال عندما تكون الآلات المشعة للحرارة في الهواء الطلق مثلما موجود في بعض مصانع الأسمنت و الاسمدة ما دام تعرضها للهواء الجوي لا يؤثر في الآلات.
- 2- تغذية طبيعية مع طرد ميكانيكي، و ذلك بعمل فتحات في جدران المصنع و تركيب مراوح سحب لطرد الهواء الساخن والابخرة و الغازات الناتجة من التصنيع، كما يحدث في بعض المصانع الكيماوية ومصانع البطاريات السائلة.
- 3- تغذية ميكانيكية مع طرد طبيعي، و ذلك بتجهيز المكان المراد تهويته بهواء نقي عادي خارجي فيصبح الحيز المجهز تحت ضغط موجب وتعمل الفتحات في الجدران او السقف على طرد الهواء تحت الضغط الموجب للمصنع بفضل خفة الهواء الساخن الذي يرتفع الى اعلى.
- 4- تغذية ميكانيكية مع طرد ميكانيكي وذلك بادخال هواء خارجي عن طريق مراوح دفع الهواء وسحب الهواء الساخن او الملوث غير النقي بمراوح اخرى للتأكد من طرد الهواء غير الصالح بطريقة اسرع. وفي كل هذه الاعمال يراعى عند ادخال الهواء الخارجي النقي أن يتم تمريره على مرشحات هواء لجعله صالحا للاستعمال في التهوية.

4-1/1/2 فوائد تهوية المباني الصناعية

- تحسن صحة العمال وخفض ظاهرة التغيب عن العمل نتيجة لتحسن نوعية الهواء الداخلي.
- الشعور بالارتياح في العمل، معدل إنتاج أعلى، وانخفاض حالات الفشل بالإنتاج نتيجة تحسن نوعية الهواء الداخلي.
- تقليل في تكاليف الصيانة لاجزاء البناية والآلات والمنتجات.
- التخفيض في إستهلاك الطاقة نتيجة لتطور الإستعمال المحسن لانظمة التهوية وانخفاض نسب تدفق الهواء.
- بيئة محيطة أنظف، تعكس صورة افضل للمصانع او الشركات الصناعية، ناتجة من تحسن اداء الأنظمة والأجهزة.

- التخفيض في التلوث البيئي نتيجة لانخفاض إستعمال الطاقة وانخفاض الانبعاثات الصارة إلى البيئة المحيطة. الجدول 4-2/1 يوضح متطلبات التهوية للشاغلين فقط، على إفتراض أن هواء التهوية بنوعية تساوي أو ادنى من حدود التراكيز المسموحة للملوثات.

الجدول 4-2/1: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية/المناطق الصناعية⁺

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
منتجات التعدين *					
حفر نفق تحت الماء	-	18	23-20		
غرف السيطرة (أفران الإسمنت والكلس، مكائن السحق، محطات الوزن، الخ...)	-	8	13-10		
غرف قطع الحجارة	-	18	23-20		
المناطق التي تخدم أفران الإسمنت، مكائن السحق، الخ...	-	18	23-20		
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.					
التعدين *					
غرف السيطرة	-	8	13-10		
غرف الارتفاعات	-	10	15-13		
القاعات التي تحتوي على قبة صغيرة، أفران التدوير، أفران الأوكسجين	-	18	23-20		
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصّة على الملوثات.					

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
تشغيل وانهاء المعدن *					
القاعات التي تحوي الاعمال المعدنية الثقيلة؛ غرف صب المسبك، قاعات التعدين، قواعد التغليف والسحب، تشغيل الحديد الصلب	-	18	23-20		
القاعات التي تحوي الاعمال المعدنية المتوسطة؛ انهاء وتشغيل المعادن اللاحديدية، عمليات التنقيب بالكبس والكبح، لحام نقطي، البثق	-	18	23-20		
اكشاك اللحام بالغاز والقوس	-	18	23-20		
القاعات التي تحوي الاعمال المعدنية الخفيفة؛ تجميع عدة، طائرة، سيارة وماكنة	-	10	15-13		
إختبار محرك السيارة، مناطق القيادة بعيدا عن مصانع تجميع السيارات.	-	-	--	**	
أكشاك الطلاء بالرش	-	-	--	**	
خطوط الصقل والطبع والطلاء	-	-	--	**	
غرف الطحن والتلميع	-	15	20-18	**	
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.					
** يتطلب وجود أنظمة عادم خاصة.					

تمة الجدول 4-2/1

الملاحظات	هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف	نوع الحيز
	الحد الأدنى	المفضل		
المواد الكيماوية والصيدلانية				
*	20-18	15	-	غرف تحتوي على مطاحن، خلاطات، اجهزة سحق، منخل حبات كروية وعمليات متربة أخرى
*	15-13	10	-	غرف تحتوي على اوعية تفاعل، رواكد، وصلات تيار كهربائي، قاعات، مبخرات ومصادر بعث غازات محتملة أخرى
*	13-10	8	-	غرف تحتوي على أفران تجفيف
*	10-8	5	-	مناطق تغليف
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.				
صناعة المنسوجات والملابس				
	13-10	8	-	مناطق إنتاج نسيج غير محاك و قص مقادير كبيرة من القماش
	13-10	8	-	غرف نسج (ألياف طبيعية ورئيسة).
	13-10	8	-	غرف نسج (إنتاج ليف صناعي مستمر)
	13-10	8	-	لف الغزل، غرف فتل
	13-10	8	-	صباعة وطلاء القماش والغزل؛ غرف طبع القماش
	13-10	8	-	غرف نسج وحياسة
	13-10	8	-	غرف القطع والخياطة

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
معالجة البلاستيك و المطاط *					
غرف تحوي عمليات خلط وتركيب (جاف وسائل)	-	8	13-10		
غرف تحوي عمليات تشكيل اللدائن الحرارية (بثق، قوالب حقن، تشكيل بالفراغ لقوالب الزخرفة، الخ.)	-	8	13-10		
غرف صب الرغوة (خصوصا أوريثان)	-	8	13-10		
غرف طلاء بالفراغ	-	8	13-10		
عمليات رسم، طباعة وتجميع باللصق	-	8	13-10		
غرف تشكيل، كبرتة، تصفيح	-	8	13-10		
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.					
الإلكترونيات الكهربائية والفضاء					
غرف معالجة شبه موصل	-	5	10-8		
مناطق إنتاج الشريط المغناطيسي	-	5	10-8		
الغرف النظيفة (صنف 100) [1]	-	5	10-8		
عمليات تغليف (بلاستيك، زجاج وخزف)	-	5	10-8		
مناطق تصنيع مكثفات الملفات اللولبية، موصل التقوية ومحول التيار	-	5	10-8		
تصنيع المصابيح والانابيب الكهربائية	-	5	10-8		
مناطق تصنيع إنبوب صورة التلفزيون	-	5	10-8		
مناطق تصنيع المغناطيس	-	5	10-8		

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
منتجات خشبية، صناعة الورق					
معامل النشارة، عمليات تخطيط وصقل بالرمل للالواح ، تدوير الخشب، تشكيل وتنقيب، مناطق صنع قشرة الخشب	-	10	15-13	*	
مناطق اللصق بالغراء وتصنيع الواح الخشب الرقائقي (المعاكس)	-	10	15-13	*	
مناطق تصنيع الخشب من نشارة الخشب، الواح الخشب و لوح الخشب المضغوط	-	10	15-13	*	
غرف الفك، التلطix، التلميع والطلاء	-	10	15-13	**	
صناعة الصندوق والمفرش، مناطق الصناعة المسبقة للأبنية (عمليات مسمرة)	-	10	15-13		
مخازن نشارة والواح الخشب	-	10	15-13		
مناطق عمليات تقطيع، تقشير وطحن	-	10	15-13	*	
عمليات عجن، هضم، قصر	-	5	10-8	*	
عمليات صنع ورق (مخافق، مجففات، مكائن حشو، آلات تجفيف)	-	5	10-8	*	
غرف لف، حز، صنع ظرف الرسالة	-	5	10-8		
مخازن الورق	-	10	15-13		
صناعة الالواح المتموجة	-	10	15-13	**	

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف	هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
		الحد الأدنى	المفضل	
صناعة الصندوق، غرف الطلاء	-	10	15-13	**
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات. ** المشاكل الخاصة بالمذيبات والعاثم سوف تعالج بشكل منفصل.				
تخمير، تقطير، تعبئة ***--**				
مناطق خلط ومعالجة الحبوب	-	10	15-13	*
مناطق إنتاج الخميرة	-	10	15-13	*
غرف التقطير	-	10	15-13	*
مناطق معالجة وسحق الفاكهة	-	10	15-13	*
المخازن	-	10	15-13	
غرف ترشيح ومزج	-	10	15-13	
مناطق التعبئة	-	10	15-13	
مناطق تركيب مشروب لأكحول	-	10	15-13	
* المشاكل الخاصة بالمذيبات والعاثم سوف تعالج بشكل منفصل. ** الاماكن المحافظ عليها بدرجات حرارة منخفضة (-23 إلى 10 درجة مئوية) ليست مشمولة بهذه المتطلبات مالم تشغل بشكل مستمر. ويمكن ان تتال حصتها من تهوية من الاماكن المجاورة . عندما يكون اشغال المكان متقطعاً، فأن هواء التسريب سيتجاوز عادة متطلب هواء التهوية.				
تحضير طعام ****				
مناطق تصنيف وتنظيف الفاكهة والخضر	-	10	15-13	
مناطق قص، تقطيع، تشريح، سحق وعصر	-	10	15-13	*

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف	هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
		الحد الأدنى	المفضل	
عمليات التعليب	-	10	15-13	*
المخابز، معالجة الحبوب، صناعة الحلويات	-	10	15-13	*
التعامل مع السمك	-	10	15-13	**
التعامل مع اللحم و التعليب	-	10	15-13	*
صناعة الجبن، اللبن	-	10	15-13	
طحن الطحين، التكييس، الخ	-	15	15-13	***
تنقية السكر وتنقية الملح	-	10	15-13	
غرف السيطرة لتحميم وطحن القهوة	-	5	10-8	
عمليات التجفيف الهوائي	-	5	10-8	
معالجة وتغليف الشاي و التوابل	-	10	15-13	
التغليف	-	10	15-13	
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.				
** المشاكل الخاصة بالمذيبات و العادم سوف تعالج بشكل منفصل.				
*** قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.				
معالجة التبغ				
المزج والتقطيع	-	10	15-13	
إعادة تجفيف، إعادة تكوين	-	10	15-13	
منتجو السيجار	-	10	15-13	
محطات الكهرباء				
غرف السيطرة	-	5	10-8	

تتمة الجدول 4-2/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
غرف المراحل	-	18	23-20		
غرف المولدات	-	10	15-13		
محطات معالجة مياه المجاري					
غرف السيطرة	-	5	10-8		
غرف محركات الضاغط / النافخ	-	10	15-13		
صناعة الزجاج والخزف					
مناطق معالجة وخط الرمل	-	10	15-13		
مناطق دعم فرن الصهر	-	10	15-13	*	
صناعة الصفائح، مناطق الصب	-	10	15-13	*	
صناعة القنينة، مناطق مكائن النفخ	-	10	15-13	*	
مناطق غزل الليف	-	10	15-13	*	
غرف الطحن	-	10	15-13	**	
مناطق ضغط وصب السيراميك (مسحوق)	-	10	15-13		
مشاغل خزافين (رطبة)	-	10	15-13		
مناطق خدمة الفرن ومحارق التكلس	-	10	15-13	*	
غرف رش الطلاء و التزجيج	-	10	15-13	**	
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.					
** قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.					

+ مقتبس من [1]

3/1/1-4 التهوية للمباني التجارية Ventilation for commercial areas

من الضروري ايجاد جو وبيئة ملائمة للمتبعين في الاسواق والمباني التجارية من ناحية نظافة الجو والبيئة الصحية لغرض قضاء وقت كاف وممتع في هذه المباني و في نفس الوقت، تشجيع الناس للتسوق والارتياح المستمر لهذه المناطق. الجدول 3/1-4 يوضح مقدار الهواء الخارجي المطلوب لتهوية المباني التجارية المختلفة.

الجدول 3/1-4: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية/المناطق التجارية⁺

(مكاتب، مخازن، محلات، فنادق، مراكز رياضية)

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
المتطلبات العامة للمتاجر (تطبق على كافة النماذج مالم تدون ملاحظة خصيصا)					
طبقات وصلات عرض المبيعات (السراديب وطبقات الشارع)	30	4	8-5		
طبقات وصلات عرض المبيعات (الطبقات العلوية)	20	4	8-5		
مناطق خزن (تصلح طبقات وصلات لعرض المبيعات)	5	3	5-4		
غرف الملابس	-	4	8-5		
مراكز التسوق والأروقة	40	4	8-5		
مناطق الشحن و الإستلام	10	8	10-8		
المخازن	5	4	8-5		
المساعد	-	4	8-5		

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف			هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل				
اسواق المواد الغذائية، المراكز التسويقية، الخ.						
غرف تصنيع اللحوم	10	3	3	*		
* الاماكن المحافظ عليها بدرجات حرارة منخفضة (-23 إلى 10 درجة مئوية) لن تغطي بهذه المتطلبات مالم تشغل بشكل مستمر. تجوز التهوية من الاماكن المجاورة. عندما يكون اشغال المكان متقطعاً، الهواء المتسرب سيتجاوز عادة متطلبات هواء التهوية.						
مخازن الادوية						
غرف عمل الصيادلة	10	10	15-13			
الاسواق التخصصية						
محلات بيع الحيوانات الاليفة	-	0.5	1-0.8	*		
باعة الزهور	10	3	4	**		
البيوت الزجاجية	1	3	5-4	**,***		
* 5 لتر بالثانية لكل متر مربع من المساحة الارضية.						
** اقصى تركيز مسموح به لثنائي أوكسيد الكبريت = 30 ملغم/م ³						
*** التهوية لتحسين نمو النبات، درجة الحرارة، الرطوبة، الخ، ستكون تقريبا دائما أكثر من المدرجة في هذا الجدول.						
بنوك (انظر طبقات المبيعات والمكاتب)						
Vaults القبب	-	3	3			
خدمات الغذاء						
غرف الطعام	70	5	10-8			
المطابخ	20	15	18-15	*		

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
المطاعم الصغيرة، طلب سريع، مناطق الجلوس ومناطق الإنتظار	100	15	18-15		
حانات (الصفة الغالبة هي الوقوف).	150	15	25-20		
قاعات المشروبات	100	15	20-18		
* هواء العادم إلى الخارج؛ التحكم بالمصدر كما هو مطلوب.					
الفنادق، الاستراحات، المصايف					
غرف النوم (منفردة، مزدوجة)	5	4	8-5		
غرف المعيشة (أجنحة)	20	5	10-8		
الحمامات، المرافق (ملحقة بغرف النوم)	-	10	25-15	*	
الممرات	5	3	5-4		
ردهات الانتظار	30	4	8-5		
غرف المؤتمرات (صغيرة)	70	10	15-13		
غرف الاجتماعات (كبيرة)	140	8	13-10		
الجوامع	-	2.5	5		
غرف الاستراحة العامة	100	8	13-10		
أكواخ (تعامل كمساكن الوحدة الواحدة)	-	-	-		
(انظر أيضا خدمات الاغذية، مناطق صناعية، متاجر، محلات الحلاقة والتجميل، المرائب الملحقة لخدمة الفندق/الاستراحة)					
* المعدل المناسب للاشغال المتقطع.					

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
غرف الغسيل الجاف والكوي					
تجارية	10	10	15-13	**,*	
مناطق الخزن/التسليم	30	4	8-5		
اجهزة تعمل بالعملة المعدنية	20	8	10-8	**	
* هواء العادم إلى الخارج؛ التحكم بالمصدر كما هو مطلوب.					
** الأجهزة المركبة يجب أن يدمج معها عادم إيجابي وسيطرة (بحسب الحاجة) للملوثات غير المرغوب فيها (سامة أو غير ذلك).					
خدمات الحلاقة، التجميل والصحة					
صالونات الرشاقة (غرف التمرين)	20	13	18-15		
حمامات البخار و غرف البخار	-	3	3		
محلات الحلاقة	25	4	8-5		
استوديوهات التصوير الفوتوغرافي					
غرف التصوير، المسارح	10	3	5-4	*	
الغرف المظلمة	10	5	10-8		
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.					
محلات تصليح الاحذية					
غرف العمل	10	5	10-8		

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
المرائب، ورش تصليح سيارات، محطات الخدمة					
مرائب إيقاف السيارات (مغلق)	-	0.8	1.5-1	*	
غرف عمل تصليح السيارات (عام)	-	0.8	1.5-1	***	
مكاتب محطات الخدمة	20	4	8-5		
* 5 لتر بالثانية لكل متر مربع من المساحة الارضية.					
** عند عمل المحركات يجب أن يركب معها نظام لسحب ايجابي لغاز عادم المحرك.					
المسارح					
أكشاك التذاكر	-	3	5-4		
صالات الاستراحة	150	10	15-13		
صالات الموسيقى (بدون تدخين)	150	3	5-3		
صالات (التدخين مسموح)	150	5	10-5		
مقدمة المسرح	70	5	8-6	**,*	
غرف الانتظار وغرف العمل	20	5	8-6		
غرف الاستراحة العامة	100	8	13-10		
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.					
** تهوية خاصة ستكون مطلوبة لإزالة ملوثات المسرح.					
صالات الالعاب					
عامة	100	8	13-10		
ممرات صالة البولينغ	70	8	13-10		

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
قاعات الالعاب وحلبات التنافس					
طوابق الالعاب	70	10	15-13		
غرف دواليب الملابس	20	15	25-20	*	
مناطق المتفرجين	150	10	15-13		
المدرجات، الإستراحات	150	5	10-8		
* نصف لتر بالثانية لكل خزانة.					
غرف التبديل	25	10	15-13		
صالات التسلية	25	10	15-13		
التنس، السكواش، ساحات كرة اليد (داخلية)	-	10	15-13		
احواض السباحة (داخلية)	25	8	13-10	*	
ساحات التزحلق واللعب على الجليد	70	5	10-8	*	
ساحات التزلج	70	5	10-8	*	
النقل العام					
غرف الانتظار	50	8	13-10		
ساحات وقوف السيارات	-	0.8	1.5-1	*	
مناطق التذاكر والامتعة، مناطق الممرات والابواب	50	8	13-10		
ابراج السيطرة	50	13	18-15		

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
صالات الشحن	2	5	10-8	*	
غرف الاستراحة العامة	100	8	13-10		
الرصيف	150	5	10-8		
مناطق التجمع	150	5	10-8		
مشاغل التصليح	-	5	10-8		
* 5 لتر بالثانية لكل متر مربع من المساحة الارضية.					
المكاتب					
مكاتب عامة	10	8	13-8		
غرف المؤتمرات	60	13	20-15		
غرف التنضيد	20	4	8-5		
غرف الاطباء الاستشاريين	-	5	10-8		
غرف الإنتظار; وكالات توظيف الأطباء الخ	30	5	10-8	*	
غرف الزنكوغراف	20	4	8-5	*	
غرف طباعة	20	4	8-5		
غرف الحاسبات	20	3	5-4		
غرف ثقب الكارتات	30	4	8-5		
غرف الاستراحة العامة	100	8	13-10		
* الأجهزة المنصوبة ذات تهوية موجبة ومسيطر على الملوثات غير المرغوب فيها.					

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص في الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
الاتصال					
أكشاك بث تلفزيوني/إذاعي، إستوديوهات إذاعية	20	15	20-18	*	
مسارح الصور المتحركة والتلفزيون	20	15	20-18		
غرف الصحافة	100	8	13-10		
غرف التنضيد	30	4	8-5		
غرف النقش	30	4	8-5		
بدالات	50	4	8-5		
غرف بدالة الهاتف (آلي)	-	4	8-5		
غرف الطباعة على الالة الكاتبة / اجهزة النسخ	-	4	5-4		
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.					

+ مقتبس من [1]

4/1/1-4 التهوية للمباني المؤسساتية Ventilation for institutional areas

ان المباني المؤسساتية تعتبر من المباني الرئيسية المهمة لخلق جو ملائم لشاغلي الحيز لاداء دورهم بالشكل المطلوب دراسيا ووظيفيا وعمليا وكذلك شعورهم بالراحة صحيا. الجدول 4-1/4 المبين لاحقا يبين كمية الهواء المطلوبة لخلق جو يساعد على الاداء الجيد.

الجدول 4-1/4: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية/البنائيات المؤسساتية +

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص التصميمي غير معروف	هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
		الحد الأدنى	المفضل	
المدارس				
القاعات الدراسية	50	5	8-5	
غرف متعددة الأغراض	70	5	8-5	
المختبرات	30	5	8-5	*
مشاغل حرفية، ورش التدريب المهني	30	5	8-5	*
غرف الموسيقى والتدريب على الغناء	70	5	10-8	
قاعات الاجتماع	150	3	4-3	
قاعات الالعب	70	10	15-13	
المكتبات العامة	20	4	6-5	
غرف عامة، استراحة	70	5	8-5	
مكاتب	10	4	8-5	
مرافق صحية	100	8	13-10	
غرف الخزانات	20	15	25-20	**
غرف الطعام، صالات الطعام	100	5	10-8	
الممرات	50	8	13-10	

تتمة الجدول 4-1/4

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص التصميمي غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
غرف الخدمات	3	3	5-4		
الاقسام الداخلية	20	4	8-5		
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصّة على الملوثات.					
** نصف لتر بالثانية لكل خزانة.					
المواقع العسكرية والبحرية					
الثكنات	20	4	8-5		
مرافق صحية	100	8	13-10		
حمامات	100	5	10-8		
صالات التدريب العسكري	70	8	13-10		
الغرف الجاهزة، مراكز الشرطة العسكرية	40	4	8-5		
صفوف التهديد الداخلية	70	10	15-13	*	
* في المساحات الارضية خلف خطوط النار فقط.					
المتاحف					
صالات العرض	70	4	8-5		
المشاغل	10	5	10-8		
المخازن	5	3	5-4		
مباني الهيئة التشريعية					
غرف الهيئة التشريعية	70	10	15-13		
غرف اللجان وغرف المؤتمرات	70	10	15-13		
الإستراحات، الممرات	50	10	15-13		

تتمة الجدول 4-4/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص التصميمي غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص	الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل		
المكاتب	10	5	10-8	
غرف جلوس الصحافة	20	10	15-13	
أكشاك الصحافة/الراديو/التلفزيون	20	10	15-13	
غرف الاستراحة العامة	20	8	13-10	
غرف الاستراحة الخاصة	-	10	25-15	
الخدمة الغذاء، غرف الخدمة، الخ. شاهد الفنادق).				

+ مقتبس من [1]

5/1/1-4 التهوية للمناطق الزراعية Ventilation for agricultural areas

ان وجود الحيوانات في مناطق رديئة التهوية يعرضها للإصابة بأمراض الجهاز التنفسي ومرض السل وأمراض أخرى ويقلل من المقاومة للأمراض والضعف في الانتاج و كذلك يتسبب وجود المنتجات الزراعية في مناطق غير صحية، في تعجيل فسادها وتقليل العمر التخزيني. فمن الضروري توافر التهوية المناسبة في هذه المناطق لاجل خلق بيئة صحية ملائمة للمعيشة والخبز. الجدول 4-5/1 يوضح متطلبات التهوية لمختلف الأماكن.

الجدول 4-5/1: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية/المباني الزراعية⁺

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من المساحة الارضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الاشخاص الحيز غير معروف		هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شاغل		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل			
معالجة و تخزين العلف، البذور والحبوب	-	10	15-13	*	
تربية الحيوانات	-	10	15-13	*	
معالجة و تخزين الخضار والفاكهة	-	10	15-13	**	
منتجات الألبان	-	10	15-13	**	
معالجة الالياف الطبيعية	-	10	15-13		
معالجة وتخزين التبغ	-	10	15-13		
نمو الفطر	-	5	10-8		
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات. ** الاماكن المحافظ عليها بدرجات حرارة منخفضة (-23 إلى 10 درجة مئوية) لن تغطي بهذه المتطلبات مالم تشغل بشكل مستمر. التهوية من الاماكن المجاورة جائزة. عندما يكون اشغال المكان متقطعاً، ستكون كمية هواء التخلل أكبر عادة من متطلب هواء التهوية.					

+ مقتبس من [1]

6/1/1-4 التهوية للمراكز الصحية Ventilation for health care centers

ان التهوية في المراكز الصحية مهمة، وذلك من اجل العناية والمحافظة على صحة المرضى والشاغلين. تساعد عملية التهوية في المستشفيات على ازالة او تخفيف الملوثات وكذلك تحديد مسارات الهواء لغرض تحديد حركة الجسيمات الغريبة والملوثة داخل الحيز. الجدول 4-6/1 يوضح عدد مرات تغيير الهواء داخل المراكز الصحية، اضافة الى ذلك من الضروري العناية والسيطرة على الهواء الداخل وذلك من خلال استعمال مرشحات ذات فعالية مختلفة كما موضح في الجدول 4-7/1.

الجدول 4-6/1: علاقات الضغط العامة والتهوية لمناطق محددة في المستشفى⁺

نوع الحيز	علاقة الضغط بالمناطق المجاورة ^١	أقل عدد لمرات تغيير الهواء بالساعة ^٢	الهواء الكلي المطرود مباشرة الى الخارج	اعادة تدوير الهواء ضمن الغرف ^٣
الجراحة والعناية الفائقة^٤				
غرفة عمليات أ- نظام هواء خارجي بالكامل	موجب	15	نعم	لا
ب- نظام اعادة تدوير الهواء	موجب	25	اختياري	لا
غرفة ولادة أ- نظام هواء خارجي بالكامل	موجب	15	اختياري	لا
ب- نظام اعادة تدوير الهواء	موجب	25	اختياري	لا
غرفة نقاهة	مساوٍ	6	اختياري	لا
جناح روضة أطفال	موجب	12	اختياري	لا
غرفة الطوارئ	موجب	12	اختياري	لا
تخزين المخدر	±	8	نعم	لا
التمريض				
غرفة المريض	±	4	اختياري	اختياري
دورات المياه	سالب	10	نعم	لا
العناية المركزة	موجب	6	اختياري	لا
العزل الوقائي	موجب	15	نعم	اختياري
عزل الامراض الانتقالية ^٥	±	6	نعم	لا
العزل المؤقت أو غرفة الإنتظار	±	10	نعم	لا
المخاض/الولادة/النقاهة/مابعد الولادة	مساوٍ	4	اختياري	اختياري
ممر المرضى	مساوٍ	4	اختياري	اختياري

تتمة الجدول 4-1/6

نوع الحيز	علاقة الضغط بالمناطق المجاورة ^أ	أقل عدد لمرات تغيير الهواء بالساعة ^ب	الهواء الكلي المطروح مباشرة الى الخارج	اعادة تدوير الهواء ضمن وحدات الغرف ^ت
الملحقات				
اشعة سينية (الجراحة والعناية الفائقة)	موجب	15	اختياري	لا
اشعة سينية (تشخيص ومعالجة)	±	6	اختياري	اختياري
الغرفة المظلمة	سالـب	10	نعم	لا
المختبر، عام	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، علم الجراثيم	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، الكيمياء الحيوية	موجب	6	اختياري	لا
المختبر، علم خلايا	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، غسل الزجاجيات	سالـب	10	نعم	اختياري
المختبر، علم الأنسجة	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، الطب النووي	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، علم الأمراض	سالـب	6	نعم	لا
المختبر، المصـول	موجب	6	اختياري	لا
المختبر، التعقيم	سالـب	10	نعم	لا
المختبر، نقل الوسائل	موجب	4	اختياري	لا
تشريح الجثث	سالـب	12	نعم	لا
غرفة حفظ الجسم غير المبرد ^ح	سالـب	10	نعم	لا
الصيدلية	موجب	4	اختياري	اختياري
الادارة				
غرف الادارة والانتظار	سالـب	6	نعم	اختياري
التشخيص والمعالجة				
تنظير القصبات، جمع اللعاب	سالـب	10	نعم	اختياري
غرفة فحص	±	6	اختياري	اختياري

تتمة الجدول 4-6/1

نوع الحيز	علاقة الضغط بالمناطق المجاورة ^أ	أقل عدد لمرات تغيير الهواء بالساعة ^ب	الهواء الكلي المطروح مباشرة الى الخارج	اعادة تدوير الهواء ضمن وحدات الغرف ^ت
غرفة دواء	موجب	4	اختياري	اختياري
غرفة معالجة	±	6	اختياري	اختياري
العلاج الطبيعي و العلاج بالماء	سالـب	6	اختياري	اختياري
غرفة عمل ملوثة	سالـب	10	نعم	لا
غرفة عمل نظيفة	موجب	4	اختياري	اختياري
التعقيم والتجهيز				
غرفة أجهزة التعقيم	سالـب	10	نعم	لا
غرفة التلوث او إزالة الملوثات	سالـب	6	نعم	لا
غرفة عمل نظيفة والخزن المعقم	موجب	4	اختياري	اختياري
خزن أجهزة	±	2	اختياري	اختياري
الخدمة				
مركز تحضير الغذاء ^د	±	10	نعم	لا
غسيل السلع	سالـب	10	نعم	لا
الخزن النهاري الغذائي	±	2	اختياري	لا
غسيل و كوي، عام	سالـب	10	نعم	لا
تصنيف وخزن البياضات الملوثة	سالـب	10	نعم	لا
خزن البياضات النظيفة	موجب	2	اختياري	اختياري
غرفة البياضات ومنزلق النفايات	سالـب	10	نعم	لا
غرفة وعاء تبول المريض	سالـب	10	نعم	لا
الحمام	سالـب	10	اختياري	لا
حجرة البواب	سالـب	10	اختياري	لا

+ مقتبس من [3]

± = السيطرة الإتجاهية المستمرة غير مطلوبة.

حيثما تكون السيطرة الإتجاهية المستمرة غير مطلوبة، يجب أن تقلل الإختلافات، وفي حالة الافتقار إلى السيطرة الإتجاهية فهذا يسمح بانتشار العدوى من منطقة إلى أخرى. يجب أن تحتوي الحدود بين المناطق الوظيفية (ردهات أو أقسام) على سيطرة إتجاهية.

أ عند عدم الحاجة الى السيطرة الموجهة ويكون التغيير الى اقل حد.

ب التهوية على وفق المواصفة ASHRAE 62 تهوية لنوعية هواء داخلي مقبولة، يجب أن تستعمل للمناطق التي لا يوجد لديها معدلات تهوية معينة. عندما تتطلب المواصفة ASHRAE 62 معدلات هواء خارجي أعلى من المدرجة في الجدول 4-6/1، يجب أن تستعمل القيمة الأعلى.

ت استعمال مرشحات (High efficiency partical air-HEPA) للهواء الراجع للسيطرة على العدوى (بدون ملفات تدفئة أو تبريد) تعتبر مقبولة.

ج غرف عزل الامراض الانتقالية التي وصفت في هذا الجدول هي تلك التي قد تستعمل للمرضى المعديين في مستشفى وسط كثافة سكانية متوسطة، ويكون الضغط فيها سالبا.

ح تستعمل غرف الحفظ لفترات قصيرة ولأجراء التسهيلات المطلوبة فقط التي لا يمكن اجراؤها في الموقع.

ز يجهز مركز تحضير الطعام بهواء التجهيز (ضغط موجب) عندما تكون قلنسوة الطرد غير عاملة.

ل لغرف العمليات، يجب ان يستعمل هواء خارجي بنسبة 100% فقط عندما تتطلب المدونة ذلك وإذا تهيأت اجهزة استعادة الحرارة فقط.

الجدول 4-7/1: فعالية المرشحات لأنظمة التهوية والتكييف المركزي في المستشفيات العامة⁺

فعالية المرشح %			موقع الاستعمال	العدد الأدنى من المرشحات
المرشح				
رقم 3	رقم 2 *	رقم 1 *		
99.97 **	90	25	غرفة عملية العظام غرفة عملية زرع نخاع عظم غرفة عملية زرع الاعضاء غرف العمليات العامة	3
	90	25	غرف الولادة رياض الأطفال وحدات العناية المركزة وحدات العناية بالمرضى غرف العلاج مناطق التشخيص والمناطق ذات العلاقة	2
		80	المختبرات، الخزن المعقم	1
		25	مناطق تحضير الغذاء غرف غسل و كوي الملابس الإدارة مخزن الجملة مناطق حصر المواد الملوثة	1
* استنادا الى [4] .				
** مرشحات (HEPA) في مخارج الهواء.				

+ مقتبس من [4]، [5]

7/1/1-4 التهوية للمباني التي يسمح فيها بالتدخين

Ventilation for smoking-permitted area

إن دخان التبغ يولد مشاكل داخل المبانيات و يتطلب الأمر مضاعفة معدلات التهوية في مناطق البنايات المسموح بها بالتدخين بضعفين حتى خمسة أضعاف ما هو مطلوب من تهوية في المناطق بدون التدخين. وتحدد معدلات تهوية أعلى للمناطق التي يسمح فيها بالتدخين لأن دخان التبغ هو أحد أكثر الملوثات صعوبة في السيطرة. الجدول 8/1-4 يلخص كمية التهوية المطلوبة للحصول على جو ملائم للاشغال.

الجدول 8/1-4: معدل التهوية المطلوبة للحصول على جو ملائم للاشغال في المناطق المسموح فيها بالتدخين⁺

المنطقة المسموح فيها بالتدخين	الاشغال (شخص/ 100 متر ³)	ارتفاع السقف (متر)	نسبة المدخنين	معدل التدخين (سيجارة/شخص /ساعة)	معدل التهوية الكلي (لتر/ثانية/شخص)
قاعة جلوس مع تدخين	70	3	1	3	9.5
قاعة جلوس مع تدخين كثيف	70	3	1	3	19
قاعة مشروبات كوكتيل	100	3	0.3	3	3
قاعة مشروبات كوكتيل مع تدخين كثيف	100	3	0.5	4	6.5
غرفة طعام 1	70	3	0.255	2.5	2
غرفة طعام 2	70	3	0.255	2	1.5
كازينو قمار 1	120	4	0.3	4	4
كازينو قمار 2	120	4	0.3	3	3
غرفة مؤتمر	50	4	0.255	2	1.5
رواق لعبة	70	2.5	0.255	2	1.5
ممشى بولينغ (منطقة جلوس)	70	4	0.255	2	1.5
المكتب	7	2.5	0.255	2	1.5

+ مقتبس من [1]

2/1-4 الحد الأدنى لمتطلبات التهوية Minimum ventilation requirements

هناك العديد من المدونات والقواعد التي تحكم المعايير الدنيا للتهوية والتي تتطلب وجود نوافذ داخل الحيز بمساحات محسوبة كنسبة مئوية من مساحة الأرضية أو الحجم كأفضل الأساليب في التهوية الطبيعية. حيث ان كمية حركة او تبديل الهواء بالتهوية الطبيعية تعتمد على الرياح السائدة و إختلاف درجات الحرارة بين الداخل والخارج وإرتفاع التركيب ومساحة الشقوق في النافذة...الخ. اما بالنسبة للتهوية المسيطر عليها، يعتبر استعمال طريقة التهوية الميكانيكية لتغيير الهواء هو الأسلوب المفضل في المباني. الجداول من 1/1-4 لغاية 4/1-4 تبين قيم الحد الأدنى للتهوية المطلوبة.

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 62, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Analysis and Recommendation*, David S. Dougan, President, Leonard A. Damiano, V.P. Sales and Marketing, EBTRON, Inc., 2002.
- [2] *ASHRAE'S Residential Ventilation Standard* 62.2 – 2001.
- [3] *Modified ASHRAE'S Standard* 62-2001.
- [4] *ASHRAE Standard 52-1, Method of Testing Air Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA 30329. 1976.
- [5] *ASHRAE "HVAC Design Manual for Hospital and Clinics"*. 2003.

الباب الخامس معايير تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية Mechanical Ventilation Design Criteria

1-5 تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية Mechanical Ventilation Design

1/1-5 التهوية بشكل عام Ventilation in general

هنالك نقاط أساسية يجب اتباعها بشكل عام عند تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية وهي كما يلي:-

- تحديد مواقع المآخذ ومراوح الطرد للاستفادة من الرياح السائدة.
- تحديد مواقع المراوح والمآخذ بما يؤمن التأثير الشامل لها على المنطقة المعنية.
- عند استعمال مرشحات الهواء لمآخذ الهواء ذات الجاذبية (Gravity filter)، يجب تحديد سعة المروحة اخذاً بنظر الاعتبار الضغط الاستاتي بحيث لا يقل عن 3.125 ملم عمود ماء.
- تجنب استعمال المراوح بعضها عكس البعض، وعند الضرورة، ترك مسافة بين كل مروحتين متجاورتين لا تقل عن 6 مرات بقدر قطر المروحة.
- يجب استعمال عازل فئة (Class F) وحماية IP55 لملفات المحركات عندما تكون درجات الحرارة المحيطة المتوقعة عالية للهواء المار على المحركات.
- يجب استعمال مراوح مضادة للتآكل في الأماكن التي تحتوي على أبخرة مواد كيميائية، ومراوح مضادة للانفجار في الأماكن التي تتواجد فيها أبخرة كيميائية قابلة للاشتعال وفي أماكن تصنيع وصيانة المتفجرات.
- يجب ان تكون أجزاء المراوح من مواد غير قابلة للاشتعال عند المواقع في الاجواء الخطرة .

2/1-5 عملية التهوية Ventilation process

تحقق عملية التهوية الامور التالية:-

- جمع الأبخرة والحرارة بالقرب من مصدر التوليد قدر الامكان.
- جعل كل القنوات الهوائية المستعملة للتهوية بشكل مباشر وقصيرة قدر الإمكان.
- المحافظة على سرعة منخفضة في مجاري الهواء لضمان عملية الانتقال للأبخرة والجسيمات التي يجري جمعها.
- من الضروري انحاء مجرى الهواء بنصف قطر كبير للحفاظ على الخسارة في المقاومة عند حدها الأدنى (كذلك يفضل تقليل قطر المجرى) عند الحاجة الى تدوير الجريان في منظومة مجاري الهواء.
- تحديد قدرة احتياطية للمروحة بما تغطي اكثر من الخسارة المحسوبة للمجرى عند احتساب المقاومة خلال المجارى الهوائية.

- استعمال المبادئ الاساسية نفسها فيما يتعلق باختيار المآخذ ومحركات المراوح وكما هو الحال في النقاط الاساسية للتهوية المذكورة آنفاً.
- تثبيت مروحة الطرد في موقع ملائم للقضاء على أي دوران للهواء في اجزاء اخرى من الحيز.
- ينبغي أن تكون الاغطية القلنسوية (Hoods) كافية لجمع جميع الأبخرة الملوثة أو الجسيمات الناجمة عن عمليات الطهي.

3/1-5 معايير التصميم Design criteria

يجب ان تفي معايير التصميم للتهوية الميكانيكية الناجحة بالمتطلبات التالية:

- تجهيز كمية الهواء المطلوبة.
 - مقبولة للشاغلين من ناحية: الهدوء، انخفاض كلفة التشغيل، مبدا عمل بسيط، عدم خلق جو غير آمن.
- الجدول 1/1-5 يوضح السرعة المقبولة والمحبة لانظمة التهوية في المباني العامة و المشاريع الصناعية.

الجدول 1/1-5: السرعة المقبولة والمحبة لانظمة التهوية⁺

نوع الوظيفة	المباني العامة (متر/ثا)	المشاريع الصناعية (متر/ثا)
مآخذ الهواء الخارجي	4.5-2.5	6-5
مرشحات الهواء	2.5	3-2.5
مراوح مع مسخنات	4.5-3.5	7-5
مجري الهواء الرئيس	8-5	12-5
حنيات مجاري الهواء والتفرعات	3-2.5	9-4.5
شبابيك التجهيز	2.3-1.2	-
فتحات التجهيز	-	2.5-1.5
شبابيك التجهيز القريبة من الارض	1.2-0.8	-
مجري الهواء الهابطة	3-2.5	9-4.5

+ مقتبس من [1]

4/1-5 الطرائق العامة لتصميم انظمة التهوية General ventilation design methods

هناك طرائق عديدة لتصميم انظمة التهوية الميكانيكية من اهمها: -

1/4/1-5 طريقة نوعية الهواء Air quality method

يتطلب التصميم المقبول لجودة الهواء في الأماكن المغلقة التطرق الى الفقرات التالية:-

- نوعية الهواء الخارجي
- مصادر التلوث
- هواء الترشيح الملائم
- نظام التشغيل و الصيانة لنظام التهوية
- ولتطبيق هذه الطريقة يمكن اتباع الخطوات التالية:-
- معرفة عدد الاشخاص الشاغلين للحيز
- ايجاد متطلبات الهواء الخارجي (لتر/ثانية) او (م³/ساعة) لكل شخص من معدل التهوية المقبولة لجودة الهواء الداخلي
- من الجدول 2/1-5، و تحويلها الى متر مكعب/ ساعة.
- يمكن حساب كمية الهواء الخارجي المطلوب كما يلي:-

$$\begin{aligned} \text{عدد الاشخاص} &= \text{عدد الشاغلين للحيز} \times \text{مساحة الارض (م}^2\text{)} / 100 \\ (1/1-5) \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \text{كمية الهواء الخارجي المطلوبة} &= \text{عدد الاشخاص} \times \text{متطلبات الهواء الخارجي} \\ (2/1-5) \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} &(\text{م}^3/\text{h/person}) \\ &(\text{م}^3/\text{ساعة/شخص}) \end{aligned}$$

ان كميات الهواء الخارجي يمكن أن تخفض إلى مستويات أدنى في حالة استعمال أجهزة الترشيح الملائمة للجسيمات والغازات المارة من خلالها.

2/4/1-5 طريقة تبديل الهواء Air change method

في هذه الطريقة، يحسب اولا حجم الحيز المطلوب تهويته بالامتار المكعبة ثم يتم اختيار عدد مرات تبديل الهواء لكل ساعة لاغراض التهوية المقبولة وطبقا لوظيفة الحيز من الجدول 3/1-5.

اذن كمية الهواء الخارجي المطلوبة (م³/h) = حجم الحيز (م³) * عدد مرات التبديل (3/1-5)

3/4/1-5 طريقة ازالة الهواء Air removal method

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون درجة حرارة الحيز أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجي والمحيط للحيز، ويمكن استعمال التهوية العامة لغرض تقديم "التبريد الحر".

بمعرفة درجات حرارة البصلة الجافة للحيز المطلوب تهويته من الجدول 5-4/1 وكذلك درجة حرارة البصلة الجافة التصميمية للمحيط الخارجي من الجدول 5-5/1 ومقدار إزالة (تحرير) الحرارة المطلوبة (واط او كيلو واط)، يمكن حساب كمية الهواء المطلوبة للتهوية صيفا من المعادلة التالية:-

كمية الهواء المطلوبة (م³/ثانية) = الحرارة المتحررة (المحسوسة) كيلو واط / { 1.22 × (درجة حرارة الهواء الخارجي - درجة حرارة الحيز) } (4-5/1)

ويمكن الحصول على كمية الحرارة المتحررة من نشاطات شاغلي الحيز والمحركات الكهربائية القياسية واجهزة الطبخ التجارية والاجهزة المختلفة من الجداول 5-6/1 لغاية 5-9/1.

5-1-5 مقارنة طرائق التصميم Comparison of design methods

تعتبر طريقة نوعية الهواء الداخلي بشكل عام من أكثر الطرائق واقعية وأسهلها في الاستعمال. حيث يتم تجهيز الحيز بكميات من الهواء الخارجي بحسب طبيعة نشاط وفاعلية الشاغلين ووفقا لوظيفة الحيز. وكمية الهواء النقي المطلوب مقدرا ب (لتر/ثانية/شخص) او ب (عدد الاشخاص/100م² كمساحة) لكل فعالية ضمن الحيز موضحة في الجدول 5-2/1 تحت عنوان متطلبات الهواء الخارجي للتهوية المقبولة لجودة الهواء الداخلي. إن إجمالي معدل التهوية في هذه الطريقة يفترض أن يكون مقبولا، وليس من الضروري زيادته.

اما طريقة تبديل الهواء، فانها تعتمد بالدرجة الاساسية على حساب حجم الحيز ومقدار تبديل الهواء وفقاً لوظيفة الحيز. تستعمل هذه الطريقة في حالة افتقار الحيز المطلوب تهويته لمعرفة عدد الشاغلين مما يسبب في بعض الاحيان عدم كفاية الهواء المجهز للحيز وفقا للمواصفات المطلوبة.

اخيرا، فان طريقة ازالة الهواء تستعمل حصريا في حالة كون درجة الحرارة الداخلية اكثر من درجة الحرارة الخارجية والرغبة في طرح الهواء الحار الناتج من عمل الاجهزة و الآلات للخارج لجعل هواء الحيز ملائم لاشتغال الاجهزة كما هو الحال في غرف المحولات و المضخات و المولدات والاجهزة الكهربائية الاخرى. حيث يتطلب في هذه الطريقة معرفة كمية الحرارة المتحررة من اجهزة الحيز من خلال الجداول 5-6/1 لغاية 5-9/1 وبالتالي يتم حساب كمية الهواء الخارجي النقي المطلوب تجهيزه للحيز.

الجدول 5-2: متطلبات الهواء الخارجي للتهوية المقبولة لجودة الهواء الداخلي⁺

نوع الحيز	الهواء المطلوب (لتر/ثانية/شخص)	الشاغلون (عدد الاشخاص/100م ²)
القاعات	15	150
قاعات البولينك والرقص	25	100
محل التزيين	25	25
صفوف دراسية	15	50
غرف الاجتماعات	20	50
الاقسام الداخلية	15	20
التنظيف الجاف	30	30
غرف الالعب	25	70
مخازن منزلية	15	8
غرف العمليات	30	20
غرف المرضى	25	10
مختبرات	20	30
مكتبات	15	20
غرف للعمليات الطبية	15	20
المكاتب	20	7
الصيدليات	15	20
ستوديو التصوير	15	10
العلاج الطبيعي	15	20
المطاعم	20	70
تسهيلات المتاجر	15	20
بهو التدخين	60	70
مناطق رياضية	15	150
الاسواق	15	8
المسارح	15	150

+ مقتبس من [2]

الجدول 5-3: العدد المقترح لمرات تبديل هواء الحيز لكل ساعة⁺

نوع الحيز	العدد المقترح لمرات تبديل هواء الحيز لكل ساعة
القاعات الجماهيرية	10-3
القاعات	15-4
المخابز	3-1
غرف المراحل	4-2
صالة البولينك	8-2
التنظيف الجاف	5-1
غرف الآلات	1,5-1
معامل (عام)	5-1
ورش	2-1
القاعات الرياضية	10-2
المرائب	10-2
غرف المولدات	5-2
القاعات الدراسية	2-1
المكوى	5-2
الغرف المقفلة	5-2
صالات المكائن	5-3
طاحونات (الاوراق)	3-2
طاحونات (النسيج)	15-5
بيوت الخزن	15-2
غرف التسلية	8-2
المساكن	5-2
المطاعم	10-5
مخازن المتجر	10-3

تتمة الجدول 3/1-5

نوع الحيز	العدد المقترح لمرات تبديل هواء الحيز لكل ساعة
اسواق (عام)	10-3
المسارح	8-3
المرافق الصحية	5-2
غرف المحولات	5-1
غرف التوربينات	6-2
المخازن	10-2
المطابخ	3-1
غرف المعالجة الحرارية	2-1

+ مقتبس من [3]

الجدول 4/1-5 : درجات الحرارة التصميمية داخل الأماكن المكيفة +

نوع التطبيق	شتاء مع الترطيب		صيفاً	
	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة البصلة الجافة م°	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة البصلة الجافة م°
المباني السكنية، المدارس، المكاتب، الفنادق، المستشفيات	10±50	2±21	10±50	1±25
المراكز التسوقية، المخازن، المصارف، صالونات الحلاقة، صالونات التجميل	10±50	2±21	10±50	1±25
الشقق الفاخرة، مناطق الشخصيات المهمة	10±50	2±21	10±50	1±25

+ مقتبس من [1]

الجدول 5-1/5 : ظروف التصميم الخارجية لبعض المدن والاقضية العراقية⁺

المدينة او القضاء	المنطقة الحرارية**	درجة حرارة البصلة الجافة م °	درجة حرارة البصلة الرطبة م °
الموصل	I	46.5	24.5
دهوك	I	44	21
اربيل	I	44	21
السليمانية	I	43	20
الرمادي	I	44	22
القائم	I	45	21
بغداد	II	47	23.5
بعقوبة	II	43	20
كركوك	II	43	20
تكريت	II	44	21
كربلاء	II	44	21
الحلة	II	44	21
النجف	II	44	21
السماوة	II	44	22
السلمان	II	46	20
الديوانية	II	44	21
البصرة	III	45.5	28.5
الكويت	III	44	22
العمارة	III	45	24
الناصرية	III	45	25
الجبايش	III	44	26

+ مقتبس من [4]

الجدول 5-6 : كمية الحرارة المتحررة من نشاطات شاغلي الحيز⁺

التطبيقات القياسية	الحرارة المحسوسة (واط)	الحرارة الكامنة (واط)
المسارح-حفلات نهائية	60	40
المسارح-حفلات مسائية	65	40
مكاتب، فنادق، شقق	65	55
الجوامع والمساجد	60	40
الاسواق	65	68
اسواق الادوية	65	85
البنوك	65	85
المطاعم	70	90
المصانع	70	150
صالات الرقص	80	170
صالات البولينك	150	275

+ مقتبس من [3]

الجدول 5-7/1: الحرارة المتحررة من المحركات الكهربائية القياسية⁺

معدل القدرة الحصانية للمحرك	السرعة القياسية (دورة/د)	الفعالية عند الحمل الأكصى %	المحرك والمروحة داخل الحيز (واط)	المحرك خارج والمروحة داخل الحيز (واط)	المحرك داخل والمروحة خارج الحيز (واط)
0.05	1450	40	0.13	0.05	0.08
0.07	1450	46	0.15	0.07	0.08
0.1	1450	55	0.18	0.10	0.08
0.75	1450	60	0.23	0.14	0.09
1	1450	64	0.31	0.20	0.11
1	1450	66	0.42	0.28	0.14
2	1450	70	0.60	0.40	0.20
3	1450	72	0.78	0.56	0.22
5	1450	76	1.05	0.80	0.25
7.5	1450	80	1.38	1.1	0.28
10	1450	80	2.0	1.6	0.40
15	1450	81	3.1	2.5	0.60
20	1450	82	4.9	4.0	0.90
25	1450	84	6.7	5.6	1.1
30	1450	84	9.5	0.8	1.5
40	1450	86	13.0	11.2	1.8
50	1450	87	18.4	16	2.4
60	1450	88	22.7	20	2.7
75	1450	89	28.0	25	3.0
100	1450	89	36.0	32	4.0
125	1450	89	45.0	40	5.0
150	1450	90	56.0	50	6.0
200	1450	90	70.0	63	7.0
250	1450	90	89	80	9.0

+ مقتبس من [1].

الجدول 5-1/8: معدل الكسب الحراري لأجهزة الطبخ التجارية في الحيز المكيف⁺

معدل الطاقة الداخلة		الأجهزة
الحرارة المكتسبة / (بدون غطاء) / واط	الحرارة المكتسبة (مع غطاء) / واط	
الاجهزة التي تعمل بالغاز - النوع الارضي		
20510	2050	مراجل
19050	1905	الشواية
الفرن - لاعمال الخزف		
1170	115	لكل قدم مربع من الفرن
23440	2345	الفرن - التحميص
الفرن لاعمال الشهي		
23400	2340	الجزء العلوي
10255	1025	الجزء السفلي
المطاعم		
7030	705	لكل عينين للطباخ
8790	880	لكل فرن
10255	1025	لكل قالب كعك -شواية
الاجهزة التي تعمل بالكهرباء - النوع الارضي		
16800	605	قالب الكعك
12000	1905	شواية بدون فرن
18000	2870	مع فرن
16000	3165	شواية احادي المجر
22000	215	محمصة

تتمة الجدول 8/1-5

معدل الطاقة الداخلة		الأجهزة
الحرارة المكتسبة/ (بدون غطاء)/ واط	الحرارة المكتسبة (مع غطاء)/واط	
فرن الخبز		
500	80	لكل قدم مربع من الفرن
900	145	لكل قدم مربع من المدفئة
الفرن لاعمال الشهي		
15000	5595	الجزء العلوي
6700	500	الجزء السفلي
الاعمال المتوسطة		
8000	1260	الجزء العلوي
3600	555	الجزء السفلي
6600	1055	الاعمال الخفيفة-الجزء العلوي
3000	1600	الاعمال الخفيفة-الجزء السفلي

+ مقتبس من [1]

الجدول 9/1-5: معدل الحرارة المكتسبة من الاجهزة المختلفة⁺

نوع الاجهزة	معدل الكسب الحراري المفضل / واط		
	المحسوس*	الكامن	المجموع
مجفف الشعر	673	117	790
نيون، اشارة	8	-	8
نيون لكل قدم طول	16	-	16
اجهزة التعقيم	190	350	540
محارق مختبرية			
شعلة غازية مختبرية	492	125	617
مشعل شكل ذيل السمكة	820	205	1025
محركة مواد	985	245	1230
مشعل غازي	528	65	593
قداحة سكاثر	264	30	294

+ مقتبس من [1]

* تستعمل الحرارة المحسوسة المكتسبة في حسابات التهوية.

2-5 المراوح Fans

1/2-5 المصطلحات والتعاريف Terminology and definitions

فيما يلي بعض المصطلحات و التعاريف التي تستعمل في صناعة المراوح:

- سعة المروحة Fan capacity : هي حجم الهواء الذي تدفعه المروحة لكل وحدة من الزمن. وتذكر في العادة بوحدة قياس م³/ثا. ان كثافة الهواء في الظروف القياسية هي 1.2 كغم / م³ ما لم يذكر عكس ذلك. وفي حالة استعمال المروحة في درجات الحرارة غير القياسية فيمكن الرجوع الى معامل التصحيح في الجدول 1/2-5.

- الضغط الساكن (الاستاتي) Static pressure: هو الضغط الذي تنتجه المروحة سواء كان الهواء في حركة حرة أو محصوراً داخل مجرى مغلق ويعبر عنه بمليمتر عمود من الماء أو نيوتن/مترمربع. ويمكن اعتباره الطاقة الكامنة التي تنتجها المروحة والمطلوبة للتغلب على مقاومة التدفق التي ينتجها النظام. وكثيراً ما تستعمل مصطلحات أخرى تعتبر مرادفات لها مثل مقاومة النظام والنظام الاستاتي.

الجدول 5-1/2: معامل كثافة الهواء للارتفاعات ودرجات الحرارة المختلفة +

درجة الحرارة (مئوية)								الارتفاع فوق م.س.ب (متر)
371	316	260	205	149	94	38	21	
0.475	0.500	0.552	0.616	0.697	0.806	0.946	1.000	0
0.441	0.482	0.532	0.594	0.672	0.774	0.912	0.964	300
0.425	0.465	0.513	0.573	0.648	0.747	0.880	0.930	600
0.410	0.448	0.495	0.552	0.624	0.720	0.848	0.896	900
0.395	0.432	0.477	0.532	0.604	0.694	0.818	0.864	1200
0.380	0.416	0.459	0.513	0.580	0.668	0.787	0.832	1500
0.366	0.400	0.442	0.493	0.558	0.643	0.758	0.801	1800
0.353	0.386	0.426	0.473	0.538	0.620	0.730	0.772	2100
0.340	0.372	0.410	0.458	0.518	0.596	0.703	0.743	2400
0.326	0.352	0.394	0.440	0.498	0.573	0.676	0.714	2700
0.315	0.344	0.380	0.424	0.480	0.552	0.561	0.688	3000
0.258	0.282	0.311	0.437	0.393	0.543	0.534	0.564	4500
0.210	0.230	0.254	0.238	0.321	0.369	0.435	0.460	6000

+ مقتبس من [1]

- الضغط الحركي Velocity pressure : هو الضغط الذي تنتجه المروحة والذي يمكن أن يوجد فقط عندما يكون الهواء في حالة حركة ويقاس في اتجاه تدفق الهواء. والهواء الذي يتحرك بسرعة 20 م/ثا يسبب

ضغطاً مقداره 25 ملم عمود ماء على شيء ثابت في مساره. إن الضغط الحركي للهواء عند أي سرعة أخرى يمكن أن يحسب بسهولة من المعادلة:

$$P_v = 0.06 V^2 \quad (1/2-5)$$

حيث (V) مقاساً بـ متر/ثانية و (P_v) مقاساً بـ مللمتر عمود ماء (Water gage).

فمثال على ذلك: عند السرعة 40 م / ثا يكون الضغط الحركي 96 ملم عمود ماء، وعند السرعة 10 م / ثا يكون الضغط الحركي 6 ملم عمود ماء بالمقياس المائي. ويمكن الحصول على أي ضغط حركي عند أية سرعة من خلال الرجوع إلى الجدول (ب-1) في الملحق (ب) أو المعادلة التالية:

$$V = 12.76 \times \sqrt{P_v} \quad (2/2-5)$$

- الضغط الكلي Total pressure: مجموع الضغط الاستاتي والضغط الحركي مقاساً بعمود ماء أو باسكال.
- السرعة الخارجة Outlet velocity: هي مقسوم معدل الجريان مقاساً بـ (متر مكعب لكل ثانية) على المساحة الداخلية لمخرج المروحة مقاساً بـ (المتر المربع) وتقاس السرعة الخارجة بالمتر/ثانية.
- قدرة الفرامل Brake horsepower : هي القدرة التي يجب أن تجهز عمود (Shaft) محرك المروحة لاعطاء السرعة والضغط المطلوبين.
- الفعالية الاستاتيية Static efficiency: وهي ليست الطاقة الميكانيكية الحقيقية ولكن تكون ملائمة للاستعمال لاجل المقارنة بين المراوح بسبب كون معظم بيانات الأداء المنشورة للمراوح مبنية على الضغط الاستاتي (SP) وليس الضغط الكلي (TP).
- الفعالية الكلية Total efficiency: وهي الفعالية الحقيقية للمروحة والتي تمثل الطاقة الخارجة مقسومة على الطاقة الداخلة والتي تعتمد على الضغط الكلي للمروحة. يمكن الحصول على الضغط الكلي للمروحة من اضافة الضغط الحركي عند مخرج المروحة إلى الضغط الاستاتي (SP). بيانات الشركات الصانعة للمراوح تدرج السرعة الخارجة عند مخرج المراوح ولمختلف الضغوط الاستاتيية.
- تقدير المروحة Fan rating: يمكن قياس تقدير المروحة من خلال معدل تدفق الهواء وسرعة دوران المروحة والقدرة والضغط الكلي والقدرة الحصانية عند الظروف القياسية للهواء أي عند درجة الحرارة 21 مئوية وضغط 76 سم عمود زئبق وكثافة 1.2 كغم/م³ الا اذا ذكر عكس ذلك.

- سعة التجهيز الحر Free delivery capacity: تعني سعة المروحة لتجهيز الهواء بدون اي مقاومة للهواء او ضغط استاتي (وهذه حالة نادرة في التطبيق العملي).
- الضغط الاستاتي بدون تجهيز Static non-delivery pressure: ويسمى كذلك الضغط المغلق وهذا يعني الضغط الاستاتي الذي تنتجه المروحة عند عدم تجهيزها الهواء.

2/2-5 حركة الهواء بواسطة المراوح Movement of air by fans

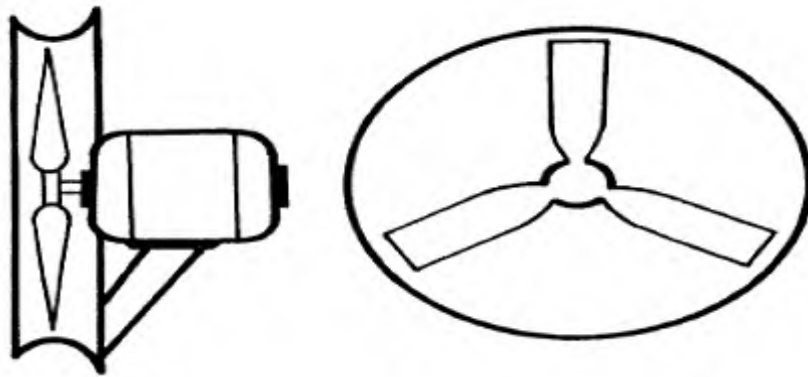
اصبح من الممكن وبفضل استعمال المراوح تحريك هواء التجهيز وهواء التهوية في انظمة التكييف. تخلق المروحة الحركة بدوران ريشها بمحرك كهربائي. والغلاف الذي يدور فيه دولاب المروحة له تأثير أيضا على خصائص حركة الهواء. هناك نوعان من التشكيلات الأساسية للمروحة اعتمادا على طبيعة الجريان خلالهما. الاول المراوح المحورية، التي يكون الجريان فيها موازياً لمحور الدوران، اما النوع الثاني فهو المراوح الطاردة المركزية ويكون الجريان فيها باتجاه قطري، ولكلٍ منهما خصائص مختلفة للتشغيل.

3/2-5 أنواع المراوح Types of fans

ان المراوح هي الاجهزة المستعملة عموماً لدفع وتدوير الهواء او الغازات الاخرى في منظومات مجاري الهواء ومنها تطبيقات التهوية الميكانيكية. وتقسم المراوح الى اربعة انواع رئيسية بحسب طريقة عملها وصنعها، اضافة الى انواع اخرى للاستعمالات الخاصة (Special purposes). الانواع الرئيسية هي المراوح الدافعة (Propeller fan) والمراوح محورية الريش (Vane-axial fans) والمراوح أنبوبية المحور (Tube-axial fans) والمراوح الطاردة المركزية (Centrifugal fans). وفيما يلي وصف موجز لكل نوع بالاضافة الى اقتراحات الاستعمال مع المحددات.

1/3/2-5 المراوح الدافعة Propeller fans

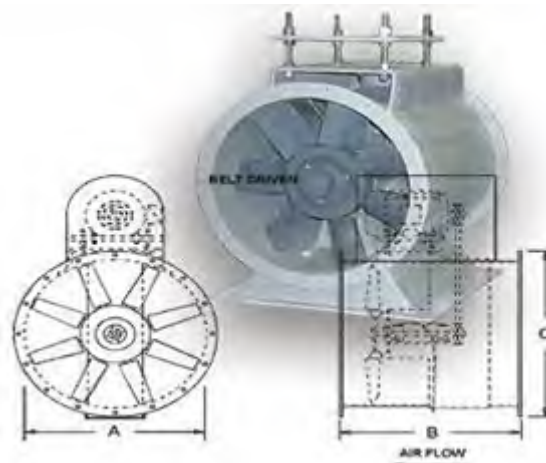
تتألف المروحة من دولاب ذي ريش ضمن بيت دائري الشكل كما مبين في الشكل 1/2-5. ويصنع الدولاب من صفائح معدنية او معدن مسبوك (عادة الالمنيوم) او الفولاذ (او معادن اخرى) او من البلاستيك مع الطلاء بدهانات الوقاية. وتدار المروحة بمحرك كهربائي بمحور واحد للمحرك و المروحة. تمتاز هذه الانواع من المراوح بانها تدفع او تسحب كميات كبيرة من الهواء ولكن لا تستطيع تهئية ضغط، وفي حالة حاجة النظام الى توفير ضغط بحدود (100-200) باسكال فان كمية الهواء المطلوبة تقل بشكل ملحوظ. اما عندما تكون ريش المراوح بشكل جناح انسيابي (Aerofoil) فبامكانها تهئية ضغط بحدود (200-500) باسكال لا اكثر. وتستعمل اغلب الاحيان لادخال او اخراج الهواء من مكان معين بدون ضغط يذكر مثل تطبيقات مراوح تخلية الهواء من المطابخ و المرافق الصحية و المختبرات والظروف المناخية الحارة و ما شابه ذلك وتتصب في الجدران او السقوف بدون مجارٍ هوائية او بمجاري هواء قصيرة جدا.



الشكل 5-2/1: المراوح الدافعة

2/3/2-5 المراوح انبوية المحور Tube-axial fans

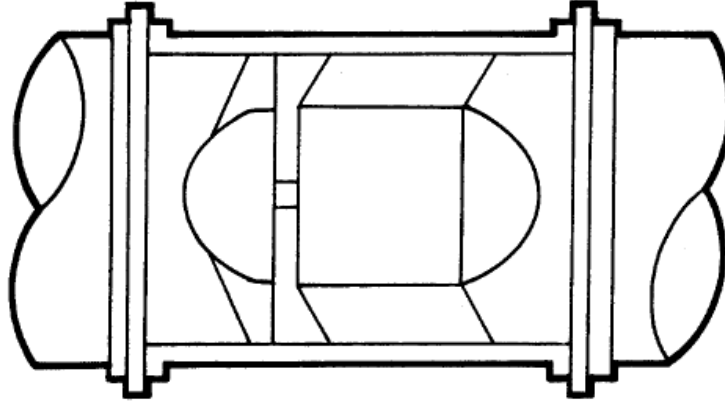
تكون هذه المراوح شبيهة بالمراوح الدافعة مع بعض التحوير لغرض استعمالها داخل مجرى كما في الشكل 5-2/2 حيث اتجاه تيار الهواء يبقى محوريا مع المروحة. وتكون الريش اكبر حجما من سابقتها والمركز الذي تستند اليه الريش اصغر حجما ولا يمكن عادة تغيير اتجاه الريش وانما تكون ثابتة. إن وجود هذا النوع من المراوح داخل مجرى محصور هو الذي يساعد على تكوين ضغط اكثر من المراوح الدافعة، حيث يمكن الحصول على ضغط يصل الى (800) باسكال. يكون المحرك الكهربائي منصوباً داخل الاسطوانة، وهناك حالات يكون المحرك الكهربائي فيها منصوباً على البيت الاسطواني وتدار المروحة داخل بيتها بواسطة بكرات وحزام نقل الحركة. يستعمل هذا النوع في الاماكن التي تتطلب وضع مروحة في مجرى الهواء لغرض تجهيز او طرد الهواء العادم كما في المطابخ او التهوية الميكانيكية في المشاريع الصناعية.



الشكل 5-2/2: المراوح انبوية المحور

3/3/2-5 المراوح محورية الريش Vane-axial fans

تكون المراوح محورية الريش كما في الشكل 3/2-5 شبيهة بالمراوح انبوبية المحور مع تحويل لاضافة موجّهات خلف المحرك الكهربائي، حيث تقوم هذه الموجّهات بتقليل دوامة الهواء عند مخرج الريش وبذلك تساعد على تكوين ضغط يقترب من (2000) باسكال. توضع هذه المراوح داخل مجرى هواء أسطوانى قصير وتدفع الهواء بتيار محوري خلالها. وتكون الريش ذات مقطع شبيه بريش التوربين، ويمكن في بعض المراوح تغيير زاوية انحناء الريش لاعطاء معدلات دفع هواء مختلفة. وتستند الريش الى قاعدة كبيرة اشبه ما تكون بقاعدة مراوح الطائرات. ويغلب استعمال هذا النوع في الاماكن التي تتطلب وضع مروحة في المجرى وتستعمل لدفع الهواء النظيف نسبيا مثل الهواء الراجع في انظمة التكييف ولا تستعمل لنقل الهواء المحمل بالغبار وتكون عادة باهضة الثمن مقارنة مع الانواع الاخرى .



الشكل 3/2-5: المراوح محورية الريش

4/3/2-5 مراوح الطرد المركزي Centrifugal fans

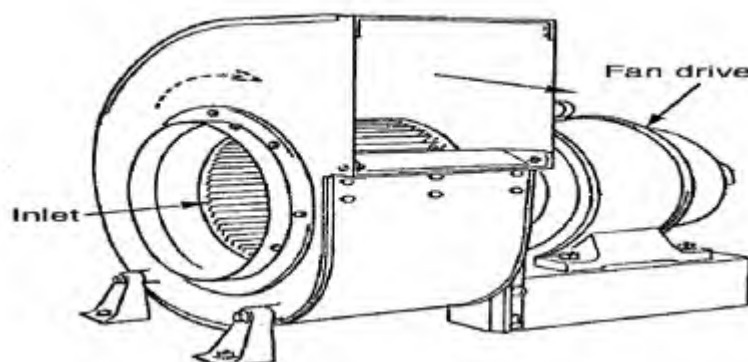
تكون هذه المراوح أكثر استعمالا في اماكن تكييف الهواء والتهوية الميكانيكية التي تتطلب التغلب على الضغوط العالية نسبيا. تتلاءم هذه المراوح مع معظم الاستعمالات وبامكانها دفع كميات قليلة وكبيرة من الهواء بمقادير ضغوط واسعة. وفي هذه المراوح يغير تيار الهواء اتجاهه بزاوية 90 درجة حيث يدخل الهواء من وسط بيت الدولاب ويخرج باتجاه عمودي على اتجاه دخوله كما في الشكل 4/2-5. تدار المروحة بمحرك كهربائي اما بمحور واحد للمحرك والمروحة معا، او في الطريقة الأكثر استعمالا بواسطة بكرات واحزمة نقل الحركة. ويكون بيت دولاب المروحة على شكل حلزوني ويصنع من صفائح الحديد. ولكن عند استعمال المروحة مع الغازات او الابخرة التي تسبب التآكل يطلى الدولاب وبيت الدولاب عندئذ باصباغ مضادة او بالزفت، أو قد تصنع احيانا من الفولاذ المقاوم للصدأ. ينقسم هذا النوع الى ثلاثة انواع تبعا للداء وموقع الاستعمال التي تتحدد

من خلال نوع الريش داخل دولاب المروحة وهي: دولاب بريش منحنية للامام (Forward curved blades) ودولاب بريش منحنية للخلف (Backward curved blades) ودولاب بريش قطرية (Radial blades) وتتغير خصائص المروحة تبعا لنوع الريش وبذلك يتسع مجال تطبيق هذا النوع من المراوح ليشمل معظم المجالات.

يمكن تمييز المروحة ذات الريش المنحنية للامام من خلال العدد الكبير للريش الواسعة ومناولة كميات كبيرة من الهواء، ولكن بضغوط قليلة ومتوسطة وبسرعة منخفضة. وتكون هذه المروحة مفيدة في أماكن معينة وتسمى أحيانا مروحة متعددة الريش. وتصنع هذه الريش عادة من حديد الصلب ولكنها قد تصنع من المعادن الأخرى عند الحاجة. يكون استعمال هذه المراوح محدوداً بسبب الفعالية الواطئة والضغط القليل وكذلك عدم مقاومتها للتآكل، لذلك تستعمل في تجهيز وطردها الهواء لانظمة التكييف والتهوية الميكانيكية الموضعية.

إما المراوح ذات دولاب بريش منحنية للخلف، فانها من الانواع المفضلة حيث تتميز بمستوى فعالية اعلى من المراوح بريش قطرية مع صرف طاقة اقل وتستعمل لمناولة الهواء غير المغبر، ويمكن استعمالها للغازات الملوثة شريطة وجود جهاز للتنظيف قبل المروحة. وتصنع هذه الريش من الواح الصلب او الصفيح مع طلاء الوقاية. بسبب سرعة الدوران والضغط على الريش، تكون هذه المراوح غالية الثمن.

اما فيما يخص المراوح ذات دولاب بريش قطرية، فانها ابسط انواع المراوح الطاردة المركزية وعادة ما يشار إليها باسم مراوح التهوية الصناعية. وتكون ذات فعالية واطئة وتستعمل حصريا لمناولة الهواء المغبر والمحتوي على ملوثات بنسب عالية وغازات ذات طبيعة تآكلية لان الريش تكون سميكة ومقاومة للتآكل. تختلف هذه المراوح في اشكال الريش من المسطحة الى المنحنية لغرض تحسين فعاليتها قليلا او لتتناسب مع تطبيقات معينة ولها القابلية على التنظيف التلقائي مما يساعد على عدم تراكم الاوساخ على الريش. ونظرا لقلّة فعاليتها وارتفاع ثمنها، تستعمل هذه المراوح لاغراض نقل الهواء المغبر والمحتوى على ملوثات التآكل. تصنع الاحجام الكبيرة منها عادةً من الحديد الملحوم او مجموعة متنوعة من المعادن الخاصة او البلاستيك، اما الاحجام الصغيرة والمتوسطة فتصنع من معدن مسبوك والريش تصنع عادة من الحديد الزهر. تتميز هذه المراوح عموما ببساطة التصنيع.



الشكل 4/2-5: المراوح الطاردة المركزية

5/3/2-5 Inline-flow centrifugal fans مراوح الطرد المركزي الخطي

تعرف ايضا بمراوح الطرد المركزي الأنبوبي وتعطي تدفقاً مختلطاً (Mixed flow) وتتألف من دولاب الطرد المركزي داخل المجرى لغرض الاستفادة من الحيز (Space saving) وكذلك الاستفادة من خاصية الطرد المركزي لتكوين الضغط حيث تتحول بعض مكونات سرعة التيار الهوائي الى ضغط استاتي مفيد.

6/3/2-5 Roof exhausters fans مراوح الطرد السقيفي

تكون هذه المراوح كاملة، ومن نوع الدافعة أو ذات الطرد المركزي أو القطري، مع قاعدة للتثبيت على السقف . وتدار المروحة بمحرك كهربائي بمحور واحد للمحرك والمروحة، أو بواسطة بكرات وحزام نقل الحركة. تتوافر هذه المراوح بمجموعات متنوعة وتصنع عادة من المعدن أو البلاستيك. وتستعمل هذه المراوح مع غطاء الطرد في المطابخ التجارية حيث يكون طرد الهواء للخارج اما جانبيا حول عجلة الدوران كما في مراوح الطرد المركزي او عموديا كما في المراوح المحورية بحسب مواصفات الشركة المصنعة للمراوح.

7/3/2-5 أجهزة التهوية المجهزة Packaged ventilating equipment

هنالك العديد من الشركات المصنعة لأجهزة التهوية التي تعرض مجموعات من المكونات أو النظم الكاملة. تكون هذه الوحدات اقتصادية ولها تطبيقات مختلفة وفيما يلي اهم الوحدات والاكثر استعمالاً:

- وحدات مروحة تهوية مع المحرك قابل للتعديل من خلال الحزام الناقل مع مجموعة متنوعة من الآلات والملحقات الاختيارية.

- وحدة تنظيف الهواء التي تحتوي على الوحدات الميكانيكية وجمع الغبار المتطاير ومنظف للأبخرة.

- أنظمة عادم السيارات في المرائب لخدمة الشاحنات.

- أنظمة عادم اللحام مع غطاء ومجاري مرنة للهواء.

3-5 اختيار المراوح Fan Selection

1/3-5 معايير اختيار المراوح Fan selection criteria

بعد اجراء الحسابات المطلوبة لمعرفة كمية الهواء المطلوبة ومقدار الخسارة في الضغط الاستاتي خلال انظمة المجاري الهوائية لنظام التهوية المطلوبة، فمن الضروري اختيار المروحة المناسبة لهذا الغرض وباعتماد على المعلومات التالية:

- كمية الهواء المطلوب، م³/ ساعة
- الضغط الاستاتي لمقاومة المنظومة
- كثافة الهواء (ارتفاع و درجة الحرارة)
- نوع الخدمة

- نوع البيئة
- المواد/الأبخرة المطرودة
- درجة حرارة التشغيل الخارجية
- معايير الضوضاء (يمكن الحصول عليها من جداول خاصة)
- عدد المراوح
- الدوران
- عمر المروحة المتوقع بالسنين

1/1/3-5 إجراءات إختيار المروحة Fan selection procedure

عند اختيار الظروف التشغيلية للمروحة، يصبح من الضروري اختيار المروحة المناسبة التي سوف تعطي تدفق الهواء المطلوب والضغط الاستاتي المرغوب به في نظام التهوية. عند استعمال منحنيات الاداء للمراوح فينبغي اتباع منحنى المروحة بحيث يتقاطع مع منحنى مقاومة النظام للحصول على نقطة التشغيل المطلوبة للمروحة، ويمكن الاستعانة عند التصميم بسلسلة من جداول التقييم لمراوح مماثلة لتلك المبينة في الجدول 1/3-5 حيث تفضل الشركات المصنعة للمراوح عرض المعلومات على شكل جداول بدلا من المنحنيات لسهولة الاستعمال. الجدول 1/3-5 يمثل المنحني الخاص لمراوح الطرد المركزي من نوع الريش المحنية للخلف، حيث يعتمد الجدول في الاختيار على كمية الهواء م³/ساعة ومقدار الخسارة في الضغط الاستاتيكي (سم عمود ماء). يمكن الرجوع الى جداول مماثلة لانواع اخرى من المراوح للشركات المصنعة.

الجدول 5-1/3: تقييم مراوح الطرد المركزي ذات ريش محنية الى الخلف +

1000 باسكال ضغط استاتي		750 باسكال ضغط استاتي		500 باسكال ضغط استاتي		250 باسكال ضغط استاتي		السرعة عند المخرج م/ثانية	كمية الهواء متر مكعب/ساعة
القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة		
--	--	--	--	--	--	0.6	275	4.5	6795
--	--	2.5	465	1.6	385	0.75	280	5.5	8495
4.1	540	3	470	1.9	390	1	290	6.5	10195
4.6	540	3.4	475	2.3	395	1.2	300	8	11935
5.2	545	3.9	480	2.6	410	1.4	315	9	13590
5.8	555	4.3	490	3	415	1.6	330	10	15290
6.5	560	4.9	500	3.4	430	1.9	340	11	16990
7.1	570	5.5	510	3.9	440	2.3	355	12	18690
7.9	585	6.1	525	4.3	455	2.7	370	13	20390
8.7	595	6.7	535	4.9	465	3	385	14.5	22085
9.5	605	7.5	550	5.5	480	3.6	400	15.5	23785
10.5	620	8.2	560	6.2	495	4.1	415	16.5	25485
11.4	630	9.1	575	6.8	5.5	4.7	430	17	27185
12.5	640	10	585	7.6	520	5.4	450	19	28885
13.4	655	11	600	8.5	535	6.1	465	20	30580
16.4	670	12	615	9.4	550	6.9	485	21	32280

تتمة الجدول 5-1/3

1000 باسكال ضغط استاتي		750 باسكال ضغط استاتي		500 باسكال ضغط استاتي		250 باسكال ضغط استاتي		السرعة عند المخرج م/ثانية	كمية الهواء متر مكعب/ساعة
القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة	القدرة كيلو واط	دورة/ دقيقة		
15.8	680	13	625	10.4	570	7.8	500	22	33980
17	695	14.2	640	11.5	585	8.8	520	23	35680
18.5	710	15.5	655	12.6	600	9.8	540	24	37380
19.9	720	16.8	670	13.9	615	10.9	555	25.5	39080
21.5	740	18.4	690	15.2	635	12.2	575	26.5	40775
23.1	750	19.9	700	16.7	650	13.5	595	27.5	42475
24.9	765	22.4	720	18.3	670	--	--	28.5	44175
26.8	785	23.4	735	20	690	--	--	29.5	45875
28.8	800	25.2	785	21.6	705	--	--	31	47570
31	815	27.2	770	23.5	720	--	--	32	49270
33.1	830	29.3	790	25.5	740	--	--	33	50970
35.5	845	31.6	805	27.7	760	--	--	34	52670
44.8	865	33.9	820	30	780	--	--	35	54370

+ مقتبس من [5]

يمكن اختيار المروحة بعد معرفة كمية الهواء المطلوبة ومقدار خسارة الضغط خلال المنظومة وعلى النحو التالي:-

- 1- اختيار نوع المروحة بحسب الاستعمال، حيث تستعمل المراوح القطرية في تخفيف تراكيز الهواء داخل الحيز ومراوح الطرد المركزي من نوع الريش المحنّية الى الخلف في التهوية من خلال المجاري الهوائية ومراوح الطرد المركزي من نوع الريش القطرية لطرد الهواء والغازات والمواد المسببة للتآكل.
- 2- الرجوع الى الجداول المماثلة للشركات المصنعة لمعرفة مدى تطابق كمية الهواء المطلوبة و الخسارة في الضغط لعمل المروحة عند اعلى نسبة فعالية.
- 3- بعد التطابق واختيار المروحة المطلوبة، يتم التعرف على المعلومات الاخرى الخاصة بالمروحة مثل (سرعة خروج الهواء من المروحة، سرعة دوران المحرك، قدرة المروحة،..الخ).
- 4- عند عدم التطابق (وقوع نقطة التشغيل بين نقطتين في الجداول) يمكن استعمال معادلات الاستكمال الخطي (Linear interpolation) المبينة لاحقاً بين القيم المجدولة لتحديد سرعة التشغيل ومقدار القدرة وكذلك الفعالية الاستاتية للمروحة .

سرعة دوران المحرك

$$N = N_{11} + \frac{P_{s,f} - P_{s,1}}{P_{s,2} - P_{s,1}} (N_{12} - N_{11}) + \frac{Q_f - Q_1}{Q_2 - Q_1} (N_{21} - N_{11}) \quad (1/3-5)$$

قدرة المحرك

$$H_b = H_{11} + \frac{P_{s,f} - P_{s,1}}{P_{s,2} - P_{s,1}} (H_{12} - H_{11}) + \frac{Q_f - Q_1}{Q_2 - Q_1} (H_{21} - H_{11}) \quad (2/3-5)$$

و أخيراً يمكن حساب الفعالية الاستاتية عند نقطة التشغيل من المعادلة التالية:

$$\eta_s = \frac{P_s Q}{H_b} \quad (3/3-5)$$

معاني الرموز المستعملة في المعادلات

H	watt	الطاقة
H_b	watt	قدرة المحرك
N	rpm	سرعة دوران المروحة
P_s	Pa	الضغط الاستاتي للمروحة
$P_{s,f}$	Pa	الضغط الاستاتي المطلوب للمروحة
Q	m ³ /s	جريان الهواء

$$\begin{array}{ll} Q_f & \text{جريان الهواء المطلوب} \\ \eta_s & \text{الفعالية الاستاتية للمروحة} \end{array} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

يوضح المثال التالي خطوات اختيار المروحة

إذا كان تدفق الهواء المطلوب في تهوية معينة هو 19080 م³/ساعة وعند مروحة ذات ضغط استاتي 330 باسكال. والمطلوب اختيار المروحة المناسبة من نوع الطرد المركزي ذات ريش محنية الى الخلف. عند التحقق من الجدول 1/3-5، تبين ان قيمة كمية الهواء المطلوبة للمروحة تقع بين (18690-20390) م³/ساعة وقيمة الضغط الاستاتي للمروحة تقع بين (250-500) وسرعة الدوران تقع بين 355 و 370 دورة في الدقيقة. وبما ان الحسابات سوف يتم تنفيذها على هذه الأرقام فقد تم اعادة ادراجها في الجدول 1/3-5 أ لاجل التوضيح. الجدول 1/3-5 ب، يبين معظم التسميات المستعملة في المعادلات المذكورة آنفاً. ويمكن حساب سرعة دوران المحرك من المعادلة (1/3-5) كالتالي:

$$N = 355 + \{(330-250) / (500 - 250)\} (440 - 355) + \{(19080- 18690) / (20390- 18690)\} (370 - 355)$$

$$N = 386 \text{ rpm}$$

وفي مثالنا ، تحسب قدرة المحرك من المعادلة (2/3-5):

$$H_b = 2.3 + 0.33(3.9 - 2.3) + 0.24(2.7-2.3)$$

$$H_b = 2.92 \text{ k w}$$

اما الفعالية الاستاتية فنحصل عليها من المعادلة (3/3-5) و كالتالي:

$$\eta_s = 330 * 19080 / (2920 * 3600) = 0.60$$

ويمكن حساب الفعالية الكلية للمروحة من المعادلة المذكورة آنفاً نفسها و باستعمال الخسارة الكلية في الضغط خلال منظومة مجاري الهواء بما فيها الخسائر في ملحقات ومكونات المنظومة بدلا من الضغط الاستاتي للمنظومة.

الجدول 5-1/3-أ: جزء من جدول تقييم المراوح

الضغط الاستاتي للمروحة				
500 باسكال		250 باسكال		
القدرة (كيلو واط)	سرعة الدوران دورة/د	القدرة (كيلو واط)	سرعة الدوران دورة/د	م ³ /ساعة
3.9	440	2.3	355	18690
4.4	455	2.7	370	20390

الجدول 5-1/3-ب: توضيح للرموز المستعملة في المعادلات

الضغط الاستاتي للمروحة				
$P_{s,1}$		$P_{s,2}$		
القدرة (كيلو واط)	سرعة الدوران دورة/د	القدرة (كيلو واط)	سرعة الدوران دورة/د	م ³ /ساعة
H_{12}	N_{12}	H_{11}	N_{11}	Q_1
H_{22}	N_{22}	H_{21}	N_{21}	Q_2

2/3-5 حسابات وتصاميم أنظمة المراوح Fan system calculation and design

ان على المروحة او المراوح لاي منظومة تقوم بتدوير الهواء في نظام التهوية ان تكون ذات قدرة كافية لتجهيز معدلات الهواء المطلوبة وبضغط استاتي مساو او يفوق بقليل المقاومة الكلية التي تسببها منظومة مجاري الهواء. ومن العوامل التي تحدد احجام مجاري الهواء السرعة القصوى المسموح بها لتدفق الهواء داخل المجرى.

اصبح واضحا الآن ان تدفق الهواء في منظومة الهواء يحصل نتيجة تجهيز الطاقة للمنظومة بواسطة مروحة وان المروحة تتسلم الطاقة من المحرك الذي يشغلها وان الهدف من حساب فقدان الطاقة (او الضغط) خلال المجرى الدليلي (اطول مجرى في منظومة الهواء) هو الحصول على معلومات كافية لتحديد قدرة محرك التشغيل والسرعة التي يجب ان تدور بها المروحة. يتم اختيار المروحة لمنظومة معينة لدفع الهواء بمعدل تدفق معلوم ضد فقدان ضغط محسوب هو فقدان الضغط الكلي في المنظومة.

يتبدد جزء من الطاقة الكهربائية التي يسحبها المحرك أساساً لأن فعالية المحرك نفسه ليست 100% ولأن نقل الحركة من محور المحرك إلى محور المروحة يسبب فقداناً ضئيلاً في الطاقة. كما أن هناك تبديداً في قدرة المروحة نفسها للتغلب على الاحتكاك في كراسي التحميل وتبديداً على شكل احتكاك واضطراب عبر ريش دولاب المروحة وما تبقى يسمى قدرة الهواء (Air power). وتعرف قدرة الهواء بأنها صافي القدرة التي تصل إلى تيار الهواء للتغلب على هبوط الضغط في منظومة مجاري الهواء وأجزاء وحدة التهوية وفتحات التوزيع وغيرها من أجزاء المنظومة الكاملة وتعجيل الهواء ودفعه بالسرعة المطلوبة. ويمكن الحصول على قدرة المروحة بدلالة معدل التدفق الكلي للهواء وارتفاع الضغط الكلي أو بدلالة معدل التدفق الحجمي والضغط الكلي. أي أن قدرة الهواء W_a تساوي

$$W_a = Q P_t \quad (4/3-5)$$

وحدات قدرة الهواء (واط) إذا كان الضغط الكلي (P_t) بوحدات نيوتن/م² ومعدل تدفق الهواء (Q) بالمتري المكعب في الثانية. يسمى الضغط الكلي الذي على مروحة المنظومة تجهيزه بضغط المروحة الكلي عند الإشارة إلى المروحة. وتشكل النسبة بين قدرة الهواء إلى قدرة المروحة ما يعرف بفعالية المروحة. فإذا أشرنا إلى قدرة المروحة بالرمز W_f وفعاليتها بالرمز η ،

$$\eta = W_a / W_f \quad (5/3-5)$$

إن قدرة المروحة W_f هي صافي القدرة الواصلة إلى محور المروحة وتحسب من حاصل ضرب القدرة التي يسحبها المحرك الكهربائي في فعاليتها عند إهمال الخسائر في عملية نقل الحركة بينهما. عند اختيار المروحة لابد من أن تنهياً المعلومات التالية:

- معدل تدفق الهواء
 - الضغط الاستاتي الكلي للمروحة
 - مقدار الضوضاء المسموح بها
 - معرفة هل إن معدل تدفق الهواء والضغط الكلي ثابتان أم متغيران؟
- إن أهم هذه المعلومات الأوليان اللتان تقرران حجم المروحة وقدرة محركها وسرعة دورانها، في حين تتعلق النقطتان الأخيرتان بتحديد نوعية المروحة وملحقاتها من ريش تنظيم دخول وكاتمات صوت و ما شابه ذلك.

3/3-5 تصاميم مجاري الهواء Air duct design

تعتبر مجاري الهواء الوسيلة لتجهيز معدلات الهواء المكيف وهواء التهوية الى الحيز المطلوب. وتكون مقاطع هذه المجاري مستطيلة او مربعة او دائرية. ومن العوامل الرئيسة التي تحدد احجام مجاري الهواء هي السرعة القصوى المسموح بها لتدفق الهواء داخل المجرى. اذ ان ارتفاع السرعة يؤدي الى توليد الضوضاء وزيادة فقدان الضغط، وفي الوقت نفسه اذا كانت سرعة الهواء واطنة اكثر من اللازم فان ذلك يتطلب احجام مجاري هواء كبيرة جدا. لذا يجب ان يجري المصمم عملية موازنة اقتصادية عند اختيار احجام المجاري. ويمكن اختيار السرعة المناسبة بالرجوع الى الجدولين 2/3-5 و 3/3-5. وقبل البدء بعملية حساب احجام مجاري الهواء لابد من:-

- تخطيط ابسط منظومة ممكنة واكثرها ملاءمة للتطبيق.
- اختيار ابعاد فتحات توزيع الهواء او سحبه.
- اختيار سرعة الهواء في المجاري الرئيسة من الجدولين 2/3-5 و 3/3-5.
- يتم تحديد حجم كل جزء من اجزاء منظومة مجاري الهواء بوحدة من الطرائق الثلاث المبينة لاحقا.
- اختيار جزء المنظومة الذي يعطي اكبر مقاومة لتدفق الهواء ما بين تجهيزه من المروحة ولحين رجوعه اليها.
- يتم حساب هبوط الضغط الكلي في المنظومة وبالاغتماد على الجدول 4/3-5.
- يتم من الحسابات اختيار مروحة المنظومة بحيث تجهز معدل تدفق الهواء المطلوب عند ضغط استاتيكي يكافئ هبوط الضغط في المنظومة.

هناك ثلاث طرائق لتحديد احجام كل جزء من اجزاء منظومة مجاري الهواء وهي:-

1- طريقة تقليل السرعة (Velocity reduction method): تتضمن هذه الطريقة في تصميم مجاري الهواء اختيار سرعة ملائمة للمجرى الرئيس بعد المروحة ثم تقليلها بالتدرج مع تناقص كمية الهواء المدفوع في المجرى الرئيس نتيجة تغذية فروع المنظومة. اما اختيار السرعة الابتدائية، فيعتمد اساسا على خبرة المصمم. و بعد تحديد سرعة الهواء ومعرفة معدل تدفق الهواء في كل جزء في المنظومة، يتم استخراج حجم كل جزء من اجزاء مجاري الهواء من الشكل 1/3-5. وتعد هذه الطريقة غير مرغوبة كليا في المنظومات الاعتيادية ولكنها مفيدة وسهلة في المنظومات البسيطة مع بعض الخبرة.

2- طريقة اعادة كسب الضغط الاستاتيكي (Static regain method): تتلخص طريقة التصميم هذه بأن يستفاد من زيادة الضغط الاستاتيكي عند كل تفرع حيث تقل سرعة الهواء وجعله مساويا لهبوط الضغط في الجزء التالي من المجرى. وتتلاءم هذه الطريقة مع منظومات السرعة العالية بصورة خاصة التي تحوي على مجارٍ طويلة وتفرعات كثيرة لوحداث تكيف الهواء النهائية. ويضطر المصمم احيانا الى تقليل تدريجي في السرعة لزيادة الضغط الساكن مع طول المجرى وتفرعاته مما يؤدي في بعض الاحيان الى استعمال احجام كبيرة جدا في

نهايات المجاري الطويلة، وهذه احدى نقاط الضعف الاساسية في هذه الطريقة. تكون هذه الطريقة غير ملائمة لاختيار احجام منظومة مجاري هواء بكاملها وانما تستعمل عادة مع الطريقة الثالثة لاختيار احجام اجزاء معينة من المنظومة على شرط ان تكون السرعة الابتدائية اكبر من 9 متر/ثا تقريبا. ويمكن الاطلاع على قيم هبوط الضغط لاجزاء نموذجية في منظومة التهوية في الجدول 5-4/3 وذلك للحصول على تقدير أولي لهبوط الضغط الكلي في المنظومة.

3- طريقة هبوط الضغط المتساوي (Equal pressure drop method): تعتمد هذه الطريقة على جعل معدل هبوط الضغط في كل وحدة طول من مجرى الهواء (اي في كل متر منه) متساو في جميع فروع المنظومة. وبهذه الوسيلة سيكون هبوط الضغط من المروحة الى نهاية الفروع متماثلاً اذا كانت المنظومة متشابهة ومتماثلة الفروع. اما اذا كانت هناك فروع قصيرة قريبة من المروحة واخرى طويلة فلأجل موازنة الضغط داخل المنظومة تستعمل حينئذ صفائح التنظيم بدرجة اكبر مما لو كانت الفروع متشابهة الاطوال. وتفضل هذه الطريقة على سابقتها بكثير وتعد الطريقة الاساسية لتصميم منظومات مجاري الهواء. وهناك اسلوبان لاستعمالها هما:-

أ- يتم اختيار السرعة الابتدائية من الجدول 5-2/3 ثم احتساب مساحة المقطع في هذا الجزء بالمعادلة التالية:

$$A=Q/V \quad (6/3-5)$$

حيث Q يمثل معدل جريان الهواء ($\text{م}^3/\text{ثا}$)

A مساحة المقطع (م^2)

V السرعة ($\text{م}/\text{ثا}$)

من معدل تدفق الهواء وسرعته يتعين معدل هبوط الضغط في الجزء الاساس من المجرى الرئيس باستعمال الشكل 5-1/3 ومقدار معدلات هبوط الضغط في منظومة تكييف الهواء المبينة في الجدول 5-3/3 والشكل 5-2/3. بعد ذلك يمكن تصميم احجام باقي اجزاء المنظومة بمعدل هبوط الضغط هذا نفسه باستعمال مخطط تصميم مجاري الهواء. وبالامكان تحويل مقطع المجرى من الدائري الى المستطيل او بالعكس وذلك باستعمال الشكل 5-2/3. يمكن التعرف من خلال الجدولين ب-1 و ب-2 في الملحق (ب) على مقاييس الصفائح الفولاذية والفولاذية المغلونة النموذجية المصنعة والمستعملة في عمل مجاري الهواء دائرية ومستطيلة المقطع، وكذلك الجدول ب-4 للتعرف على القياس الموصى به لمجاري الهواء المعدنية.

ب- يتم اختيار معدل هبوط الضغط والمحافظة على هذا المعدل في جميع اجزاء المنظومة. وبمعرفة معدل هبوط الضغط ومعدل تدفق الهواء يمكن استخراج احجام المجاري لكل جزء منها.

وقد جرت العادة على استعمال معدل هبوط ضغط مقداره 1 باسكال/متر (0.127 سم عمود ماء/30.48 متر طول مجرى الهواء) في المنظومات الاعتيادية واطئة السرعة. وللمصمم حرية اختيار معدل هبوط ضغط بين 1.5 باسكال/متر (0.381 سم عمود ماء/ 30.48 متر طول مجرى الهواء) كحد اعلى و 0.5 باسكال/متر (0.127 سم عمود ماء/30.48 متر طول مجرى الهواء) كحد ادنى.

الجدول 5-2/3: سرع الهواء في مجاري هواء التهوية و اجزاء منظومة التكييف (متر/ثا) ⁺

السرعة القصوى			السرعة التصميمية			التطبيق
مباني صناعية	مدارس مباني عامة	مساكن	مباني صناعية	مدارس مباني عامة	مساكن	
6	4.5	4	5	4	3.5	مآخذ الهواء الخارجي
1.8	1.8	1.5	1.8	1.5	1.2	مرشحات الهواء
3.5	3	2.5	3	2.5	2.3	ملفات التدفئة
3	2.5	2.3	3	2.5	2.3	ملفات التبريد
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	اجهزة غسل الهواء
7	5	4.5	5	4	3.5	تركيب سحب الهواء
14-8	11-7	8.5	12-8	10-6	8-5	مخرج المروحة
11-6.5	5.5	5-5	9-6	6.5-5	4.5-3.5	مجرى هواء رئيس
9-5	6.5-4	5-5.5	5-4	4.5-3	3	مجرى فرعي
8-5	6-4	4-4	4	3.5-3	2.5	مجرى فرعي صاعد

+ مقتبس من [1]

الجدول 3/3-5: السرعة النموذجية المحبذة في اجزاء منظومة التهوية و التكيف⁺

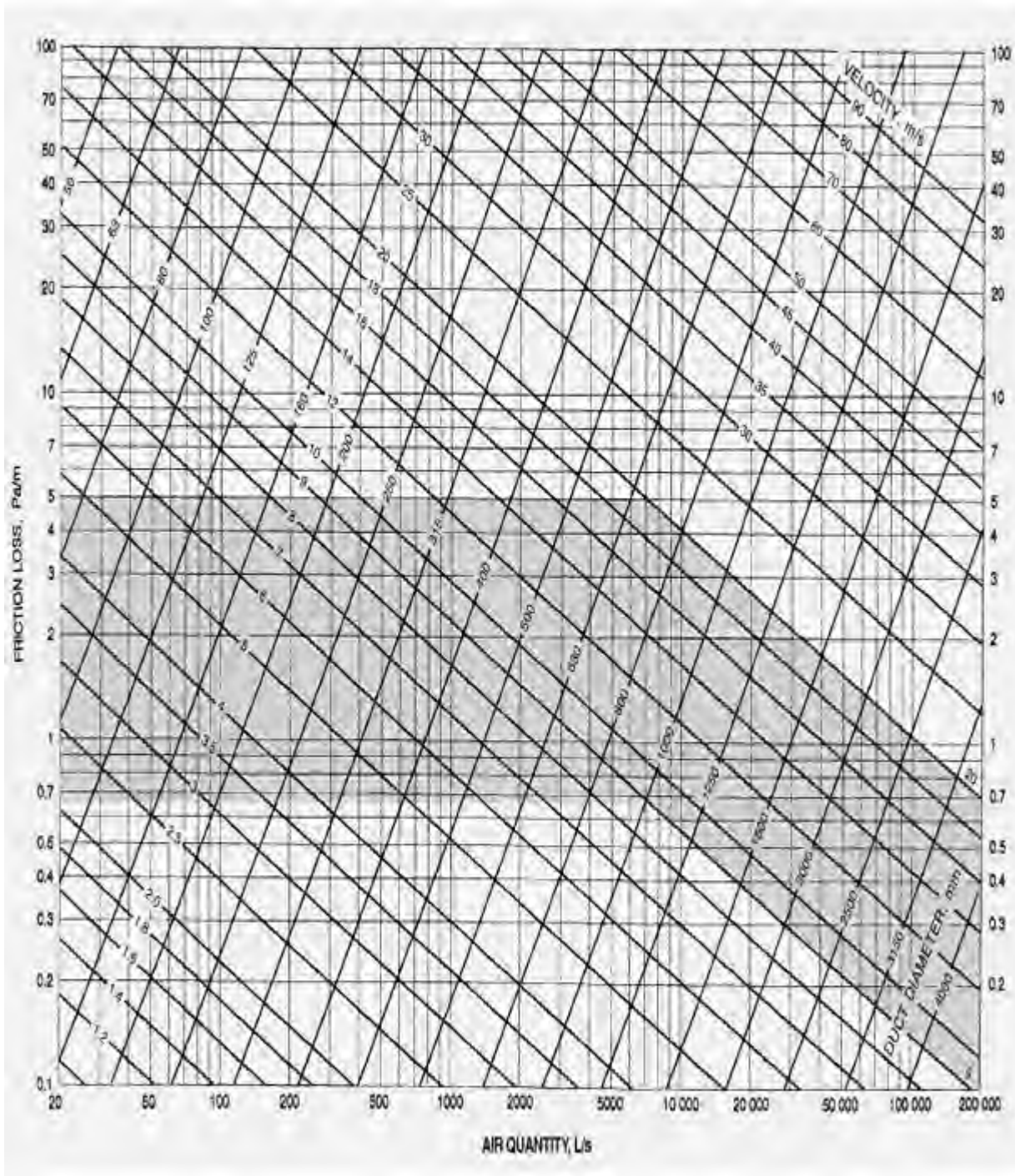
سرعة الهواء (م/ثا)	اجزاء المنظومة
6.66	شباك الدخول (11893 م ³ /ساعة فأكثر)
8.33	شباك الخروج (8495 م ³ /ساعة فأكثر)
3.33 - 13.33	مرشحات لوحية • إصطدام لزج من النوع الجاف، مطوية الوسط: • فعالية واطئة • فعالية متوسطة • فعالية عالية • المرشحات ذات الفعالية العالية (HEPA)
8.33 3.33	مرشحات ذات استعمال لمرة واحدة (Disposable) • إصطدام الستارة المتحركة للزجة • ستارة متحركة بمادة جافة
5 الى 8.33 4.16 3.5 - 5.83 8.33 الى 10	مرشحات هواء الكترونية • من نوع المعدن المتأين • مادة مشحونة غير متأينة • مادة مشحونة متأينة
3.33 حد ادنى 25 حد اقصى	ملفات البخار و الماء الحار
تراجع بيانات الشركة المصنعة تراجع بيانات الشركة المصنعة	ملفات كهربائية • اسلاك مفتوحة • انبوبي بزعانف
8.33 الى 10	ملفات ازالة رطوبة
5 الى 10	اجهزة غسل الهواء بمنفاث رش
تراجع بيانات الشركة المصنعة	اجهزة غسل الهواء بحشوة داخلية
20 الى 30	اجهزة غسل هواء بمنفاث رش، مع سرعة هواء عالية

+ مقتبس من [1]

الجدول 5-4: معدلات نموذجية لهبوط الضغط في منظومة التهوية و تكييف الهواء⁺

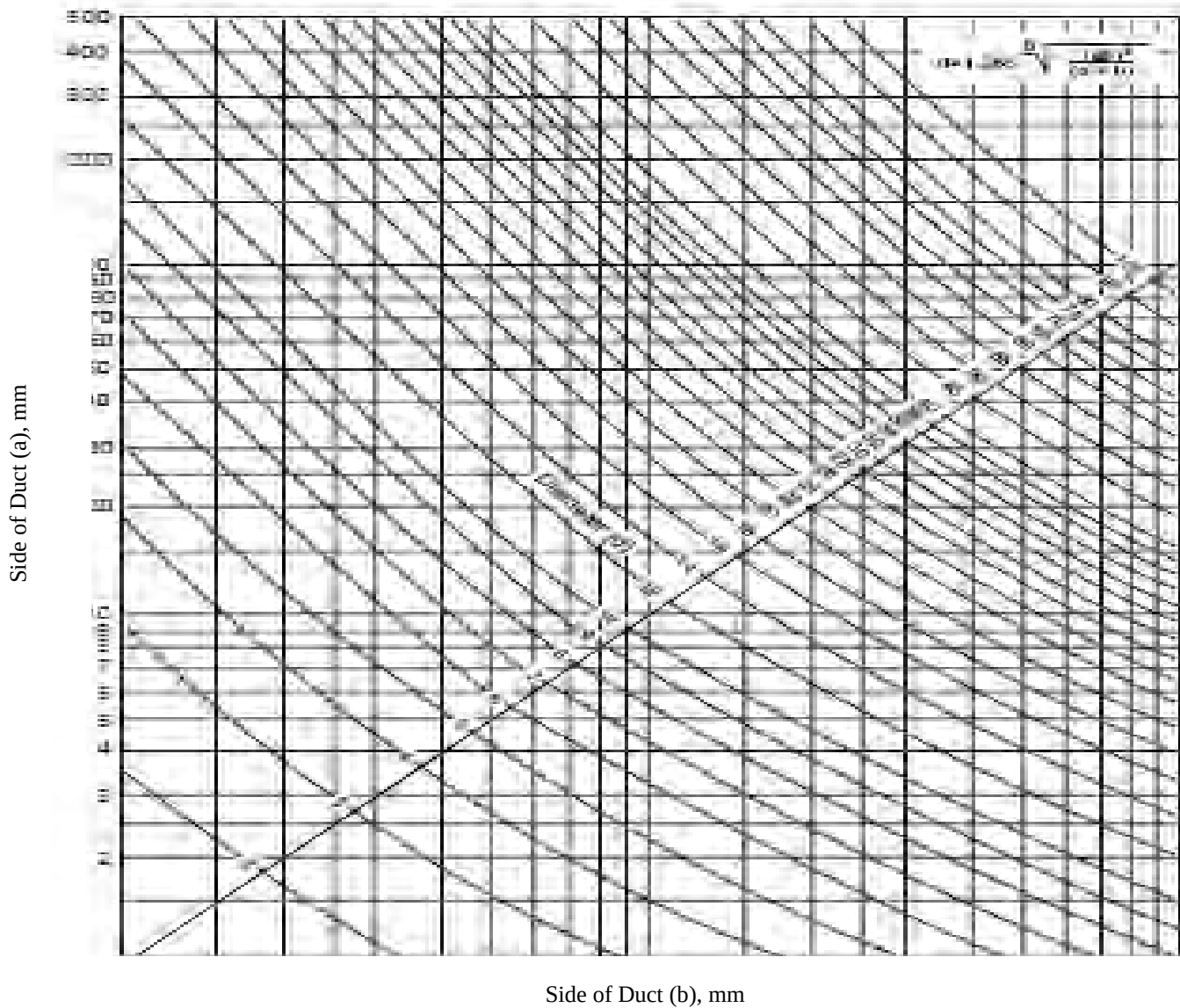
الجزء	هبوط الضغط (باسكال)
فتحة دخول الهواء او مدخل المروحة	250-10
ملفات التدفئة او التبريد	900-250
اجهزة غسل الهواء	900-500
مرشحات الهواء	1000-500
منظومة مجاري الهواء (للمجرى الدليلي)	1000-100
شبابيك توزيع و ما شابهها	500-250
موزعات الهواء من النوع المنفث	250
معدل هبوط الضغط الكلي للمروحة (اعتياديا)	4000-2500

+ مقتبس من [1]



الشكل 5-1/3: معدل هبوط ضغط الهواء في مجرى مستقيم *

* مقتبس من [1]



الشكل 5-2/3: اختيار المقطع المستطيل المكافئ للمقطع الدائري*

*مقتبس من [1]

4-5 الاغطية القلنسوية Hood

5- 1/4 تصميم الأغطية القلنسوية Hood design

يعرف الغطاء القلنسوي (Hood) بأنه مصدر الشفط في نظام الوقاية ضمن عملية تحصل في حيز محدد، ينتقل عن طريقه الهواء من البيئة المحيطة حاملاً معه الملوثات التي ولدت من العملية الى الخارج. ويمكن أن تتراوح تفاصيل الاغطية في التصميم من فتحة عادية في نهاية المجرى الى منظومة معقدة تحيط العملية برمتها. ان الدراسات السابقة والخبرة العملية تقودنا للقول إن تصميم الغطاء القلنسوي هو أهم عنصر في انجاح أو فشل أي نظام طرد.

تستعمل الاغطية القلنسوية عادة في المطابخ و الاماكن التي تتواجد فيها الأجهزة المولدة للعوادم، حيث لا يستحب ان تملأ الابخرة المتصاعدة من الافران والاجهزة فضاء الحيز. يركب غطاء الطرد فوق سطح الفرن او الجهاز بمسافة معقولة و يكون هذا الغطاء هرمي الشكل كالقلنسوة، طرفه الواسع للأسفل و يغطي الفرن او الجهاز و طرفه الاعلى ضيق و يسحب منه الهواء بمروحة تكون عادة ذات فعالية عالية. عند التصميم، يُراعى ان يزيد طول كل ضلع من اضلاع الغطاء فوق الفرن عن اضلاع الفرن او الجهاز بما يساوي ضعف ارتفاع الغطاء (س) فوق الفرن مضروباً في (0.4).

فمثلاً اذا فرضنا ان ارتفاع الغطاء (س) متر

يكون طول الغطاء (امتار) = طول الغطاء + (2س * 0.4)

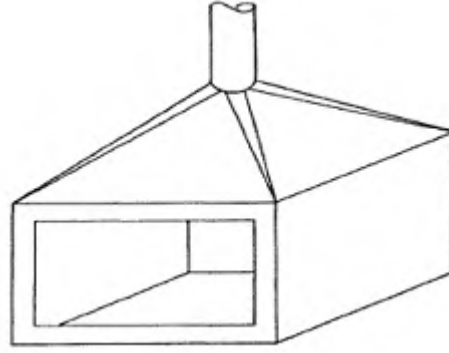
بحيث تكون الزيادة في كل اتجاه من الضلع مناسفة.

2/4-5 تصنيف أنواع الأغطية القلنسوية Classification of hood types

تصنف جميع الاغطية القلنسوية الموضعية (الموقعية) الى ثلاث فئات: الاغطية القلنسوية الداخلية، الاغطية القلنسوية الخارجية، والاطية القلنسوية المستقبلة. من المهم تحديد فئة تصنيف الغطاء لأن التصميم الذي يجب اتباعه مختلف لكل فئة. إن العنصر الرئيس في تصنيف الاغطية هو موقع الغطاء بالنسبة لمصدر توليد الملوثات. يساعد الموقع النسبي للغطاء فيما يتعلق بالمصدر على تحديد مقدار تدفق الهواء اللازم لفعالية سحب الملوثات. وسيتم مناقشة عملية التصميم لكل نوع من الاغطية في الفقرات التالية:

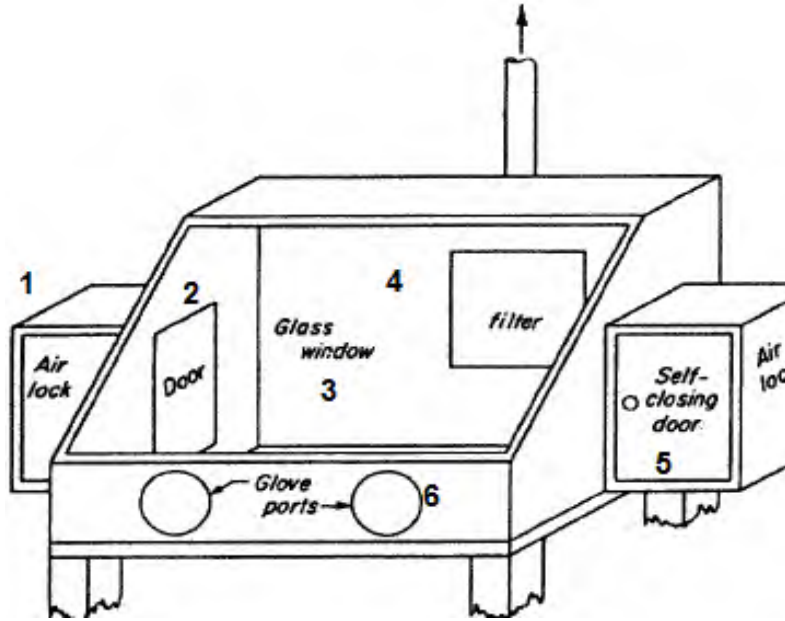
5- 1/2/4-5 الاغطية القلنسوية الداخلية Interior hoods

إذا كان الغطاء مصمماً بحيث يتم طرد ملوثات العمليات الى داخل الغطاء فانه يصنف كفضاء داخلي كما في الشكل 5-1/4. بما ان الملوثات موجودة دائماً داخل حدود الغطاء، فإن هذا النوع من الغطاء عموماً هو الأصوب من وجهة نظر مهندسي التهوية.



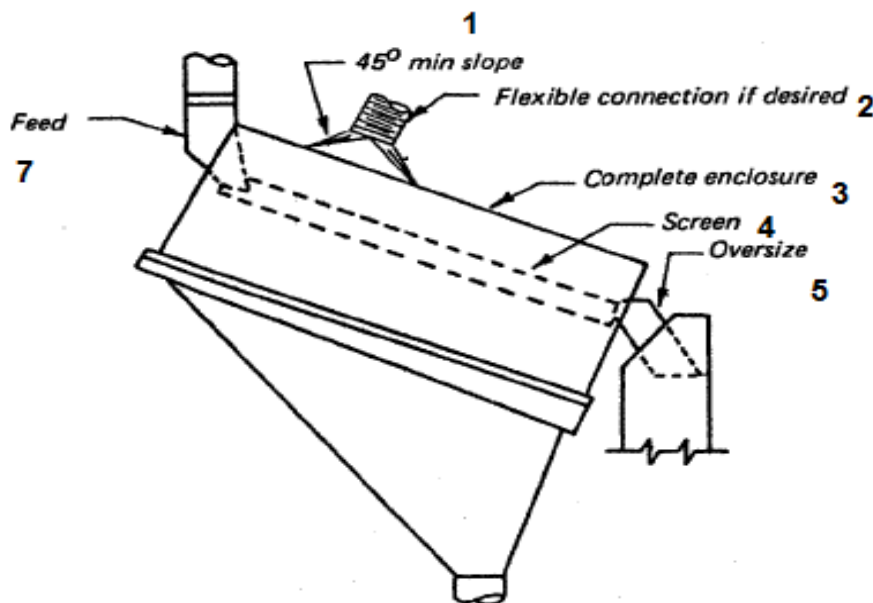
الشكل 5-1/4: غطاء الفضاء الداخلي

في هذا النوع من الغطاء، تكون السيطرة على الانبعاثات أسهل و أكثر فعالية من الاغطية القلنسوية الخارجية، حيث يتم جمع مصادر الهواء الملوث عند تولده مباشرة. يمكن كذلك أن يصنف الغطاء الداخلي اعتماداً على الشكل الخارجي (Enclosures) له كما في الشكل 5-2/4 حيث يجري العمل كلياً داخل غطاء. هذا النوع من الاغطية تتحقق به حماية أكبر للمشتغلين داخل الحيز لان إمكانية تعرضهم لملوثات الهواء في الغطاء المصمم تصميمياً جيداً في أثناء عملية عادية تكاد لا تذكر كما أنه يحافظ على الطاقة. وبما ان الانواع الثلاثة من الاغطية القلنسوية تستلزم أقل قدر من تدفق الهواء لضمان السيطرة الكافية، يتم اختيار طرح وتدفق الهواء الكافي لخلق ضغط سلبي طفيف داخل الحيز بما يؤمن عدم تسرب الهواء الملوّث منه.



1. صندوق عزل عن الجو
2. باب
3. شباك زجاجي
4. مرشح
5. باب يغلق تلقائياً
6. فتحات القفازات

الشكل 5-2/4: امثلة عن الاغطية القلنسوية الداخلية ، أ - صندوق القفاز



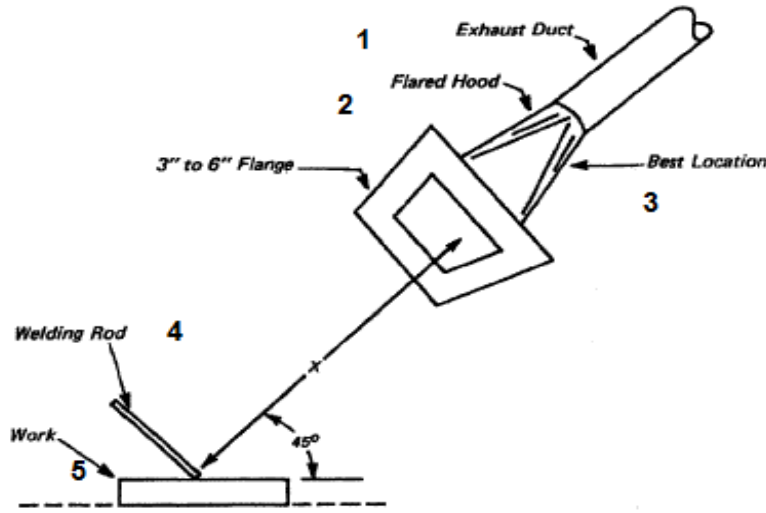
1. ميل 45 درجة
2. توصيلة مرنة عند الرغبة
3. احتواء كامل
4. مشبك
5. الاملاء
7. التغذية

الشكل 2/4-5: امثلة عن الاغطية القلنسوية الداخلية، ب- القلنسوة المسطحة

عموما، فان صناديق القفازات Glove compartment كثيرا ما يتم اللجوء الى استعمالها عند التعامل مع المواد الكيميائية شديدة السمية او الخطورة، ويتم تصميمها بمدخل هواء حتى يحافظ على تدفق الهواء بكمية قليلة مستمرة ويمكن تصفيته عند المدخل. و في مثل هذه الحالات، يكون من الضروري تهيئة نظام وقاية وتنظيف للهواء ذي فعالية عالية.

2/2/4-5 الأغطية القلنسوية الخارجية Exterior hoods

إن الفرق الأساسي بين الغطاء الداخلي و الغطاء الخارجي هو إن الأخير لا يحيط بالملوثات عند نقطة انطلاقها. ومن المعلوم أن الملوثات تتكون خارج الاغطية في المصانع و المنشآت الصناعية، والمطلوب جمعها واحتواؤها من قبل الغطاء بدلا من السماح لها بالتسرب إلى الجو العام للمصنع. إن الغطاء القلنسوي الخارجي النموذجي يشبه غطاء اللحام المحمول كما في الشكل 3/4-5 حيث يتم التقاط الملوثات عند حركة الهواء من نقطة التوليد الى الغطاء. ان حركة الهواء هذه ناجمة عن سحب الهواء من داخل مجرى مربوط بالغطاء ومن ثم الى المروحة، وهذه العملية تخلق فراغا جزئيا عند الغطاء، مما يؤدي إلى تدفق الهواء من حول الغطاء الى داخله ليحل محل الهواء الذي يتم سحبه في نظام الطرد.



1. مجرى الطرد
2. قلنسوة ملتفة
3. افضل موقع
4. قطب اللحام
5. قطعة الشغل

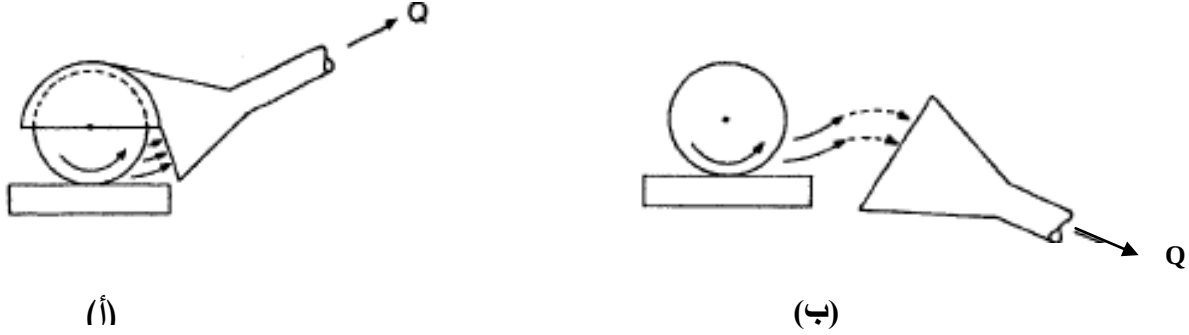
الشكل 5-3/4: غطاء اللحام المحمول

في كثير من الحالات، تتطلب احتياجات العملية استعمال اغطية خارجية التي هي بطبيعتها أقل انتشاراً من الاغطية الداخلية. فالأغطية القلنسوية عرضة للتيارات الهوائية الداخلية العشوائية التي يمكن ان تعرقل تدفق الهواء من نقطة انطلاق الملوثات الى الغطاء. عادة تكون هذه التيارات الهوائية ذات سرع لا تقل عن (0.15-0.25 م/ثا)، وهي تنشأ في كل مكان داخل موقع العمل بغض النظر عن وجود مصادر واضحة لحركة الهواء. في المنشآت الصناعية، توجد مصادر عديدة لحركة الهواء مع ظروف قاسية للغاية كتيارات عكسية قد تعطل تماماً أداء عمل الاغطية الخارجية. الغطاء الخارجي له عيوب أخرى بالإضافة إلى التيارات العكسية، فبما ان الملوثات تطلق في الهواء المحيط بالعملية الانتاجية، ومن ثم يتم سحبها، فقد يكون البشر في الطريق بين مصدر التلوث والغطاء، فيصبحون عرضة للملوثات قبل أن يتم طردها.

3/2/ 4-5 الأغطية القلنسوية المستقبلية Receiving hoods

الاجطية القلنسوية المستقبلية هي اغطية خارجية تهدف إلى الاستفادة من بعض جوانب وظروف عملية توليد الملوثات وتوظيفها في نقل الملوثات من المصدر إلى الغطاء ومن ثم طردها خارجاً. فعلى سبيل المثال: إذا كان توليد او انبعاث الملوثات في اتجاه معين فيفضل عندها وضع غطاء الطرد عند مكان تتحقق فيه الاستفادة من هذه الحركة لغرض التقاط الملوثات. ان المبادئ الاساسية لعمل الاغطية المستقبلية هي زخم الجسيمات المارة والتيارات الحرارية في عمليات معينة مثل عملية الطحن وكما مبين في الشكل 5-4/4. حيث

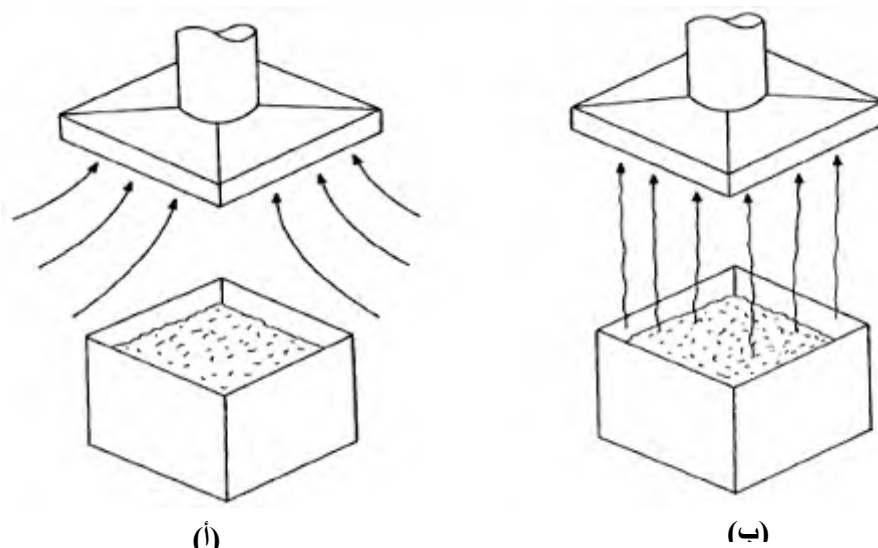
تندفع الجسيمات في الهواء مع قدر كبير من الزخم ويكون غطاء الطرد امام عجلة الطحن ومصمما لالتقاط الجسيمات عند اطلاقها وكما موضح في الشكل 4-5/أ. إذ لا يمكن وضع الغطاء المستقبل في طريق مسار الجسيمات كما في الشكل 4-5/ب، لانه من الصعوبة تحويل مسار الجسيمات وتوجيهها الى فتحة الغطاء بواسطة تحريك الهواء.



الشكل 4-5: غطاء العادم لعجلة الطحن

اما بالنسبة للتيارات الهوائية الحارة، فيمكن أن تستغل كقوة توجيه للملوثات نحو الاعلى. لذلك يمكن الاستفادة من هذه الخاصية عند استعمال هذه الاغطية بمختلف اشكالها مع عمليات توليد الحرارة مثل الاغطية المظلية الشكل كما في الشكل 5-4/5.

الغطاء في الشكل 5-4/أ، طارد لحرارة الغرفة، في حين ان الغطاء في الشكل 5-4/ب، طارد لنواتج عملية التسخين. بما أنه لا توجد قوى خارجية لتوجيه الملوثات الى غطاء العادم داخل الغرفة، لذا يعتبر هذا الغطاء هو غطاء مستقبل لالتقاط الملوثات التي تولدت في المصدر. كذلك فان عملية التسخين من ناحية أخرى، تعمل على نشوء التيار الحراري الصاعد الذي يحمل الملوثات نحو الغطاء. في هذه الحالة تعمل المظلة عمل مظلة مستقبلية .



الشكل 5-4/5: اغطية قلنسوية مستقبلية

المراجع

- [1] *ASHRAE Handbook -2009 Fundamentals Volume*. (SI). American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA 30329, 2009.
- [2] *ASHRAE Standard 62, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Analysis and Recommendation*, David S. Dougan, President, Leonard A. Damiano, V.P. Sales and Marketing, EBTRON, Inc., 2002.
- [3] *ASHRAE Handbook -2005 Fundamentals Volume*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., (SI), 2005.
- [4] *بيانات دائرة الانواء الجوية العراقية، 2010.*
- [5] *ASHRAE Handbook -2008 HVAC Systems and Equipment Volume*. (SI). American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA 30329, 2008.

الباب السادس مرشحات الهواء Air Filters

6-1 المقدمة Introduction

6-1/1 استراتيجية الترشيح The filtration strategy

يحمل الهواء معه كمية كبيرة من الجزيئات العالقة ومن ضمنها الغبار والألياف والبكتيريا والعفن والفطريات والفيروسات والدخان و يحمل معه ايضاً ملوثات غازية مثل البنزين وثنائي اوكسيد الكبريت وثنائي اوكسيد النتروجين وروائح أخرى منبعثة من عوادم السيارات. في المناطق الحضرية تكون نسبة الغبار لكل متر مكعب أكثر بعشرين ضعفاً عما هي في المناطق الريفية البعيدة، حيث يتفاوت حجم الجزيئات في الهواء الجوي من المرئية بالعين المجردة مثل الشعر والرماد إلى المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات. يمرر الهواء المار خلال وحدة التهوية على مرشحات لإزالة هذه الشوائب. وتؤدي الإزالة غير الكافية لهذه الجزيئات إلى مشاكل في نوعية الهواء الداخلي من ناحية الرداءة والأمراض. وان تجمع جزيئات الغبار على ملفات الاجهزة والمجاري الهوائية يؤدي الى تدني فعاليتها حيث تمثل سطوح مجاري الهواء المكسوة بطبقة من الغبار أرضية مناسبة للبكتيريا، كذلك يسبب وجود الغبار في الهواء الجوي الخارج من فتحة تجهيز الهواء تكوين شرائط ملوثة على السطوح المجاورة. تتضمن تعليمات الصحة والسلامة الأمريكية لعام 1996 المتعلقة بصيانة وتنظيف نظام التهوية وجوب اجراء صيانة دورية لمجاري الهواء.

من الضروري استعمال مرشحات لتنقية الهواء المجهز وكذلك لتنقية الهواء المطرود. تكون المرشحات إما من النوع متكرر الاستعمال القابل للغسل (Washable) أو غير متكرر الاستعمال، الذي يستعمل لمرة واحدة فقط ثم يرمى (Disposable). يجب مراعاة مايلي عند استعمال المرشحات:-

- تركيب مرشحات الهواء مع مراعاة سهولة الفك والتجميع وبأسلوب يسمح بمرور الهواء بشكل منتظم عبر مادة الترشيح.

- يكون مأخذ الهواء الخارجي بعيداً بدرجة كافية عن السطوح الملوثة أو أى مصدر من مصادر الأبخرة أو الروائح الكريهة.

- تركيب مشبكات حماية على مأخذ الهواء وعلى ارتفاع مناسب من سطح الأرض لحجز الحشرات ويفضل أن تتركب مصائد رمال (Sand traps) عليها في الأماكن الرملية والترابية.

6-2/1 ملوثات الهواء Air contaminants

يعتبر تلوث الهواء مصدر قلق لمهندسي التهوية الميكانيكية عندما يسبب مشاكل صحية وخاصة لشاغلي الحيز، ويحتاج ذلك الى فهم المفردات اللغوية المستعملة في أخذ عينات الهواء وطرائق تنظيف الابنية.

تصنف ملوثات الهواء عموماً الى جزيئات أو غازات. (الجزيئات المتوزعة بالهواء تعرف كذلك بالدخان). عند اختيار أسلوب وأجهزة إزالة الملوثات لابد من التمييز بين الجزيئات والغازات، على الرغم من أن حركة الجزيئات توصف بنفس المعادلات المستعملة لوصف حركة الغاز، علماً ان أصغر الجزيئات

(تقريبا 3 مايكرون) أكبر بكثير من جزيئات الغاز المفردة، وكتلتها أكبر بكثير ونسبة إنتشارها أوطأ. مقابل ذلك، فإن الجزيئات تكون موجودة بأعداد أقل بكثير من مستويات التتبع للغازات الملوثة.

6-1/2/1 الجزيئات Particulate

يغطي تصنيف الجزيئات حدوداً واسعة من مقاساتها؛ من جزيئات الغبار كبيرة الحجم بحيث تكون مرئية إلى العين (100 مايكرون) إلى الجزيئات تحت المجهرية التي يبلغ مقاسها (بضعة نانومتترات). قد تكون الجزيئات صلبة أو سائلة أو لها قلب صلب محاط بالسائل وتتواجد في الجو بنسب تتراوح بين المئات لكل سنتيمتر مكعب في البيئات الأكثر نظافة إلى الملايين في البيئات الحضرية الملوثة. توضح التصنيفات التالية للملوثات الجزيئية التقليدية الحالات المختلفة والمتداخلة، التي ما زالت تستعمل بشكل واسع.

- الغبار (Dust) والدخان (Fumes) : يكونان في الغالب جزيئات صلبة، بالرغم من أن الدخان يحتوي على جزيئات سائلة في اغلب الأحيان.
- سحب (Mists)، ضباب (Fogs)، ودخان مضرب (Smogs): هي في الغالب جزيئات سائلة معلقة أصغر مما هي عليه في الغبار والدخان.
- الدخان البيولوجي (Bioaerosols): يتضمن اساسا فيروسات سليمة ومتجزئة وبكتيريا وخلايا فطرية ومواد تسبب الحساسية. تدرج الجزيئات الشائعة والمسببة للحساسية مثل (متحسس عفن الغبار وزغب القطة، وغبار البيت، الخ...) والسموم ضمنيا في هذا الصنف.
- الملوثات الجزيئية (Particulate contaminants): تصنف هذه الملوثات بحسب حجمها، مثل الخشن أو الناعم، المرئي أو المخفي، أو المجهرية.

6-2/2/1 الغازات Gases

- يغطي الصنف الغازي الملوثات الكيميائية التي يمكن أن تتواجد كجزيئات أو دقائق ذرات حرة في الهواء. يغطي هذا الصنف فئتين ثانويتين مهمتين وهما:
- الغازات: حيث تكون الملوثات بهيئة غاز تحت الظروف المحيطة الداخلية أو الخارجية عندما تكون درجة غليانها أقل من درجة حرارة وضغط المحيط.
 - الأبخرة: حيث تكون الملوثات بهيئة صلبة أو سائلة تحت الظروف الداخلية أو الخارجية عندما تكون درجة غليانها أعلى من درجة حرارة وضغط المحيط وتتبخر بسهولة خلال عملية التبخر وتتغير السوائل إلى أبخرة وتختلط مع الجو المحيط.
- و تصنف الملوثات الهوائية أيضا طبقا لمصادرها وخواصها أو طبقا لتأثيرها على معايير الصحة والأمان التي يحتاجها الناس المتعرضين لها. لذلك يمكن أن يبنى نظام تصنيف مناسب لتجميع المعايير القابلة للتطبيق، ووضع الخطوط الرئيسية، و أساليب السيطرة.

6-2 أنواع المرشحات Types of Filters

6-2/1 أنواع عمليات الترشيح Types of filtration processes

هناك طريقتان يمكن من خلالهما ترشيح الهواء: هما الترشيح الميكانيكي والترشيح الكهروستاتي.

6-2/1/1 الترشيح الميكانيكي Mechanical filtration

يتضمن الترشيح الميكانيكي إمرار حزمة الهواء من خلال مادة مسامية تعرف بمادة المرشح، التي هي في العادة أنسجة وليف زجاجي ومواد غير محاكاة صناعية أو ورق و تثبت بواسطة إطار ساند للمرشح. تتضمن عملية الترشيح، حجز الجزيئات من خلال ثلاث آليات: الإعتراض المباشر وتأثير القصور الذاتي والإنتشار. هذه الأساليب تتضمن إما الإيقاف المباشر للجزيئات الكبيرة بالإصطدام المنفرد أو بتقليل سرعة الجزيئات الصغيرة بشكل تدريجي من خلال الإصطدامات المتعددة بالألياف المتعاقبة، عندها تفقد الجزيئات الصغيرة طاقتها وتصل الى مرحلة السكون. اضافة الى ذلك هناك أسلوب رابع مستعمل في بعض المرشحات وهو بأعطاء الألياف شحنة كهربائية في أثناء صناعتها. هذه الشحنات تجذب الغبار الى الخارج من خلال المرشحات، فيؤدي ذلك الى خفض فعالية المرشح مع الوقت بسبب فقدان الشحنة. تحتاج المرشحات الى التغيير المنتظم لذلك من الضروري صناعتها بطريقة فعالة ومؤثرة وبكلفة قليلة. يمكن تحسين فعالية درجة الترشيح للمرشحات يجعلها ذات كثافات متدرجة، حيث يكون حجم المسام في الجهة الخلفية من المرشح أصغر من تلك التي في جبهة المرشح، لضمان قدرتها على حجز مجال أوسع من الحجوم الجزيئية. تستعمل هذه الطريقة من الترشيح في تطبيقات مختلفة لأغراض التهوية والتكييف.

6-2/1/2 الترشيح الكهروستاتي Electrostatic filtration

يعمل هذا النوع من المرشحات عن طريق شحن أي جسيمات دقيقة عالقة في الهواء بشحنة كهروستاتية موجبة في أثناء مرور الهواء خلال مجال من الأيونات، ومن ثم يتم جذب هذه الجسيمات إلى مجموعة من ألواح الترسيب ذات الشحنة السالبة.

يتكون المرشح الكهروستاتي من قطاع التأيين الذي يحتوي على مجموعة من الأسلاك يمر بها تيار كهربائي مستمر ذو جهد يتراوح ما بين 6000 و 25000 فولت، وقطاع الترسيب المتكون من مجموعة من الألواح المتوازية أحدها بجهد يتراوح ما بين 4000 و 10000 فولت والثاني يتصل بالأرض. ويبلغ استهلاك الطاقة لهذا النوع من المرشحات من 12-15 واط لكل 1700 م³/ساعة من الهواء المرشح. يجب أن تنظف ألواح الترسيب يدويا أو آليا بالماء في أثناء الصيانة الدورية. ويتراوح فرق انخفاض الضغط الكلي عبر هذه المرشحات ما بين 35 الى 65 باسكال عند مرور الهواء بسرعة بين 1.5 م/ثا و 2.5 م/ثا وتصل فعالية الترشيح الابتدائية لهذا النوع من المرشحات إلى 98% عند سرعات الهواء المنخفضة (0.75 م/ثا الى 1.75 م/ثا) على وفق اختبار مواصفة ASHRAE 52.1 [1].

تقل فعالية الترشيح لهذه المرشحات كلما زاد اتساخ ألواح الترسيب أو بزيادة سرعة الهواء أو عدم انتظامها. وتعتبر المرشحات الكهروستاتية ذات فعالية جيدة في التخلص من الأبخرة والدخان. وفي أغلب

الاحيان توضع مرشحات جافة قبل وبعد المرشح الكهروستاتي وعادة تستورد هذه المرشحات كاملة مع كافة أجهزة الحماية والأمان اللازمة للتشغيل والصيانة .

2/2-6 انواع مرشحات الهواء Types of air filters

تصنف مرشحات الهواء على ضوء مقدار هبوط الضغط، وحجم جزيئات الهواء المار من خلالها وكذلك على نوع الاستعمال. يمكن الرجوع الى المعيارين الاوربيين EN779 [2] و EN1822 [3] كما موضح في الجدول 1/2-6 وكذلك المواصفتين الامريكيتين ASHRAE 52.1 [1] و ASHRAE 52.2 [4] للتعرف على تصنيف تلك المرشحات.

الجدول 1/2-6: تصنيف المرشحات بحسب المعيار الاوربي EN1822 و EN779.

تصنيف مرشحات الهواء حسب المعيار الاوربي EN779 [2]			
تصنيف المرشح	هبوط الضغط النهائي (باسكال)	معدل الاحتجاز (Am) للغبار الصناعي (%)	معدل الفعالية (Em) لجزيئات بقطر (0.4) مايكرومتر (%)
G1	250	اكثر او يساوي 50 واقل من 65	-
G2	250	اكثر او يساوي 65 واقل من 80	-
G3	250	اكثر او يساوي 80 واقل من 90	-
G4	250	اكثر او يساوي 90	-
F5	450	-	اكثر او يساوي 40 واقل من 60
F6	450	-	اكثر او يساوي 60 واقل من 80
F7	450	-	اكثر او يساوي 80 واقل من 90
F8	450	-	اكثر او يساوي 90 واقل من 95
F9	450	-	اكثر او يساوي 95
H 10	اكثر او يساوي 85	-	15
H 11	اكثر او يساوي 95	-	5
H 12	اكثر او يساوي 99.5	-	0.5
H 13	اكثر او يساوي 99.95	99.75	0.05
H 14	اكثر او يساوي 99.995	99.975	0.005
U 15	اكثر او يساوي 99.9995	99.9975	0.0005
U 16	اكثر او يساوي 99.99995	99.99975	0.00005
U 17	اكثر او يساوي 99.999995	99.999975	0.000005

1/2/2-6 المرشحات ذات الحشوة Pad filters

تستعمل المرشحات ذات الحشوة كصف أول من المرشحات لمنع الجزيئات الكبيرة من دخول منظومة التهوية. وهي عبارة عن صفيحة مستوية منفردة من مادة الحشو ومثبتة بإطار من الفولاذ او الالمنيوم خفيف الوزن الصالح للإستعمال للمرة ثانية. تستعمل هذه المرشحات كحماية لمرشحات الدرجة الأعلى والأعلى ثمنا التي تليها، وتسمى عادة باسم مرشحات المرحلة الابتدائية وتتراوح في التصنيف من (G2) إلى (G4).

2/2/2-6 المرشحات اللوحية Panel filters

تكون مادة المرشح لهذا النوع من المرشحات على شكل طيّات مثنية، حيث تزيد مساحة المرشح السطحية مقارنة مع المرشحات المستوية. يمكن ان ينزلق المرشح بسهولة إلى موقعه في إطار معدني في وحدة دافعات الهواء (Air handling unit-AHU) والشبائيك المستعملة للتهوية. هذا النوع من المرشحات يناسب وحدة دافعة الهواء حيث لا يوجد فيها عمق كاف لتركيب المرشح الكيسي (يذكر لاحقاً). وعندما يتطلب الامر تغيير المرشح، يتم ازالته طبقاً للتعليمات، بعدها يتم ادخال مرشح بديل بنفس الإسلوب. بعض مرشحات هذا النوع متوافرة كمرشحات ابتدائية (من الصنف G4) لكنها تستعمل عموماً للتصنيف F5 F8 - و كمرشح ثانوي.

3/2/2-6 المرشحات ضد الجراثيم Anti-microbial filters

وهي مرشحات لوحية ذات سطح مرشوش أو ملقح بمواد قاتلة للحياة. تصنف المواد القاتلة للحياة إلى صنفين: أحدهما موانع أو مبيدات. فالموانع ببساطة تمنع الكائنات الحية المجهرية من التكاثر في حين أن المبيدات تقتلها بالكامل. تكون هذه المرشحات فعالة ضد الكائنات الحية المجهرية مثل البكتيريا والطحالب والخمائر. تستعمل هذه المرشحات عموماً في المناطق فائقة النظافة مثل المستشفيات ومناطق تحضير الطعام. أصبح استعمال هذه المرشحات على نحو متزايد في بيئات المكاتب لتحسين نوعية الهواء الداخلي والصحة العامة وجميع درجات تصنيف المرشحات متوافرة من G2 الى F9.

4/2/2-6 المرشحات الكيسية Bag filters

المرشحات الكيسية لها مادة ترشيح على هيئة كيس يثبت في مكانه بواسطة إطار معدني أو بلاستيكي. تثبت وتربط هذه المرشحات بحيث تكون النهاية المفتوحة للكيس بمواجهة تيار الهواء القادم. كذلك تحوي هذه المرشحات على عمق كاف لزيادة المساحة السطحية اللازمة لعملية الترشيح. وكنتيجة لذلك فإن هذا النوع من المرشحات لها عمر طويل وقابلية خزن غبار عالية ومقاومة منخفضة للتيار الهوائي المار من خلالها. ولغرض تقليل خطر التدني في الاداء أو الإنهيار، فإن بعض هذه المرشحات يحتوي على فراغات تساعد الجيوب المنفردة على البقاء مفتوحة حتى في حالة مرور التيارات الهوائية المنخفضة. تتوافر هذه المرشحات عادة بدرجات من G4 الى F9. الجدول 2/2-6 يوضح فعالية المرشحات الكيسية.

5/2/2-6 المرشحات ذات الفعالية العالية High efficiency particulate air (HEPA) filters

هي أحد أنواع المرشحات الجافة غير متكررة الاستعمال (Throw-away filters) التي تكون عالية الفعالية وتستعمل كمرشحات نهائية للهواء، حيث تكون لها القدرة على حجز الأتربة الدقيقة العالقة بالهواء، ولا تقل فعالية الترشيح لها عن 99 % بإختبار DOP (Di-octyle phthalate) لحجم الجسيمات المراد حجزها. ويتراوح فرق انخفاض الضغط الابتدائي لها ما بين 125 باسكال للمرشحات الأقل فعالية و 250 باسكال للمرشحات ذات الفعالية العالية عند سرعة حوالي 1.3 م/ثا. ويتم تغيير المرشحات ذات الفعالية العالية عند تجاوز فرق الضغط خلالها القيمة القصوى المحددة والموصى بها.

تكون خلايا الترشيح عالية الفعالية مصنعة ومجموعة بالكامل في المصنع ويتم تركيبها كخلية في هيكل معدنى خاص مجهز بكافة الوسائل اللازمة لمنع تسرب الهواء تماما من حولها عند ظروف التشغيل. تستعمل هذه المرشحات عادة في غرف العمليات الجراحية في المستشفيات وبعض المناطق في معامل الأمصال ومصانع الأدوية وبعض غرف العناية الفائقة وما شابه ذلك من التطبيقات التى تتطلب نوعية هواء ذي درجة عالية من النقاوة وتكون فعاليتها ومواصفاتها وفقا لمتطلبات المشروع. وتركب هذه المرشحات فى آخر جزء من مجرى دافعات الهواء للأماكن المكيفة.

من الضروري إمرار الهواء على مرشحات ابتدائية كيسية قبل مروره على هذه المرشحات وذلك للمحافظة عليها من الاتساخ ولزيادة مدة استعمالها. كذلك يجب تركيب مانومتر لقياس فرق الضغط عبر المرشح مع توصليه بوسيلة إنذار مناسبة للتنبيه بضرورة تغيير المرشح عندما تصل مقاومة المرشح الى الحدود القصوى له والموصى بها.

6/2/2-6 مرشحات الكربون المنشط Activated carbon filters

يستعمل هذا النوع من المرشحات لإمتصاص الغازات والروائح غير المرغوب فيها والأبخرة الضارة من الهواء. ويعتبر الكربون المسامى النشط أهم مادة مستعملة لهذا الغرض، اضافة لبعض المركبات الكيماوية الحديثة التى قد تستعمل لهذا الغرض.

تتوقف مدة خدمة المرشح الكربونى على تركيز الروائح الموجودة والمارة مع الهواء من خلال المرشح وتتغير طبقاً لظروف التشغيل. ويستعمل مرشح ابتدائى ذو فعالية وزنية لا تقل عن 65% قبل المرشح للمحافظة على فعاليتها وزيادة عمره التشغيلي. لا يستعمل المرشح الكربونى عند درجات حرارة تتجاوز 50°م مئوية ورطوبة نسبية تتجاوز 80%، كما يجب أن لا يتجاوز فرق انخفاض الضغط عبر المرشح الكربونى 250 باسكال عند سرعة وجهية للهواء 1.5 م/ثا. وهناك أنواع من الكربون المنشط يصلح لإمتصاص أبخرة الكبريت والنتروجين ومركبات الكلور.

الجدول 6-2/2: فعالية المرشحات الكيسية وذات الجسيمات الدقيقة⁺

نوع وسط المرشح	الفعالية الوزنية وفقا لاختبار ASHRAE 52.1 %	الفعالية ببقع الغبار الجوى وفقا لاختبار معدل التغيير فى اللون لعينة قياسية %
حصيرة من الخلايا الرغوية الدقيقة أو الألياف غير المنسوجة	80-70	30-15
حصيرة رقيقة شبه ورقية من الألياف الزجاجية أو السليلوزية	90-80	35-20
حصائر متعددة الطبقات من الألياف الزجاجية أو السليلوزية	90-85	40-25
حصائر من الألياف قطر 5-10 ميكرون سمك 6 إلى 12 ملم	95-90	60-40
حصائر الألياف قطر 3-5 ميكرون سمك 6 إلى 20 ملم	أكبر من 95	80-60
حصائر من الألياف المختلفة قطر 1-4 ميكرون	أكبر من 95	90-80
حصائر من الألياف (عادة الزجاجية): قطر 0.5-2.0 ميكرون	-	98-90
أقل من 1 ميكرون (المرشحات الدقيقة HEPA filters)	-	-
مرشح غشائي (أغشية مصنعة من السليلوز أو النايلون وما شابه ذات فجوات قطرها 1ميكرون أو أقل)	-	-

+ مقتبس من [1].

اضافة الى الانواع المذكورة آنفاً، هنالك وحدات الاشعاع فوق البنفسجي (Ultra violet units) التي تستعمل لقتل الجراثيم خاصة في المستشفيات ومراكز الرعاية الصحية والاماكن الخاصة الأخرى. وهناك انواع جديدة من المرشحات التي تحتوي على اضاءة لوحدة اشعاع فوق البنفسجية قد بدأت تظهر للإستعمال في مجاري الهواء في انظمة التهوية وتكييف الهواء المنصوبة ضمن المناطق المخفية والمظلمة التي تساعد على نمو العفن والفطريات اكثر من تلك المعرضة لضوء الشمس المباشر. لذلك اصبحت لهذه الوحدات تطبيقات واسعة في مجال تصفية مياه الشرب.

3-6 عوامل اختيار مرشحات الهواء Parameters of Filters Selection

1/3-6 اختيار مرشح الهواء Filter selection

ان تطبيق واستعمال مرشح الهواء شيء بسيط نسبيا مقارنة باستعمالات الاجهزة ولكن مايزال لغزا بعض الشيء، مع وجود الكثير من الأخطاء غير المعروفة التي تحدث. بعض من هذه الاخطاء تم توضيحها من خلال جهود جمعية ترشيح الهواء الوطنية(الامريكية).

ان إختيار مرشح الهواء يجب أن يتضمن المعايير التي تمنع الضرر الكامل للأجهزة الميكانيكية، وتسمح للمرشح بامساك الجزيئات الصغيرة لتحسين نوعية الهواء الداخلية. إضافة الى المرشحات القياسية، توجد ايضا المرشحات المستقلة والمرشحات الملقحة بالكربون، والمرشحات ذات طلاءات قاتلة للجراثيم ووحدات الاضاءة فوق البنفسجية (UV). الجدول 6-1/3 يبين معايير اختيار مرشحات الهواء للتطبيقات المختلفة. ان المرشحات الابتدائية عموما سهلة التغيير ورخيصة الثمن، وتحجز كمية هامة من الكتلة الجزيئية في الهواء وبذلك ستطيل حياة المرشحات الرئيسة الأعلى ثمنا. الجدول 6-2/3 يوضح محددات القيم المقررة للفعالية الدنيا.

2/3-6 فعالية مرشح الهواء Filter efficiency

يقدر مقدار التغطية بالغبار لمرشحات الهواء بين 35% و 80% أو القيم المقررة للفعالية الدنيا (MERV) (Minimum Efficiency Reporting Value) التي تقع بين (8 و 13). ان استعمال مرشحات هواء ذات تغطية اعلى يعطي أفضل حماية للأجهزة والشاغلين، والمتوقع ان حصول زيادة 30% في الضغط الاستاتي عبر الملف ستؤدي إلى زيادة الكلفة ولا يتضمن ذلك الكلفة الإضافية لتنظيف ملفات التدفئة أو التبريد الوسخة وأوعية التصريف ومجاري الهواء. لذلك يجب ان يفترض المصمم قيم فعالية منخفضة لكل مرشح من المرشحات الابتدائية الموجودة في المجرى قبل المرشحات الرئيسة وبحدود (10%).

1/2/3-6 هبوط الضغط Pressure drop

ان تصميم مرشح الهواء بمساحة سطحية اكبر في أنظمة التهوية له فائدتان: الاولى تقليل عدد مرات تغيير المرشح خلال السنة، وذلك يؤدي الى تقليل كلفة العمل لصيانة المرشحات بشكل صحيح. والثانية التقليل في خسارة الضغط الاستاتي الذي يؤدي الى تقليل كمية الطاقة اللازمة لتشغيل المراوح ودافعات الهواء. ان الطريقة الأكثر فاعلية لتقليل هبوط الضغط تكون من خلال تصميم مرشحات بمساحة سطحية اكبر في نظام الترشيح. ويمكن الحصول على ذلك من خلال مواصفات المرشح المزود بأكبر مساحة سطحية، مثل المرشحات اللوحية أو الكيسية او زيادة في المساحة عن طريق تغيير شكل المرشح مع مراعاة شكل المجاري الهوائية. فعلى سبيل المثال، يمكن ان يحل المرشح على شكل حرف (V) بدلا من الشكل الذي يكون مستويا وعموديا على مجرى الهواء.

الجدول 6-1/3: معايير اختيار مرشحات الهواء للتطبيقات المختلفة⁺

التطبيقات	حدود حجوم الدقائق (مايكرون)	المعايير الاوربية EN779 & EN1822	المعايير الامريكية					القيم المقررة للفعالية الدنيا (MERV)
			ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]			
			الاختبار		حدود حجوم الدقائق			
		تصنيف الفعالية الاوربي	اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)	1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)	
ابنية سكنية (الغبار وغبار الطلع والقمل)	اكثر من 10	G1,G2	اقل من 20%	اقل من 65%	-	-	اقل من 20%	1
			اقل من 20%	65-70%	-	-	اقل من 20%	2
			اقل من 20%	70-75%	-	-	اقل من 20%	3
			اقل من 20%	اكثر من 75%	-	-	اقل من 20%	4
منشآت صناعية (الغبار والعفن)	10 - 3	G3	اقل من 20%	80-85%	-	-	20-35%	5
		G4,F5	اقل من 20%	اكثر من 90%	-	-	35-50%	6
			20-25%	اكثر من 90%	-	-	50-70%	7
			25-30%	اكثر من 95%	-	-	اكثر من 70%	8

تتمة الجدول 6-1/3

التطبيقات	حدود حجوم الدقائق (مايكرون)	المعايير الاوربية	المعايير الامريكية					
		EN779 & EN1822	ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]			
		الاختبار	حدود حجوم الدقائق			القيم المقررة للفعالية الدنيا (MERV)		
		تصنيف الفعالية الاوربي	اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)		1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)
منشآت صناعية (بكتريا الليجيونيلا والغبار)	3 – 1	F5	45-40%	اكثر من 95%	–	اقل من 50%	اكثر من 85%	9
		F5,F6	55-50%	اكثر من 95%	–	50- 65%	اكثر من 85%	
		F6	65-60%	اكثر من 98%	–	85-60%	اكثر من 85%	10
		F6	75-70%	اكثر من 98%	–	اكثر من 80%	اكثر من 90%	11
مستشفيات (الدخان و البكتريا)	1 – 0.3	F6,F7	90-80%	اكثر من 98%	اقل من 75%	اكثر من 90%	اكثر من 90%	12
		F7,F8	95-90%	اكثر من 98%	85-75%	اكثر من 90%	اكثر من 90%	13
		F8,F9	95-90%	اكثر من 98%	95-85%	اكثر من 90%	اكثر من 90%	14
		H10, H11	اكثر من 95%	اكثر من 98%	اكثر من 95%	اكثر من 95%	اكثر من 95%	15

تتمة الجدول 6-1/3

التطبيقات	حدود حجوم الدقائق (مايكرون)	المعايير الاوربية EN779 & EN1822	المعايير الامريكية					
			ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]			
			الاختبار		حدود حجوم الدقائق			القيم المقررة للفعالية الدنيا (MERV)
		تصنيف الفعالية الاوربي	اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)	1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)	
الغرف النظيفة و غرف الجراحة (ملوثات كيميائية و بايولوجية و الفايروسات	اقل من 0.3	U13, U14	-	-	اكثر من او تساوي %99.97	-	-	16
		U15	-	-	اكثر من او تساوي %99.99	-	-	17
		-	-	-	اكثر من او تساوي %99.999	-	-	18
		-	-	-	اكثر من او تساوي 99.9999 %	-	-	19

+ مقتبس من [1] ، [4]

الجدول 6-2/3: محددات القيم المقررة للفعالية الدنيا⁺

هبوط الضغط (Pa)	معدل المسك (%) بحسب طريقة مواصفة ASHRAE 52.1	فعالية المتوسط الحسابي للدقائق المركبة، (%) ضمن مجال حجوم، مايكرون			القيم المقررة للفعالية الدنيا (MERV)
		3 الى 10	1 الى 3	0.3 الى 1	
75	اقل من 65	اقل من 20	–	–	1
75	70-65	اقل من 20	–	–	2
75	75-70	اقل من 20	–	–	3
75	اكثر من او تساوي 75	اقل من 20	–	–	4
150	–	35-20	–	–	5
150	–	50-35	–	–	6
150	–	70-50	–	–	7
150	–	اكثر من او تساوي 70	–	–	8
250	–	اكثر من او تساوي 85	اقل من 50	–	9
250	–	اكثر من او تساوي 85	65-50	–	10
250	–	اكثر من او تساوي 85	80-65	–	11
250	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 80	–	12
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	اقل من 75	13
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	85-75	14
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	اقل من 75	15
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	اقل من 75	16
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	85-75	17
350	–	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	95-85	18
350	–	اكثر من او تساوي 95	اكثر من او تساوي 95	اكثر من او تساوي 95	19

+ مقتبس من [1]

6-2/2/3 مراقبة الضغط Pressure monitoring

يمكن مراقبة عمل المرشح من خلال تركيب مقياس بسيط لقياس الفرق في الضغط عبر كل صفوف المرشحات، مما يساعد العاملين على التعرف والتخمين سواء كان المرشح جاهزاً للتبديل ام لا. ويكون المقياس بمدى (صفر - 2.5) سم عمود ماء. إن التعرف الدقيق على طبيعة المرشح يساعد في تخفيض الكلفة والمحافظة على البيئة والاستفادة من العمر التشغيلي للمرشح. من الضروري ان يكون المقياس مرئياً بسهولة وفي موقع يسهل الوصول اليه.

6-3/2/3 تنظيف الهواء من الملوثات الغازية Air cleaning for gases contaminants

إن أكثر الوسائل فاعلية لتقليل تعرّض الشاغلين إلى الغازات هو بالتحكم والسيطرة على مصادر التلوث المحتملة ومن خلال تهئية المرشحات الخاصة لإزالة الغازات والملوثات العضوية من هواء التهوية؛ وبسبب الكلفة ومتطلبات الصيانة العالية فان هذه الانظمة لا تستعمل عموماً في البنايات أو المدارس ذات الاشغال الطبيعي، ويمكن استعمال فحم الخشب المنشط في المرشحات لإزالة الملوثات الغازية او لتخفيض الملوثات العضوية المتطايرة في هواء التهوية لبيئات المكاتب. من الضروري اجراء الصيانة الدورية على المرشحات الغازية (باستبدالها أو تنظيفها) لكي يتمكن النظام من مواصلة العمل بفعالية.

6-4/2/3 منظفات الهواء Air cleaners

ان أنظمة التنظيف هي مجاميع مختلفة من أجهزة يمكن ان تستعمل لإزالة الدقائق أو الغازات من أنظمة الطرد الصناعية. من المعتاد ان أنظمة التنظيف تستعمل السوائل لتنظيف التيارات الغازية من الملوثات غير المرغوب فيها. بدأ استعمال مصطلح التنظيف مؤخراً للتعبير عن أنظمة حقن كاشف وجاف إلى حزمة الطرد الملوثة لغرض تنظيفها من الغازات الحامضية. تعتبر المنظفات إحدى الأجهزة الابتدائية التي تسيطر على انبعاث الغازات وخصوصاً الغازات الحامضية. وبشكل عام توجد منظومتان للتنظيف وكما يلي:

• منظومة التنظيف الرطب Wet cleaning system

يستعمل مصطلح "التنظيف الرطب" للتعبير عن وصف الأجهزة التي تستعين بالسوائل لإزالة الملوثات. في هذه المنظومة، يرغم الغاز الملوث على التماس مع السائل إما بطريقة رش السائل على الغاز أو إرغام الغاز على المرور عبر بركة من السائل أو بأية طريقة تماس أخرى. ان طريقة التصميم لأي جهاز سيطرة على ملوثات الهواء تعتمد على ظروف المعالجة الصناعية وطبيعة ملوثات الهواء وخصائص الغازات المطرودة والغبار المتضمن. ويمكن تصميم منظومة التنظيف الرطب لجمع الدقائق أو ملوثات الغازات بأن تعمل على إزالة الدقائق بإمسакها على شكل قطرات سائلة ويزيل الغازات الملوثة بإذابتها في السائل. ان القطرات المتواجدة في التيار الغازي يجب ان تفصل من حزمة الطرد النظيفة بواسطة جهاز اخر يسمى مزيل الرذاذ (Mist eliminator)، كذلك يجب معالجة السائل الناتج قبل إعادة استعماله أو طرحه الى الخارج.

تتناسب قابلية منظومة التنظيف الرطب في جمع الدقائق الصغيرة مباشرة مع الطاقة المستعملة في المنظومة. حيث تجمع أبراج التنظيف بواسطة الرش (التي تستهلك طاقة منخفضة) الدقائق التي لا تزيد عن 5 مايكرون، وللحصول على فعالية عالية لإزالة دقائق بقياس 1 مايكرون (أو أقل) يتطلب الأمر استعمال أجهزة ذات طاقة عالية مثل جهاز فنجوري أو أجهزة مقوية مثل منظفات التكثيف. بالإضافة إلى ذلك فإن مزيل الرذاذ المصمم تصميمًا جيدًا مهم في الحصول على فعالية عالية.

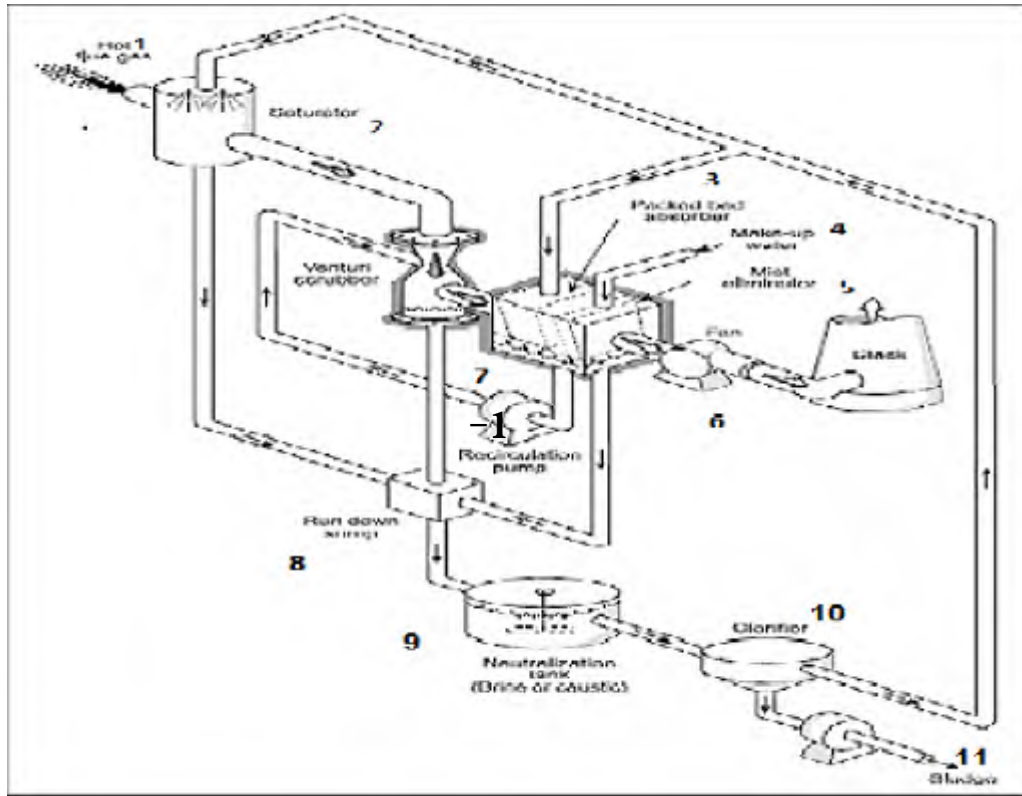
إن منظومة التنظيف الرطب التي تزيل الغازات الملوثة تعرف بالمتنصة (Absorber). التماس الجيد بين الغازات والسائل مهم للحصول على فعالية عالية في المتنصة. إن أكثر أنواع التصميم للمنظفات الرطبة التي تستعمل لإزالة الملوثات الغازية هي الأبراج المجمع (Packed towers) والأبراج الصفائحية (Plate towers).

إن المنظفات الرطبة هي واحدة من أهم المنظفات التي تستطيع وبفعالية عالية إزالة كل من الدقائق والغازات من الملوثات.

تتألف منظومة التنظيف الرطب عادة من الأجزاء التالية:

- نظام مروحة ومجرى
- حجرة الإشباع (اختيارية)
- خزان التنظيف
- مزيل الرذاذ
- مضخة (نظام إعادة الدورة)
- نظام معالجة أو إعادة استعمال للسائل المنظف
- مدخنة الطرد

يوضح الشكل 6-1/3 منظومة تنظيف رطب مثالية. حيث يدخل الغاز الساخن ويتم تبريده ثم يضاف إليه البخار قبل دخوله منطقة التنظيف، وبعد ذلك تتولى حجرة الإشباع إزالة نسبة صغيرة من الجسيمات العالقة في الغاز الساخن، ثم يدخل الغاز إلى منظف فنجوري حيث يزال نصف كمية الدقائق العالقة في الغاز. وخلال وجود الغاز في الفنجوري يكون قد تخلص من 95% من الدقائق العالقة فيه. بعد ذلك يمر الغاز عبر منظف ثانٍ آخر حيث يتم إزالة المتبقي من الدقائق عن طريق مزيل الرذاذ. تقوم مضخة التدوير بإعادة بعض من سائل التنظيف المستعمل إلى منظف الفنجوري الذي يتم إعادته إلى منظومة المعالجة وكذلك يدور السائل المعالج المنظف والباقي يحول إلى نظام المعالجة. أما المرواح ونظام المجاري الهوائية فتقوم بتحريك الغاز عبر المنظومة ثم تدفعه إلى المدخنة لطرده إلى الخارج.



1- الغاز الساخن، 2- حجرة الاشباع، 3- الصندوق الممتص، 4- الماء التعويضي،
5- مزيل التضبب، 6- مروحة، 7- مضخة تدوير، 8- فتحة التصريف، 9- خزان
التعادل، 10- مروق، 11- الملوثات التي تم حجزها.

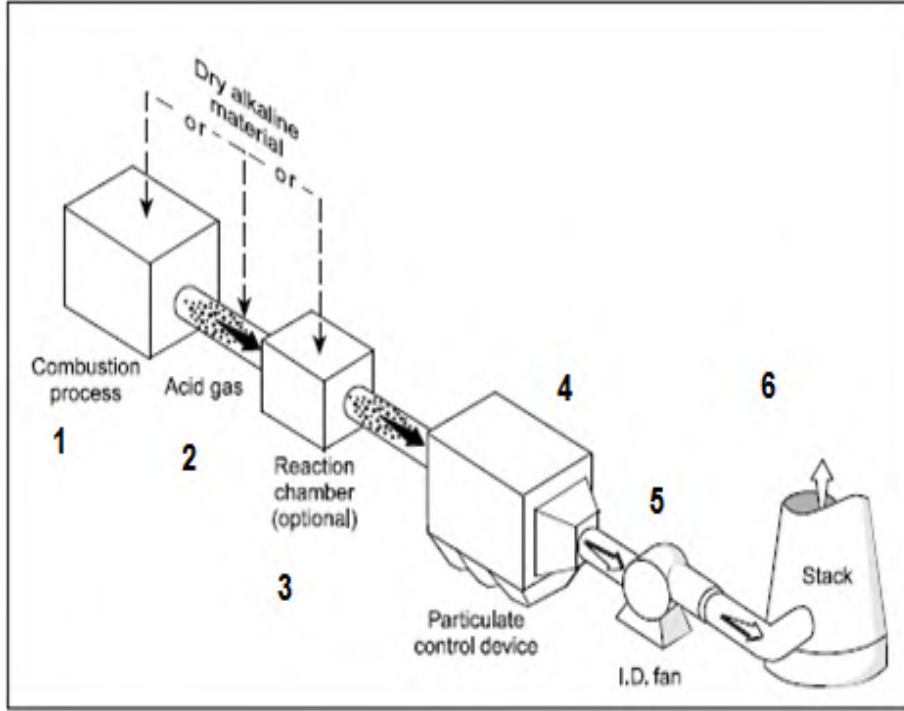
الشكل 6-1/3: منظومة التنظيف الرطب

• منظومة التنظيف الجاف Dry cleaning system

بخلاف منظومة التنظيف الرطب، فان منظومة التنظيف الجاف او شبه الجاف لا تقوم باشباع حزمة الغاز المعالج بالرطوبة وانما بامتصاص الغاز والسيطرة على الدقائق لاجل ازالتها. في بعض الحالات لا تضاف أية رطوبة وفي بعض التصاميم تضاف فقط كمية من الرطوبة التي يمكن تبخيرها من الغاز بدون تكثيف. تستعمل منظومة التنظيف الجاف لازالة الغازات الحامضية مثل (HCL و SO_2) من مصادر الاحتراق. توجد مجموعة متنوعة من التصاميم لمنظومات التنظيف الجاف وتحوي على جزأين مهمين:

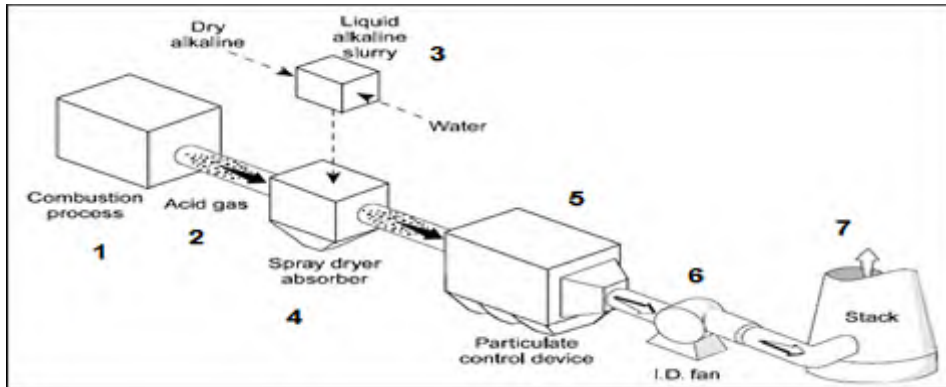
1. جهاز تجهيز الغاز الماص للحامضية في المنظومة
2. جهاز سيطرة على الدقائق لازالة نواتج التفاعلات .

تصنف منظومات التنظيف الجاف الى اثنتين هما: منظومة الحقن الجاف الماص Dry sorbent (DSI) injection ومنظومة الرذاذ الجاف الماص (SDA) Spray dryer absorber، وكما موضح في الشكلين 2/3-6 و 3/3-6.



1- عملية الاحتراق، 2- غاز حامضي، 3- حجرة التفاعل، 4- جهاز السيطرة على الدقائق، 5- مروحة، 6- مدخنة

الشكل 2/3-6: منظومة الحقن الجاف الماص



1- عملية الاحتراق، 2- غاز حامضي، 3- سائل طيني قاعدي، 4- رشاش ناشف ماص، 5- جهاز السيطرة على الدقائق، 6- مروحة، 7- مدخنة

الشكل 3/3-6: منظومة الرذاذ الجاف الماص

أ- منظومة الحقن الجاف الماص Dry sorbent injection

في هذه المنظومة، تضاف عادة مادة قاعدية مثل المستحلب الكلسي (Liquid alkaline slurry) الى مجرى الغاز ليتفاعل مع الغازات الحامضية. يمكن اضافة المادة مباشرة عند عدة مواقع وهي:

1. عملية الاحتراق

2. مجرى الغاز (قبل جهاز السيطرة على الدقائق)

3. حجرة التفاعل المفتوح (ان وجدت).

تتفاعل الغازات الحامضية المضرة مع المادة القاعدية لتكوين املاح صلبة حيث تزال من قبل جهاز السيطرة على الدقائق. وتكون قابلية هذه المنظومات محدودة في ازالة الغازات الحامضية (HCL و SO_2) وذات فعالية واطئة.

يمكن زيادة الفعالية التراكمية لهذه المنظومة من خلال زيادة رطوبة الغاز باستعمال رذاذ الماء. تستعمل هذه الاجهزة مع محارق المواد الطبية. والشكل 6-2/3 يبين تفاصيل مكونات هذه المنظومة.

ب- منظومة الرذاذ الجاف الماص Spray dryer absorber

في هذه المنظومة، يتم ادخال الغاز الى برج ماص (مجفف) حيث يحصل تماس بين الغاز ومادة قاعدية لامتناهات الحوامض من قبل المزيج القاعدي وتنتج من التفاعل املاح صلبة تزال من قبل اجهزة السيطرة على الدقائق. تستعمل حرارة الغاز الناتج من الاحتراق لتبخير قطرات الماء العالقة تاركة غاز مشبع يخرج من البرج. وتصل فعالية هذه المنظومة الى (80%) في ازالة الغازات الحامضية. تستعمل هذه الاجهزة في المنشآت الصناعية وكما مبين في الشكل 6-3/3.

6-3/3 طرائق اختبار المفاضلة لمرشحات الهواء Filter testing methods for rating

طورت طرائق لإختبار مرشحات الهواء في عدة مجالات منها صناعة التدفئة وتكييف الهواء والسيارات والطاقة الذرية، والوكالات الحكومية والعسكرية من قبل المعهد الوطني الامريكي للمواصفات والتقنية، (National Institute of Standards and Technology-NIST) ومعهد مرشح الهواء الامريكي (American Filter Institute-AFI). و قد اتفق المعهدان على طريقة لإجراء إختبار موحد هي المواصفة 52 ASHRAE 1968 التي تم تحديثها بحسب 52-1 ASHRAE 1992. ان الطريقتين المعتمدتين في اختبار مرشحات الهواء هما:

• إختبار المسك (الاحتجاز) Arrestance test

يمثل اختبار المسك بيان قدرة المرشح على إزالة جزيئات الغبار الجوية الأكبر حجماً مع الإشارة الى أداء المرشح في إزالة الجزيئات الأصغر. في هذا الاختبار، يتم تغذية كمية محددة من غبار الإختبار المحضر إلى وحدة الإختبار بمعدل معروف ومسيطر عليه. حيث يحسب تركيز الغبار في الهواء الذي يخرج من المرشح عند امرار كامل التيار الهوائي خلال المرشح ومن خلال قياس الزيادة في كتلة المرشح.

• اختبار فعالية بقعة الغبار الجوي Atmospheric dust-spot efficiency test

يمثل هذا الاختبار مقدار تغير شدة الضوء النافذ عبر مادة المرشح حيث يمكن حساب فعالية المرشح من خلال قياس التغير في شدة الضوء المنقول خلال المرشح. ان احدى الخواص المرفوضة في جزيئات الغبار الدقيقة والمحمولة جوا هي قدرتها على تلويث الجدران والسطوح الداخلية الأخرى. ولمحاكاة تأثير هذه الجزيئات يستعمل في هذا الاختبار معيار تغير لون ورق الترشيح الأبيض.

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 52.1 - 1992.
- [2] European Standard EN 779, 2002.
- [3] European Standard EN 1822, 2009.
- [4] ASHRAE Standard 52.2 - 1999.

الباب السابع النصب والاختبار والصيانة Installation ,Testing and Maintenance

1-7 النصب Installation

1/1-7 نصب منظومة التهوية Ventilation system installation

1/1/1-7 ارشادات نصب المراوح Fans installation guideline

2/1/1-7 نصب المروحة Fan installation

يجب اجراء فحص دقيق للأجهزة المساعدة للمروحة والاهتمام الخاص بها عند النصب وكما يلي:

1. ان يكون تغليف الشحنة (المواد المرسله) (Shipment package) كاملا و سليما من جميع النواحي.
2. ان تشمل تلك الشحنة تعليمات كاملة واضحة للتجميع والنصب. اذا كانت المروحة قد تم شحنها كليا أو جزئيا (مفككة) فتكون من مسؤولية الشركة المصنعة تجهيز التعليمات اللازمة.
3. ان لا يكون هناك ضرر مادي في أثناء الشحن أو بسبب الإهمال في التصنيع، خاصة إذا كان للمروحة طلاء خاص للحماية حيث لايمكن اصلاح تلك الطلاءات على نحو مرض.

3/1/1-7 المناولة والتخزين Handling and storage

من الضروري بذل العناية اللازمة عند رفع المروحة بواسطة آلة الرفع حيث تستعمل فرشاة لمنع الضغط على جانبي الغلاف أو القاعدة، لان الأجزاء المعدنية للمراوح غير مصممة لتحمل قوى، وقد تسبب السرعة والاهمال عدم استقامة المحامل وتعطي تركيبا سيئا. في حالة خزن المروحة داخل المخزن فمن الضروري تغطية فتحات المداخل والمخارج للمراوح لمنع دخول مواد غريبة الى داخل المروحة. اما في حالة خزن المروحة خارج المخزن، فتغطي المروحة تماما ويطلّى القضيب المكشوف بطلاء وقائي او بشحوم ثقيلة، وعادة يتم تشحيم و تزييت المحامل الكروية في المصنع، لذلك يفضل تدوير العجلة يدويا.

4/1/1-7 القواعد والتركيب Foundations and mounting

1. يجب صب خرسانة بسمك مناسب وكاف لتقليل انتقال الاهتزاز الى المبنى لغرض تهيئة أساس صلب وثقيل ومستوي للمروحة وبقية عناصر المنظومة. و عموما القاعدة المقبولة الناتجة عن خبرة عملية، هي أن يكون وزن الأساس على الأقل ثلاث مرات بقدر الوزن الكلي لمحرك المروحة ومكوناتها.
2. استعمال مسامير على شكل L او T، تحيط بها أنابيب أو صفيحة معدنية كبيرة وبما يكفي للسماح باجراء بعض التعديل.
3. عند تقدير طول المسامير اللولبية (البراغي)، يترك سماح بمقدار (2.5 سم) لمواد التغليف زائدا سمك قاعدة المروحة وحلقات الاحكام (الواشرات) والصامولات.
4. يستعمل الفولاذ كاساس للقاعدة عند الضرورة، حيث يكون صلباً بما فيه الكفاية ومستويًا للحصول على استقامة دائمة للمروحة، ويصمم ليعطي ادنى مستوى للانحراف ليس فقط في وزن الآلات بل كذلك للأحمال التي

تفرضها القوى النابذة التي تسببها عناصر الطرد المركزي.

5. يكون تثبيت المروحة على القاعدة اما عن طريق اللحام او باستعمال المسامير اللولبية (البراغي).

6. عند تثبيت المروحة فوق الطابق الارضي، فمن الضروري وضعها فوق جدار أو عمود ثابت وصلد. وعند تثبيتها على منصة، فيجب ان تكون قوية ومستوية.

5/1/1-7 الفحص ما قبل التشغيل Prestart check

1. التأكد بالنظر من خلو غلاف المروحة من جميع الاجسام الغريبة وبقايا مواد التثبيت و الشحن.

2. فحص وشد جميع المثبتات مع إعطاء اهتمام خاص لبراغي الأساس وبراغي التحميل وبراغي المحرك.

3. التحقق من المحاذاة والاستقامة للمحامل والتأكد من انها مشحمة بصورة صحيحة. تفحص الاضافات المساعدة مثل مياه التبريد وتبريد الهواء، أو نظم تدوير الزيت لتأمين حسن سير العمل وعدم وجود تسريبات.

4. يجب التأكد إذا كانت توصيلة الربط (Coupling) من النوع الذي يتطلب التشحيم. وكذلك التأكد بان الاستقامة (Alignment) دقيقة بقدر الامكان مع الواجه المتوازية.

5. يجب التأكد من أن دولا ب المروحة يدور بصورة صحيحة بالنسبة للغلاف، والاتجاه الصحيح دائما مؤشر على السطح الخارجي للغلاف وليس بالضرورة على الدولا ب. إذا كان هناك أدنى شك، يتم التحقق بالاستفسار من الشركة المصنعة. وعند التأكد من الاتجاه يؤشر ذلك باستعمال قلم تأشير من السهولة رؤيته وغير قابل للمسح. يقترح تثبيت سهم معدني للدلالة على اتجاه الدوران بصورة دائمة على الغلاف.

عند شد البراغي الثنائية للدولا ب، يتم أولا، شد الاول الذي قبل الـ keyway (بالنسبة لاتجاه الدوران)، ثم شد الثاني الذي بعد الـ keyway ثم القيام بتدوير العجلة ببطء يدويا للتأكد من دورانها بحرية من دون تعثر أو تماس الغلاف. تثبت السماحية بين العجل ومدخل المخروط وفقا لتعليمات الشركة الصانعة للمروحة. قد تختلف السماحية اختلافا كبيرا تبعا لنوع وحجم المروحة لكن يجب ألا تكون كبيرة جدا بحيث يؤثر الشد على أداء المروحة. و عند استعمال المروحة في درجات الحرارة العالية، تكون السماحية الاضافية المطلوبة اكبر مما عليه في درجات الحرارة المنخفضة، حيث يقلل التمدد الحراري السماحية في درجة حرارة التشغيل.

6. الحزام الناقل من نوع V (V- Belt drive): يجب التأكد من التوافق السليم للحزام الناقل مع المسطرة والقيام بشد البراغي. يتطلب التحقق من ان الحزام متوتر بصورة جيدة وجود الخبرة لدى القائم بالعمل. حيث أن الشد الصحيح يمنع الصرير المفرط (Squealing) عند البدء والانزلاق تحت الحمولة الكاملة، وعكس ذلك، يقلل من عمر الحزام الناقل مع التسبب في وضع حمل إضافي غير مطلوب على المروحة ومحامل المحركات .

7. مخمدات وريش توجيه الإدخال المتغير Dampers and variable-inlet vanes

يتم التحقق من هذه الأجهزة للتأكد من أنها تعمل بحرية وبأن جميع ريش المروحة تعمل في انسجام وثيق ومحكم. من الضروري ان يؤشر بوضوح موقع عتلات "الفتح" و "الغلق" حيث تكون هذه المواقع غير مرئية عند اكمال توصيلات المجاري الهوائية للمنظومة.

8. التشغيل Start up

قبل تشغيل المروحة بكامل سرعتها، يحرك المحرك للحظات للتأكد من دوران دولاب المروحة في الاتجاه الصحيح بعدها يسمح للمروحة بالعمل. في حالة تشغيل المروحة بجهاز متغير السرعة، ينبغي أن تشغل المروحة بسرعة منخفضة ومن ثم تساق تدريجاً للعمل بكامل سرعتها. ومن المستحسن استعمال مقياس سرعة الدوران (Tachometer) لقراءة السرعة عند أقصى سرعة وعند السرعة المنخفضة والمتوسطة، حيث ان أي انحراف عن السرعة التصميمية سيكون واضحاً ويمكن تعديله. اذا كان للمروحة حزام قابل للتعديل فيكون وجود مقياس سرعة الدوران أمراً ضرورياً. وإذا كانت سرعة التشغيل المطلوبة غير صحيحة فمن الضروري إيقاف المروحة وضبط المحرك، وإعادة فحص المحاذاة وشد الحزام ثانية.

ينبغي مراقبة المروحة بعناية على مدى الساعات القليلة الأولى من التشغيل وإيقافها على الفور إذا وجدت أي علامة اهتزاز مفرط أو أي مشاكل أخرى. و كذلك القيام بمراقبة أي تسريب لمواد التشحيم أو مياه التبريد أو زيادة مفرطة في درجة حرارة المحامل أو المحرك أو أي ضوضاء غير اعتيادية قد تتطور. من الواجب الرجوع إلى الفحص الدوري وقائمة المشاكل المحتملة وأسبابها المدرجة في توصيات الشركات الصانعة. و بعد أيام قليلة من عمل المروحة يجب إيقافها لغرض القيام بعمليات الصيانة واجبة التطبيق والمدرجة في الفحص الدوري.

6/1/1-7 ارشادات اختبار المراوح Fan testing guideline

يتم فحص المراوح تحت ظروف مختبرية قياسية، مع الاخذ بنظر الاعتبار الظروف المحيطة عند فحص المراوح ميدانيا مع الفحص المختبري. عند تقييم الأداء، يجب مراعاة توصيلات السحب والدفع لأنها تؤثر بشكل ملحوظ و مباشر على أداء المروحة في التشغيل الميداني. و كذلك يمكن اختبار أداء المروحة من خلال أخذ القراءات المباشرة لهبوط الضغط في المجاري الهوائية المستقيمة و مقدار سرعة دوران المحرك والتيار الكهربائي والرجوع الى منحنيات تقييم المراوح الخاصة لتلك المروحة لغرض تقييم ادائها . لقد تم التطرق لهذا الجزء بالتفصيل في الباب الخامس من هذه المدونة.

7/1/1-7 ارشادات صيانة المراوح Fans maintenance guideline

في حالة القيام بعملية الصيانة، فمن الضروري ملاحظة ومتابعة الفقرات التالية:

• انخفاض السعة أو الضغط

1. اتجاه الدوران خاطئ: التأكد من ان المروحة تدور في الاتجاه الصحيح كما مؤشر بالأسهم.
2. سوء ظروف الإدخال للهواء: ضرورة عمل مجرى مناسب الشكل و المقطع عند المدخل لتسهيل عملية دخول الهواء للمروحة.
3. عدم استقامة العجلة: القيام بعملية الاستقامة بحسب توصية الشركات الصانعة.

• اهتزاز شديد مع ضوضاء

1. دولاب المروحة تالف أو غير متزن: تبديل العجلة.
2. رخاوة أو استهلاك أو وجود زيت في الأحزمة أو عليها: التأكد وملاحظة مواقع الخلل.
3. السرعة اعلى من المطلوب: تنظيم السرعة.
4. الدوران باتجاه خاطئ: التأكد من صحة اتجاه الدوران والقيام بالتصحيح.
5. تزييت المحامل: تزييت المحامل بحسب توجيهات الشركة المصنعة.

• ارتفاع حرارة المحرك

1. الأسلاك الكهربائية مربوطة بشكل خاطئ: التأكد من التوصيلات الكهربائية بحسب دليل الشركة المصنعة.
2. دوران المروحة بالاتجاه الخاطئ: تصحيح دوران المحرك.
3. عدم مرور الهواء المبرد عبر المحرك: التأكد من مسارات هواء التبريد.
4. سرعة الدوران غير صحيحة: القيام بتنظيم دوران المحرك بشكل صحيح.
5. عدم صحة الفولتية: التأكد من مصدر الطاقة الكهربائية لضمان الفولتية الصحيحة.

• ارتفاع درجة حرارة المحامل

1. عدم تزييت المحامل بصورة صحيحة: القيام بتزييت المحامل بحسب توصيات الشركة المصنعة.
2. الحزام تحت شد أعلى مما يجب: القيام بتخفيف شد الحزام.

7-1/2 فحص منظومة التهوية Ventilation system testing

من الضروري قياس معدل جريان الهواء وضغطه عند نقاط ملائمة لضمان عمل منظومة التهوية الميكانيكية بصورة جيدة. اذا كان هبوط الضغط في النظام يقع بين 10-15% عن القيم التصميمية فان ذلك يشير الى وجود خلل. لذلك يجب عمل فحص دوري لتجنب المشاكل في منظومة التهوية ويشمل الفحص:

قلنسوة الهواء العادم Exhaust hood

من حيث:

- سلامة الاجهزة
- عدم وجود الرطوبة

- الخلو من الانسدادات

فتحات سحب الهواء الخارجي External air intake vents

من حيث:

- ابعاد موقع الفتحات عن مواقع طرد الغازات والمواد الاخرى الضارة في الخارج
- عدم وجود الرطوبة
- الخلو من الانسدادات

ملفات اعادة التسخين Reheating coils

من حيث:

- النظافة وعدم وجود الرطوبة
- تثبيت تيار الهواء المتغير على ادنى مقدار ممكن ولجميع الاوقات

شبابيك دفع و سحب الهواء Discharge and intake air windows

من حيث:

- ان تكون مفتوحة وبدون اي عارض
- النظافة

المروحة Fan

- يكون اتجاه الدوران بالاتجاه الصحيح و بسرعة ملائمة
- وجود هبوط في الضغط الاستاتي عبر المروحة
- ان يكون الحزام الناقل للحركة بالشد المطلوب وخالياً من التهرؤ
- وجود غطاء وقاية للحزام الناقل للحركة
- ادنى اهتزاز ممكن
- مستوى الضوضاء المقبول
- عدم وجود رخاوة في البراغي او الصامولات
- تزييت المحامل بعناية
- فحص درجة حرارة المحرك
- سلامة جميع التوصيلات والاسلاك والعوازل الكهربائية
- سلامة ونظافة دولاب المروحة المركبة وخلوها من السوفان (التآكل)
- ان تكون جميع الصمامات والمرشحات ومجاري تصريف المياه مفتوحة

- ان تكون جميع الاجزاء المترابطة ببعض على استقامة واحدة (متوازنة) - Aligned

2-7 ارشادات النصب والاختبار Guidelines of testing and installation

1/2-7 ارشادات نصب مرشحات الهواء Air filter installation guidelines

حددت المواصفتان [1] ASHRAE 52.1 و [2] ASHRAE 52.2 اسس وخطوات وإرشادات نصب المرشحات وكما يلي:

1. استعمال المرشحات HEPA للهواء المجهز والتي تمتلك فعالية اختبار DOP بمقدار (99.97%) لغرف العلاج السريري للمرضى الذين لديهم قابلية عالية للإصابة باللويميا والحروق او زرع نخاع العظام او زرع الأعضاء أو فيروس نقص المناعة البشرية (الإيدز). وتستعمل هذه المرشحات أيضا لطرد الهواء من غطاء الابخرة لخزانات السلامة التي تتعامل مع مواد مشعة. حيث يصمم نظام التصفية لضمان إزالة آمنة، واستبدال المرشحات في حال تلوثها.
2. تثبت جميع المرشحات لمنع التسرب بين شرائح المرشح نفسه وبين ارضيته والاطار الساند للمرشح. إن اي تسرب قليل للهواء الملوث خارج المرشح يمكن أن يضعف ويزيل فائدة أفضل مرشح للهواء.
3. يجب تركيب مقياس ضغط Manometer في نظام التصفية لقياس هبوط الضغط عبر كل مرشح، إذ أن الملاحظة البصرية ليست طريقة دقيقة لتحديد حمل المرشح.
4. عند نصب مرشحات عالية الفعالية في النظام، فمن الضروري تهيئة تسهيلات كافية للصيانة بدون إدخال اي تلوث في نظام التجهيز أو المكان الذي تخدمه.
5. من الضروري التنبؤ الدقيق بعمر المرشحات وكذلك تكاليف التبديل ودمجها في ميزانية التشغيل للمنظومة كون المرشحات ذات الفعالية الفائقة غالية الثمن.
6. تغلق جميع فتحات المجاري الهوائية وشبابيك توزيع الهواء لمنع تسرب الغبار والأوساخ والمواد الخطرة في أثناء عملية البناء. مثل هذا التلوث غالبا ما يكون دائماً وبهيمى محيطاً لنمو المواد المعدية. كما ان المرشحات المنصوبة أو الجديدة سرعان ما تصبح ملوثة بغبار البناء.

2/2-7 ارشادات اختبار مرشحات الهواء Air filter test guidelines

توضح المواصفة [1] ASHRAE 52.1 ، اجراءات اختبار وتقييم اجهزة الترشيح واجهزة تنقية الهواء. هناك ثلاثة أساليب شائعة للاختبار وهي: اختبار المسك Arrestance، اختبار فعالية بقعة - الغبار الجوي واختبار الاختراق DOP.

أختبار المسك Arrestance : هو اختبار يجري في المختبرات الموثوقة والذي يسمح لكمية معينة من المواد و المعروفة باختبار ASHRAE للغبار بالمرور عبرالمرشح الذي يراد تقييمه. حيث ان اختبار ASHRAE

للغبار يتألف من 72% منظف هواء و 23% مسحوق الكربون الناعم و 5% (Linters) قطن ويستعمل للجسيمات المحمولة جواً والتي يمكن أن تؤذي السطوح الداخلية المتسخة للابنية. يعتمد هذا الاختبار على معدل عدم تلويث الأوراق البيضاء للمرشح كنموذج للتأثير ويستعمل هذا المبدأ لقياس فعالية تصفية المرشح في خفض التلويث عن السطوح المتسخة Decomposed surfaces. يقيس الاختبار كذلك التغيرات في الضوء التي تنتقل عبر المرشح لتقييم فعاليتها.

الاختبار المعترف به عالمياً هو اختبار ASHRAE لمرشحات الهواء. توجد اربع خواص رئيسة لاداء

المرشح وهي:

- المقاومة لتيار الهواء (باسكال)
- مقدار السعة للاحتفاظ بالغبار (غرام)
- نسبة المسك (Arrestance) (%)
- الفعالية (%)

1/2/2-7 مقاومة تيار الهواء (باسكال) Air stream resistance

ان كل مرشح هواء يبدي مقاومة لتيار الهواء الذي يحاول المرور من خلاله . تقاس هذه المقاومة بدلالة هبوط الضغط عبر المرشح ويعبر عنه بالباسكال (نيوتن/م²) او ملم عمود من الماء. بصورة عامة المرشحات المعتمدة على الارتطام للزج لها مقاومة اقل لتيار الهواء من المرشحات المعتمدة على مبدأ الانتشار او التقاطع.

تزداد مقاومة المرشحات مع ازدياد تراكم دقائق الغبار، ليس فقط مقاومة المرشح الابتدائية، بل ايضاً مقاومته عند نهاية الخدمة التي يستبدل عندها المرشح. وهذا يستلزم معرفة متطلبات الطاقة المتغيرة التي يحتاجها نظام التهوية طيلة فترة عمر المرشح.

2/2/2-7 مقدار سعة المرشح للاحتفاظ بالغبار Filter capacity for maintaining dust

يحدد مقدار سعة المرشح للاحتفاظ بالغبار عمرالمرشح ، كذلك تعتبر السعة خاصية مهمة للتعرف على نوعية المرشح. بما ان المرشح معرض للاستبدال، لذا فان هذه الخاصية تعتبر احدى قياسات الكلفة للمرشحات لكل متر مكعب من الهواء المرشح.

3/2/2-7 المسك (%) Arrestance

هو مقياس لمقدار الغبار الذي يمكن المرشح ازالته من تيار الهواء و يعبر عنه بنسبة مئوية.

نسبة المسك = مقدار الغبار في المرشح / مقدار الغبار الصناعي الذي تم تغذيته * 100%

يتم اختيار المرشح المغذى بالغبار الصناعي عن طريق تيار الهواء ويتم قياس وزن المرشح قبل وبعد التغذية لمعرفة مقدار الغبار الذي تم التقاطه من قبل المرشح.

4/2/2-7 الفعالية (%) Efficiency

يؤثر الغبار بشكل سيئ على مكونات اجهزة التهوية و التكييف، فالدقائق الكبيرة تسد الملفات وتؤثر بصورة سيئة على المحامل اما الدقائق الصغيرة فتتلف الاجهزة. ان اختبار ASHRAE للفعالية يُجرى لمعرفة قابلية المرشح على ازالة الدقائق الكربونية الصغيرة والمواد الاخرى في الجو وكما يلي :

يتم سحب الهواء غير معالج عبر المرشح الذي يراد اختباره من جهة ثم يعكس الاتجاه عبر ورق المرشح المتكون من الياف زجاجية. تعتمد فعالية المرشح على منع تغير لون المرشح وذلك بقياس مقدار نفاذ الضوء عبر ورق الترشيح (كلما تبقي المرشح كانت قابلية نفاذ الضوء اقل عبر المرشح). يعطي اختبار الفعالية مؤشراً واقعياً لقابلية المرشح في ازالة الدقائق المسببة للبقع على الجدران والسقوف في الابنية.

3/2-7 ارشادات صيانة مرشحات الهواء Filter maintenance guidelines

تعتبر الصيانة المخططة والمبرمجة هي الحل الامثل لمشاكل مرشحات الهواء. وسوء الصيانة يمكن أن يؤدي إلى أضرار مكلفة في نظام التهوية و تكييف الهواء.

1/3/2-7 خطوات الصيانة العامة General maintenance checklist

فيما يلي اهم الخطوات لغرض بناء برنامج ناجح لصيانة المرشحات:

1. التحقق من وجود اي تسريب خلال الاطار الحامل للمرشح لان الهواء يتبع الطريق السهل والأقل مقاومة، والشقوق الصغيرة التي قد تبدو مهملة، لكنها مجتمعة يمكن أن تصبح فتحة كبيرة. لا يجوز السماح للهواء غير المرشح بالدخول في نظام التهوية، حيث يؤثر هذا ليس فقط على نوعية الهواء، وانما يؤدي الى دخول جسيمات كبيرة الى الأجهزة الميكانيكية والاضرار بها.
2. القيام بفحص شبابيك فتحات الهواء الخارجي للتأكد من عملها بشكل سليم.
3. القيام بفحص صينية جمع الماء المتكثف للتأكد من عدم تراكم الماء المتكثف الذي يمكن أن يغلق انابيب التصريف.
4. استعمال المرشحات الملائمة للمنطقة التي يراد حمايتها.
5. ينبغي أن لاتقل فعالية بقعة الغبار عن 85% عند استعمال المرشحات في المكاتب للحفاظ على نظافة الجو واعطاء الترشيح الكافي لإزالة الملوثات المحمولة جوا.
6. يجب تغيير المرشحات بانتظام لانها تمثل وسطاً مناسباً لالتقاط الغبار الناقل للبكتيريا و الملوثات الاخرى. ويمكن ايضا أن تكون المرشحات المستعملة والمحملة بالغبار والأتربة في بيئة رطبة بيئة مناسبة لتواجد ونمو الجراثيم ومن ثم نقلها للحيز عن طريق الهواء المجهز.

7. ان المرشحات النظيفة تكون قليلة المقاومة للهواء المار من خلالها بذلك يكون استهلاك الطاقة قليلاً.
8. ينبغي ارتداء عدة الحماية الشخصية لموظفي الصيانة بما في ذلك قناع الوجه واطفاء مروحة دافعة الهواء قبل المضي قدماً عند تغيير المرشحات. علماً أن المرشحات ذات الفعالية المنخفضة في حالة الإفراط في تحميلها للملوثات يمكن أن تصبح مشوهة وربما تخرج عن محملها بحيث تسمح للهواء غير المنقى بالدخول في نظام التهوية.

2/3/2-7 Inspection tips الفحص مقترحات

عند فحص المروحة الهوائية، يتم النظر إلى جهة السحب للمروحة للتأكد من وجود وحدة الترشيح الأولية في موقعها الصحيح و كذلك التأكد من عدم وجود فتحات او نقاط تسريب التي تعتبر منفذاً لدخول الهواء غير المرشح الى نظام التهوية.

يتم الفحص للتأكد من:

1. أن هناك مانعة تسرب (Gasket) على الأبواب.
2. أن جميع مفاصل المجاري الهوائية مغلفة بشريط لاصق.
3. عدم وجود تسريبات حول المجاري الهوائية.
4. وضع مصيدة على مجرى التكثيف مصممة لمنع سحب الماء المتكثف و الخاص للتصريف بالشفط بواسطة المروحة ومصيدة اخرى جافة ممكن أن تكون مسارا للهواء غير المرشح.

3/3/2-7 تحديد موعد استبدال مرشح الهواء Determining when to replace a filter

فيما يلي بعض القواعد المساعدة في توجيه العاملين في تحديد موعد تغيير المرشح:

1. عدم نظافة الهواء الخارج من المرشح.
2. القيام بتغيير المرشحات بجدول زمني محدد، ويكون التغيير النموذجي للمرشح المسطح هو 7-14 يوماً، والزمن النموذجي لتغيير مرشح مطوي بسمك 5 سنتيمتر هو 1-3 أشهر. عند تغيير المرشح على وفق جدول زمني ثابت قد لايمكن الحصول على الحد الأقصى لعمر المرشح ولكن يمكن ان يسهل العمل والميزانية المخصصة للمواد.
3. القيام بتغيير المرشح قبل المواسم الحارة جداً أو الباردة جداً، لأن في هذه الأوقات يعمل نظام التهوية وتكييف الهواء بأقصى طاقته.
4. التحقق من قراءة الضغط على المقياس والقيام بتسجيل التغير و الهبوط في الضغط عندما يتضاعف الضغط. يجب تغيير المرشح اللوحي عندما يكون الضغط (1.3) سنتيمتر و يتم استبدال المرشح المطوي (Pleated filter) عندما يكون الضغط (2.3) سنتيمتر.

5. المرشحات الابتدائية (Pre-filters) تقوم باطالة العمر التشغيلي للمرشحات ولكنها ايضا تخفض فعالية المرشح. يفضل استعمال المرشحات النظيفة 30-60 يوما قبل وضع المرشحات الابتدائية.

4/2-7 تصميم نظام للتشغيل والصيانة الفعالة System design for efficient operation and maintenance

- يجب التأكد من سهولة الوصول الى وحدات معالجة الهواء واجهزة السيطرة والمراوح.
- على المصمم تسهيل عملية الوصول الى وحدات معالجة الهواء واجهزة السيطرة ومراوح الطرد لضمان التشغيل السليم والصيانة لمعدات التهوية ومكونات النظام. من الضروري عدم الاحتياج الى السلم المتحرك او الزحف للوصول الى المعدات المتواجدة على السطح ، وانما ينبغي ان يكون الطريق للوصول الى الالجهزة متاحاً عن طريق سلم مبني وباب بالحجم الاعتيادي.
- وضع التسميات والتأشيريات على آلات التهوية ومكونات النظام لتسهيل عمليات التشغيل والصيانة.
- يعتبر تأشير آلات التهوية والمكونات وسيلة غير مكلفة وفعالة لمساعدة العاملين في تشغيل وصيانة أنظمة التهوية. كما أن التأشيريات يجب أن تكون سهلة القراءة عند الوقوف بجانب الآلات وتسمح بمواكبة عمل الآلات التي ترافقها، وأن تتوافق مع المخططات والرسوم لآلات التهوية.

المراجع

- [1] ASHRAE Standard 52.1 - 1992.
- [2] ASHRAE Standard 52.2 - 1999.

الملحق (أ)

المعادلات

الصيغة المبسطة الأكثر شيوعا المستعملة لقوانين المراوح تتضمن:

- تتغير كمية الهواء (l/s) بصورة طردية مع سرعة الدوران في الدقيقة (RPM)
 $(l/s)_1 / (l/s)_2 = RPM_1 / RPM_2$
- يتغير الضغط الاستاتي (SP) مع مربع سرعة الدوران في الدقيقة (RPM)
 $SP_1 / SP_2 = (RPM_1 / RPM_2)^2$
- تتغير القدرة الحصانية (HP) مع مكعب سرعة الدوران في الدقيقة (RPM)
 $HP_1 / HP_2 = (RPM_1 / RPM_2)^3$
- الفعالية : معدل تحويل القدرة الكهربائية الداخلة لمحرك كهربائي الى شغل حقيقي، ويعبر عنها بنسبة مئوية

$$\text{Efficiency \%} = (\text{power out} / \text{power in}) * 100$$

- الفرق بالضغط عبر المروحة ΔP (نيوتن/متر مربع)
 $\Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$

حيث:

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{السرعة عند الدخول (متر/ثانية) (عادة تؤخذ حالة السكون)} \\ V_2 &= \text{السرعة عند الخروج (متر/ثانية)} \\ \rho &= \text{كثافة الهواء (كغم/متر مكعب)} \end{aligned}$$

- قدرة الهواء Air Power (واط)

$$W_a = Q P_t$$

حيث:

$$\begin{aligned} W_a &= \text{قدرة الهواء (واط)} \\ Q &= \text{معدل تدفق الهواء (متر مكعب/ثانية)} \\ P_t &= \text{الضغط الكلي (نيوتن/متر مربع)} \end{aligned}$$

- قدرة المروحة Fan Power (واط)

$$W_f = \eta W_a$$

حيث:

$$\begin{aligned} W_f &= \text{قدرة المروحة (واط)} \\ \eta &= \text{فعالية المروحة} \end{aligned}$$

الملحق (ب)

الجداول

الجدول ب-1: علاقات السرعة والضغط الحركي

الضغط الحركي (P_v) سم عمود ماء	السرعة (V) متر/ثانية	الضغط الحركي (P_v) سم عمود ماء	السرعة (V) متر/ثانية
1.880	17.5	0.014	1.5
1.989	18	0.024	2
2.101	18.5	0.038	2.5
2.216	19	0.055	3
2.334	19.5	0.075	3.5
2.456	20	0.098	4
2.580	20.5	0.124	4.5
2.708	21	0.153	5
2.838	21.5	0.185	5.5
2.972	22	0.221	6
3.108	22.5	0.259	6.5
3.248	23	0.301	7
3.391	23.5	0.302	7
3.536	24	0.392	8
3.685	24.5	0.443	8.5
3.837	25	0.497	9
3.993	25.5	0.554	9.5
4.151	26	0.614	10
4.312	26.5	0.677	10.5
4.476	27	0.743	11

تتمة الجدول ب-1

السرعة (V) متر/ثانية	الضغط الحركي (P _v) سم عمود ماء	السرعة (V) متر/ثانية	الضغط الحركي (P _v) سم عمود ماء
11.5	0.812	27.5	4.643
12	0.844	28	4.814
12.5	0.959	28.5	4.987
13	1.038	29	5.164
13.5	1.119	29.5	5.343
14	1.203	30	5.526
14.5	1.291	30.5	5.712
15	1.381	31	5.900
15.5	1.475	31.5	6.092
16	1.571	32	6.287
16.5	1.678	32.5	6.485
17	1.774	33	6.686

وتستعمل المعادلة التالية لحساب السرعة (V) بمتر/ثا عندما يكون الضغط الحركي (سم عمود ماء) ، P_v معلوماً :

$$V = 12.76 \times \sqrt{P_v}$$

الجدول ب-2: مقاييس الصفائح الفولاذية الأمريكية*

الفولاذ المغلون (القياس النموذجي المصنع)		الفولاذ (القياس النموذجي المصنع)		رقم القياس
الكتلة (kg/m ²)	السك (mm)	الكتلة (kg/m ²)	السك (mm)	
4.42	0.55	3.66	0.45	26
5.64	0.70	4.88	0.60	24
6.86	0.85	6.10	0.75	22
8.08	1.00	7.32	0.90	20
10.52	1.31	9.76	1.20	18
12.96	1.60	12.20	1.60	16
16.06	1.99	15.25	1.90	14
22.12	2.75	21.36	2.65	12
28.22	3.51	27.46	3.40	10
34.33	4.26	33.56	4.20	8
		36.62	4.55	7

*مقتبس من المواصفة ASHRAE 2009 "دليل الأسس" .

الجدول ب-3: مقاييس الصفائح المعدنية الأمريكية*

الفولاذ المقاوم للصدأ (القياس النموذجي المصنع)		الألمنيوم		رقم القياس
الكتلة (كغم/م ²)	السبك (مم)	الكتلة (كغم/م ²)	السبك (مم)	
3.84	0.48	1.37	0.59	26
5.39	0.63	1.27	0.63	24
5.52	0.79	2.21	0.81	22
7.69	0.95	2.75	10.16	20
10.52	1.27	3.75	1.27	18
12.82	1.57	4.34	1.63	16
16.02	1.98	5.51	2.03	14
22.43	2.77	6.88	2.54	12
28.82	3.58	8.59	3.17	10
35.24	4.37	11.03	4.06	8
37.85	4.77	13.08	4.82	7

*مقتبس من المواصفة ASHRAE 2009 "دليل الأسس".

الجدول ب-4: القياسات الموصى بها لمجاري الهواء المعدنية*

مجرى دائري المقطع			مجرى مستطيل المقطع		
أكبر بعد (سم)	رقم القياس (أمريكي)	رقم القياس (انكليزي)	القطر (سم)	فولاذ مغلون رقم القياس (أمريكي)	الألمنيوم رقم القياس (انكليزي)
إلى 75	24	22	إلى 20	24	22
150-76	22	20	60-21	22	20
229-151	20	18	122-61	20	18
230 فما فوق	18	16	183-123	18	16

*مقتبس من المواصفة ASHRAE 2009 "دليل الأسس" .

الملحق (ج)

معاملات التحويل

UNITS AND CONVERSIONS

Conversions to I-P and SI Units

(Multiply I-P values by conversion factors to obtain SI; divide SI values by conversion factors to obtain I-P)

Multiply I-P	By	To Obtain SI	Multiply I-P	By	To Obtain SI
acre (43,560 ft ²)	0.4047	ha	in·lb _f (torque or moment)	113	mN·m
	4046.873	m ²	in ²	645.16	mm ²
atmosphere (standard)	*101.325	kPa	in ³ (volume)	16.3874	mL
bar	*100	kPa	in ³ /min (SCIM)	0.273117	mL/s
barrel (42 U.S. gal. petroleum)	159.0	L	in ³ (section modulus)	16.387	mm ³
	0.158987	m ³	in ⁴ (section moment)	416,231	mm ⁴
Btu (International Table)	1055.056	J	kW	*3.60	MJ
Btu (thermochemical)	1054.350	J	kW/1000 cfm	2.118880	kJ/m ³
Btu/ft ² (International Table)	11,356.53	J/m ²	kilopond (kg force)	9.81	N
Btu/ft ³ (International Table)	37,258.951	J/m ³	kip (1000 lb _f)	4.45	kN
Btu/gal	278,717.1765	J/m ³	kip/m ² (ksi)	6.895	MPa
Btu·ft·h·ft ⁻² ·°F	1.730735	W/(m·K)	litre	*0.001	m ³
Btu·in·h·ft ⁻² ·°F (thermal conductivity k)	0.1442279	W/(m·K)	met	58.15	W/m ²
Btu/h	0.2930711	W	micron (jam) of mercury (60°F)	133	mPa
Btu/h·ft ²	3.154591	W/m ²	mile	1,609	km
Btu/h·ft ² ·°F (overall heat transfer coefficient U)	5.678263	W/(m ² ·K)	mile, nautical	*1.852	km
Btu/lb	*2.326	kJ/kg	mile per hour (mph)	1.609344	km/h
Btu/lb·°F (specific heat c _p)	*4.1868	kJ/(kg·K)		0.447	m/s
bushel (dry, U.S.)	0.0352394	m ³	millibar	*0.100	kPa
calorie (thermochemical)	*4.184	J	mm of mercury (60°F)	0.133	kPa
centipoise (dynamic viscosity μ)	*1.00	mPa·s	mm of water (60°F)	9.80	Pa
centistokes (kinematic viscosity ν)	*1.00	mm ² /s	ounce (mass, avoirdupois)	28.35	g
cdo	0.155	(m ² ·K)/W	ounce (force or thrust)	0.278	N
dyne	1.0 × 10 ⁻⁵	N	ounce (liquid, U.S.)	29.6	mL
dyne/cm ²	*0.100	Pa	ounce inch (torque, moment)	7.06	mN·m
EDR hot water (150 Btu/h)	43.9606	W	ounce (avoirdupois) per gallon	7.489152	kg/m ³
EDR steam (240 Btu/h)	70.33706	W	perm (permeance at 32°F)	5.72135 × 10 ⁻¹¹	kg/(Pa·s·m ²)
EER	0.293	COP	perm inch (permeability at 32°F)	1.45362 × 10 ⁻¹²	kg/(Pa·s·m)
ft	*0.3048	m	pint (liquid, U.S.)	4.73176 × 10 ⁻⁴	m ³
	*304.8	mm	pound		
ft/min, fpm	*0.00508	m/s	lb (avoirdupois, mass)	0.453592	kg
ft/s, fps	*0.3048	m/s		453.592	g
ft of water	2989	Pa	lb _f (force or thrust)	4.448222	N
ft of water per 100 ft pipe	98.1	Pa/m	lb _f /ft (uniform load)	14.59390	N/m
ft ²	0.092903	m ²	lb·ft·h (dynamic viscosity μ)	0.4134	mPa·s
ft ² ·h·°F/Btu (thermal resistance R)	0.176110	(m ² ·K)/W	lb·ft·s (dynamic viscosity μ)	1490	mPa·s
ft ² /s (kinematic viscosity ν)	92,900	mm ² /s	lb _f /ft ² (dynamic viscosity μ)	47.88026	Pa·s
	28.316846	L	lb/h	0.000126	kg/s
	0.02832	m ³	lb/min	0.007559	kg/s
ft ³ /min, cfm	0.471947	L/s	lb/h [steam at 212°F (100°C)]	0.2843	kW
ft ³ /s, cfs	28.316845	L/s	lb/ft ²	47.9	Pa
ft·lb _f (torque or moment)	1.355818	N·m	lb/ft ³ (density, ρ)	16.0	kg/m ³
ft·lb _f (work)	1.356	J	lb/gallon	120	kg/m ³
ft·lb _f /lb (specific energy)	2.99	J/kg	ppm (by mass)	*1.00	mg/kg
ft·lb _f /min (power)	0.0226	W	psi	6.895	kPa
footcandle	10.76391	lx	quad (10 ¹⁵ Btu)	1.055	EJ
gallon (U.S., *231 in ³)	3.785412	L	quart (liquid, U.S.)	0.9463	L
gph	1.05	mL/s	square (100 ft ²)	9.29	m ²
gpm	0.0631	L/s	tablespoon (approximately)	15	mL
gpm/ft ²	0.6791	L/(s·m ²)	teaspoon (approximately)	5	mL
gpm/ton refrigeration	0.0179	mL/J	therm (U.S.)	105.5	MJ
grain (1/7000 lb)	0.0648	g	ton, long (2240 lb)	1,016	Mg
gr/gal	17.1	g/m ³	ton, short (2000 lb)	0.907	Mg, t (tonne)
gr/lb	0.143	g/kg	ton, refrigeration (12,000 Btu/h)	3.517	kW
horsepower (boiler) (33,470 Btu/h)	9.81	kW	torr (1 mm Hg at 0°C)	133	Pa
horsepower (550 ft·lb _f /s)	0.7457	kW	wat per square foot	10.76	W/m ²
inch	*25.4	mm	yd	*0.9144	m
in. of mercury (60°F)	3.37	kPa	yd ²	0.8361	m ²
in. of water (60°F)	249	Pa	yd ³	0.7646	m ³
in./100 ft, thermal expansion	0.833	mm/m			
To Obtain I-P	By	Divide SI	To Obtain I-P	By	Divide SI

*Conversion factor is exact.

♦ Adapted from ASHRAE Fundamentals.

الملحق (د)
قائمة بمعنى المختصرات

المختصر	المعنى باللغة الانكليزية	المعنى باللغة العربية
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	الجمعية الامريكية لمهندسي التدفئة والتبريد و تكييف الهواء
IQA	Indoor Air Quality	نوعية الهواء الداخلي
HRV	Heat Recovery Ventilation	التهوية باسترداد الحرارة
ERV	Energy Recovery Ventilation	التهوية باسترداد الطاقة
EPA	Environmental Protection Agency	جمعية حماية البيئة/ امريكا
TSI	Transportation Safety Institute	معهد سلامة الطرق/ امريكا
NFPA	National Fire Protection Association	الجمعية الوطنية للوقاية من الحريق/ امريكا
VAV	Variable Air Volume	حجم الهواء المتغير
REU	Rational Energy Use	الاستعمال الامثل للطاقة
CSA	Community Supported Agriculture	الجمعية الساندة للزراعة/ امريكا
CGSB	Canadian general standards board	الهيئة القياسية العامة الكندية
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filters	مرشحات الهواء ذات الفعالية العالية
UV	Ultra Violet	فوق البنفسجي

المختصر	المعنى باللغة الانكليزية	المعنى باللغة العربية
UV	Ultra Violet	فوق البنفسجي
AHU	Air Handling Unit	وحدة دافعة الهواء
DSI	Dry Sorbent Injection	الحقن الناشف الماص
SDA	Spray Dryer Absorber	الرذاذ الناشف الماص
NIST	National Institute of Standards and Technology	المعهد الوطني للمواصفات والتقنية
AFI	Air Filter Institute	معهد مرشح الهواء
MERV	Minimum Efficiency Reporting Value	القيم المقررة للفعالية الدنيا
ARI	Refrigeration and Air-Conditioning Institute	معهد التثليج وتكييف الهواء الامريكي
SMACNA	Sheet Metal and Air-Conditioning Contractor's National Association	الجمعية الوطنية لمقاولي الصفائح المعدنية و تكييف الهواء/ امريكا
ASME	American Society of Mechanical Engineers.	الجمعية الامريكية للمهندسين الميكانيكيين
AABC	Associated Air Balance Council	المجلس الاتحادي لتوازن الهواء
DIN	German Institute for Standardization	المعهد الالمانى للتقييس
ISO	International Standardization Organization	منظمة المواصفات العالمية



الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskhan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskhan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com

