

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

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	1-2 التهوية
4/1	1-2/1 التهوية لجميع الظروف الجوية
6/1	1-2/1/1 للمناخات الحارة أو مختلطة
6/1	1-2/1/2 للمناخات الباردة
6/1	1-2/1/3 لجميع المناخات
7/1	1-2/2 الفائدة من التهوية الميكانيكية
7/1	1-2/3 نوعية الهواء الداخلي
7/1	1-2/4 نوعية الهواء الخارجي
9/1	1-2/5 مصادر التلوث
10/1	المراجع
1/2	الباب الثاني أنظمة التهوية الميكانيكية
1/2	1-2 عناصر التهوية الميكانيكية
1/2	1-2/1 المقدمة
1/2	1-2/1/1 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	1-2/2/1 توزيع الهواء ونظام نقله
2/2	1-2/2/3 الترشيح
3/2	1-2/2 انواع التهوية

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 يمثلها ذلك من لمحافظة 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 ب مجال 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 اساس التصميم وشروط التنفيذ والتخطيط والتركيب و اجراءات الفحص والاختبار والصيانة لجميع منظومات السربية الميكانيكية السائدة المستعملة في المباني السكنية والصناعية ولتجارية والمؤسساتية والمناطق الزراعية والمركز 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 حرصا على تحقيق التوافق 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

تقديم
بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كَانَ يَحِقُّ لِلأُمَمِ والأفراد أن تفتخر بنتائجها الفكري والعلمي مما يُجَلِّي مَنْقِبَهُ ظاهراً،
أو مَزِيَّةً يَصُغُبُ مَرَامُهَا، فلوزارة الاعمار والإسكان السَّبقُ والقُدْحُ المُعلَى في أن تكون قد
اضطلعت بأعباء قيادة مهمة مشروع إصدار مُدَوَّنَاتٍ ومواصفات البناء في العراق.
فانبثرت له بعزيمة ماضية وغاية شَمَاءَ لاتقف دُونَهَا غايةً، بأن كَلَفَتْ أولي العرفان وأهل
التحصيل في كلِّ علمٍ (من غُلُومِ مُدَوَّنَاتٍ ومواصفات البناء) مِمَّنْ هُمْ أَهْلٌ للأعداد، أَعَانَهُمْ في
ذلك نُظَرَاءُ لَهُمْ، الرَّأْيُ الْمَشُورَةُ مُدَقِّقِينَ عَمَلٍ أَقْرَانَهُمْ، مُؤَاوِزِينَ لَهُمْ بِرَأْيٍ حَصِيفٍ وَمَشُورَةٍ
صَوَابٍ.

فَسَارَتْ عَمَلِيَّةُ إِعْدَادِ كُلِّ مُدَوَّنَةٍ عَلَى رَوِيَّةٍ يَخْذُوهَا عَقْدٌ مُوثَّقٌ، مُيَمِّمَةٌ سَمَتْ غَايِمَا
مُقْتَصَصَةً أَثَرُ تَجَارِبِ الأَخْرَيْنِ فِي دَوَّنَاتِهِمْ، تَنْخُوهَا نَهْجاً مُسَدَّداً، فَجَاءَتْ حَسَنَةُ الدِّيَابِجَةِ، مُحْكَمَةٌ
التَّبْوِيبِ، مُطَرَّدَةٌ الفُصُولِ، جَزِلٌ الْمَبْحَثِ، مَبْسُوطَةٌ العبارة، مُسْتَوْعِبَةٌ لأَطْرَافِ غَايَاتِهَا، عَلَى
النَّحْوِ الَّذِي يَبْنِي يَدَيَّ قَارِعِهَا.

وما بقي على عَاتِقِ الغَيْرِ إِلَّا الانتفاعُ من عَصَارَةِ الفِكرِ هَذِهِ بِجَلِيلِ المَنْفَعَةِ وَأَرْجَاهَا، وَأَنْ
تَتَضَافَرَ الجُهُودُ نَحْوَ جَعْلِهَا مَوْضِعَ التَّطْبِيقِ والإلزام، بِنَبْئَةٍ جَازِمَةٍ حَازِمَةٍ، وَعِنْدَ ذَلِكَ لَنْ يَغْدُو
المَطْلَبُ صَعْباً فِي أَنْ يَأْتِيَ البناءُ فِي العِراقِ مُحْكَمَ السَّمَابِ والأَشْرَاطُ تَخْطِيطاً وتنفيذاً وإشرافاً
واستعمالاً.

ووزارة الإعمار والإسكان تَضَعُ هَذِهِ المُدَوَّنَةَ لِبِنَةِ تَرْصُفِهَا لِإِعْلَاءِ صَرْحِ رَايَةِ العِلْمِ والبناءِ فِي
عِرَاقِنَا العَزِيزِ، وَاللَّهُ المَوْفِيقُ لِسَوَاءِ السَّبِيلِ، إِنَّهُ نِعْمَ الهَادِي وَنِعْمَ النُّصَيْرِ.

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

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 العمري
الدكتور المهندس محمد مصلح سلمان
ر.مهندسين آدم داود عواد حمود
الدكتور المهندس ليث خالد كامـل
ر.مهندسين أقدم نيران حسين علوان
ر.مهندسين جنان رضا محمد

اللجنة الإدارية للمشروع

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

لجنة متابعة المدونة

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

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 الحبار 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 العليا لمشروع المواصفات الفنية والمدونات العراقية

محمد صاحب الدراجي / وزير الاعمار والاسكان / رئيس اللجنة

استبقرق ابراهيم الشموك / الوكيل الاقدم لوزارة الاعمار والاسكان

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

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

حسين مجيد حسنين / مدير عام الهيئة العامة للمباني / وزارة الاعمار والاسكان / مديرا لمشروع

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

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

لواء كريم العبيدي / وزارة البيئية

د. نعيم خورشيد سعيد / قسم هندسة البناء والانشآت / 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

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

مدونة التهوية الميكانيكية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع. ٤٠٤/٥



الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

مدونة التهوية الميكانيكية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥/٤٠٤



الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

هذه الملائمة مصداقة (عيسى ويليست للبيع)

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	الرشاذ 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 التبريد وتكييف الهواء الامريكي
SMACNA	Sheet Metal and Air-Conditioning Contractor's National Association	لجمعية الوطنية لمقاولي الصفائح المعدنية وتكييف الهواء/ امريكا
ASME	American Society of Mechanical Engineers.	الجمعية الامريكية للمهندسين الميكانيكيين
AABC	Associated Air Balance Council	لمجلس الاتحادي لتوازن الهواء
DIN	German Institute for Standardization	المعهد الالمانى للتقييس
ISO	International Standardization Organization	منظمة المواصفات العالمية

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
IAQ	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	لجمعية 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 الزراعة / 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

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)	16,387	mL
bar	*100	kPa	in ³ /min (SCIM)	0.273117	m ³ /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	N·m/s
Btu (thermochemical)	1054.350	J	kW/1000 cfm	2.118880	N·m/s
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/in ² (ksi)	6.895	MPa
Btu·ft·h·ft ⁻² ·°F	1.730735	W/(m·K)	liter	*0.001	m ³
Btu·in·h·ft ⁻² ·°F (thermal conductivity <i>k</i>)	0.1442279	W/(m·K)	lot	58.5	W/m ²
Btu/h	0.2930711	W	micron (μm) of mercury (60°F)	1.33	mPa
Btu/h·ft ²	3,154.591	W/m ²	mile	1,609	km
Btu/h·ft ² ·°F (overall heat transfer coefficient <i>U</i>)	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 <i>c_p</i>)	*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
clo	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/ft	lb/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 <i>R</i>)	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·s/ft ² (dynamic viscosity μ)	47,88026	Pa·s
ft ³	28.316846	L	lb/h	0.000126	kg/s
	0.02832	m ³	lb/min	0.007559	kg/s
ft ³ /min, cfm	0.471	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)	1.35578	N·m	lb/ft ²	4.88	kg/m ²
ft·lb _f (work)	1.356	J	lb/ft ³ (density, ρ)	16.0	kg/m ³
ft·lb _f /lb (specific energy)	2.99	J/kg	lb/gallon	120	kg/m ³
ft·lb _f /min (power)	0.0226	W	ppm (by mass)	*1.00	mg/kg
footcandle	10.76391	lx	psi	6.895	kPa
gallon (U.S., *231 in ³)	3.785412	L	quad (10 ¹⁵ Btu)	1.055	EJ
gph	1.05	L/s	quart (liquid, U.S.)	0.9463	L
gpm	0.0631	L/s	square (100 ft ²)	9.29	m ²
gpm/ft ²	0.6791	L/(s·m ²)	tablespoon (approximately)	15	mL
gpm/ton refrigeration	0.0179	mL/l	teaspoon (approximately)	5	mL
grain (1/7000 lb)	0.0648	g	therm (U.S.)	105.5	MJ
gr/gal	17.1	g/m ³	ton, long (2240 lb)	1.016	Mg
gr/lb	0.143	g/kg	ton, short (2000 lb)	0.907	Mg (tonne)
horsepower (boiler) (33,470 Btu/h)	9.81	kW	ton, refrigeration (12,000 Btu/h)	3.517	kW
horsepower (550 ft·lb _f /s)	0.7457	kW	torr (1 mm Hg at 0°C)	133	Pa
in	*25.4	mm	watt per square foot	10.76	W/m ²
in of mercury (60°F)	3.37	kPa	yd	*0.9144	m
in of water (60°F)	249	Pa	yd ²	0.8361	m ²
in/100 ft, thermal expansion	0.833	mm/m	yd ³	0.7646	m ³
To Obtain I-P	By	Divide SI	To Obtain I-P	By	Divide SI

*Conversion factor is exact.

♦ Adapted from ASHRAE Fundamentals.

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

مجرى دائري المقطع			مجرى مستطيل المقطع		
أكبر بعد (سم)	رقم القياس (أمريكي)	رقم القياس (إنكليزي)	القطر (سم)	رقم القياس (أمريكي)	رقم القياس (إنكليزي)
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".

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	1.06	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-2: مقاييس الصفائح الفولاذية الأمريكية*

الفولاذ المغلون (القياس النموذجي المصنع)		الفولاذ (القياس النموذجي المصنع)		رقم القياس
الكتلة (kg/m^2)	السبك (mm)	الكتلة (kg/m^2)	السبك (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	21.35	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".

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 :

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

الملحق (ب)

الجدول

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	0.099	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

الملحق (أ)

المعادلات

الصيغة المبسطة الأكثر شيوعاً لمستعملة 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 قدرة الحصانية (HP) مع مكعب سرعة الدوران في الدقيقة (RPM)
$$HP_1 / HP_2 = (RPM_1 / RPM_2)^3$$
- الفعالية: معدل تحميل 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:

V_1 = السرعة عند الدخول (متر/ثانية) (عادة تؤخذ حالة السكون)

V_2 = السرعة عند الخروج (متر/ثانية)

ρ = كثافة الهواء (كغم/متر مكعب)

- قدرة الهواء Air Power (واط)

$$W_a = Q P_t$$

حيث:

W_a = قدرة الهواء (واط)

Q = معدل تدفق الهواء (متر مكعب/ثانية)

P_t = الضغط الكلي (نيوتن/متر مربع)

- قدرة المروحة Fan Power (واط)

$$W_f = \eta W_a$$

حيث:

W_f = قدرة المروحة (واط)

η = فعالية المروحة

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

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

- يجب التأكد من سهولة الوصول إلى وحدات معالجة الهواء وأجهزة السيطرة والمراوح.
- على المصمم تسهيل عملية الوصول إلى وحدات معالجة الهواء وأجهزة السيطرة ومراوح الطرد لضمان التشغيل السليم والصيانة لمعدات التهوية ومكونات النظام. من الضروري عدم الاحتياج إلى السلم المتحرك أو السطح للوصول إلى المعدات المتواجدة على السطح ، ولما ينبغي أن يكون الطريق للوصول إلى الأجهزة متاحاً عن طريق سلم مبني وباب بالحجم الاعتيادي.
- وضع التسميات والتأثيرات 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 التأشير يجب أن تكون سهلة القراءة عند الوقوف بجانب الآلات وتسمح بمواكبة عمل الآلات التي ترافقها، وأن تترافق مع المخططات والرسوم لآلات التهوية.

المراجع

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

7. ان المرشحات النظيفة تكون قليلة المقاومة للهواء المار من خلالها بذلك يكون استهلاك الطاقة قليلاً.
8. ينبغي ارتداء عدة الحماية لشخصية 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 مـقـررات الفحص Inspection tips

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 أو 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 الوابية مغلقة بشريط لاصق.
3. عدم وجود تسريبات حول المجاري الهوائية.
4. وضع مصيدة على مجرى التكثيف مع إزالة 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 لا يمكن الحصول على الحد الأقصى لعمر المرشح - لكن 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 يضاعف الضغط. يجب تغيير المرشح اللوحي عندما يكون الضغط (1.3) سنتيمتر و يتم استبدال المرشح المنوي (Pleated filter) عندما يكون الضغط (2.3) سنتيمتر.

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 أجهزة التهوية والتكييف، فالدقائق الكبيرة تسد الملفات وتؤثر بصورة سيئة على المحامل أما الدقائق الصغيرة فتتلف الأجهزة. إن اختبار ASHRAE للفعالية يُجرى لمعرفة إمكانية المرشح على إزالة الدقائق الكربونية الصغيرة والسواد الأخرى 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 (كما تقع المرشح كانت قابلية نفاذ الضوء أقل عبر المرشح). يعطي اختبار الفعالية مؤشراً واقعياً لقدرة المرشح في إزالة الدقائق المسببة للبقع على الجدران والسقوف في الابنية.

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

تعتبر الصيانة المخططة والبرمجة هي الحل الأمثل لمشاكل مرشحات الهواء. وسوء الصيانة يمكن أن يؤدي إلى أضرار مكلفة في نظام لتهوية وتكييف 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 أي تسريب خلال الاطار الحام للمرشح لان الهواء يتبع الطريق السهل والأقل مقاومة، والشقوق الصغيرة التي قد تبدو مهملة، لكنها مجمعة يمكن أن تصبح فتحة كبيرة. لا يجوز السماح للهواء غير المرشح بالدخول في نظام التهوية، حيث يؤثر هذا ليس فقط على نوعية الهواء، وإنما 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 حملتها.
5. ينبغي أن لا تقل 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 لأنها تميل وسطاً مناسباً لالتقاط الغبار الناقل للبكتيريا و الملوثات الأخرى ويمكن أيضاً أن تكون المرشحات المستعملة والمحملة بالغبار والأتربة في بيئة رطبة بيئة مناسبة لتواجد ونمو الجراثيم ومن ثم نقلها للحيز عن طريق الهواء المجهر.

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 كنمذجة للتأثير ويستعمل هذا المبدأ لقياس فعالية تصفية المرشح في خفض التلويث عن لسطوح 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 أربع خواص رئيسة لاداء

المرشح وهي:

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

7-2/2-1 مقاومة تيار الهواء (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 بالباردال (نيوتن/م²) او ملم عمود من الماء. بصورة عامة المرشحات المعتمدة على الارتطام اللزج 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 أيضاً مقاومته عند نهاية الخدمة التي يستبدل عندها المرشح. وهذا يستلزم معرفة متطلبات الطاقة المتغيرة التي يحتاجها نظام التهوية طيلة فترة عمر المرشح.

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

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

7-2/2-3 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%

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

7-2 إرشادات النصب والاختبار Guidelines of testing and installation

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

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

1. استعمال المرشحات HEPA للهواء المجهر والتي تمتلك فعالية اختبار DOP بمقدار (99.97%) لغرف العلاج السيري 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 لآلات سلامة التي تتعامل مع مواد مشعة. حيث يصمم نظام التصفية لضمان إزالة آمنة، واستبدال المرشحات في حال تلوثها.
2. تثبت جميع المرشحات لمبنى أو قرب بين شرائح المرشح وبين ارضيته والاطار الساند للمرشح. إن أي تسرب قليل للهواء لملوث خارج مرشح 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 أي 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 وشبائيك توزيع الهواء لمنع تسرب الغبار والأوساخ والمواد الخطرة في أثناء عملية البناء. مثل هذا التلوث غالبا ما يكون دائما ويهيئ محيلا لنمو المواد المعدية. كما ان المرشحات المنصوبة أو الجديدة سرعان ما تصبح ملوثة بغبار البناء.

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

توضح المواصفة [1] ASHRAE 52.1 ، اجراءات اختبار وتقييم اجهزة الترشيح ودرجة تنقية الهواء. هناك ثلاثة أساليب شائعة للاختبار وهي: اختبار المسك Arrestance، اختبار فعالية بقعة - الغبار الجوي واختبار الاختراق DOP. اختبار المسك Arrestance : هو اختبار يجري في المختبرات الموثوقة والذي يسمح لكمية معينة من المواد المعروفة باختبار ASHRAE للغبار بالمرور عبر المرشح الذي يراد تقييمه. حيث ان اختبار ASHRAE

- 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 للرطوبة
- 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 عارضة
- 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 التمزق
- 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 وظوها من السوفان (التآكل)
- ان تكون جميع الصمامات والمرشحات ومجاري تصريف المياه مفتوحة

• 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 لشركات الصانعة.

• اهتزاز شديد مع ضوضاء

1. دوذب 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:

Exhaust hood قلنسوة الهواء العادم

من حيث:

- سلامة الاجهزة
- عدم وجود الرطوبة

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 لمروحة بجهاز متغير السرعة، ينبغي أن تشغيل المروحة بسرعة منخفضة ومن ثم تساق تدريجاً للعمل بكامل سرعتها. ومن المستحسن استعمال مقياس سرعة الدوران (Tachometer) اقراءة السرعة عند أقصى سرعة وعند السرعة المنخفضة والمتوسطة، حيث ان أي انحراف عن السرعة التصميمية يكون واضحاً ويمكن تعديله. اذا كان للمروحة حزام قبلل للتعديل فيكون وجود مقياس سرعة الدوران أمراً ضرورياً. إذا كثت سرعة التشغيل المطلوبة غير صحيحة فمن الضروري ايقاف المروحة وضبط المحرك، وإعادة فحص الحزام وتشد 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 وإدبة 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 الحزام 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 المرواح Fans maintenance guideline

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

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 الطبق 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 وبقياء 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 وسيلة الربط (Coupling) من النوع الذي يتطلب التشحيم. وكذلك التأكد بان الاستقامة (Alignment) تبقة بقدر الامكان مع الواجهة المتوازية.

5. يجب التأكد من أن دولا المروحة يدور بصورة صحيحة بالنسبة للغلاف، والاتجاه الصحيح دائما مؤشر على لسطح الخارجي للغلاف وليس بالضرورة على الدولا. 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 الثابتة للدولا، يتم أولا، شد الاول الذي قبل الـ keyway (بالنسبة لاتجاه الدوران)، ثم شد الثاني الذي بعد الـ keyway ثم القيام بتدوير لعجلة 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، وسيسر ذلك، يقلل من عمر الحزام الناقل مع التسبب في وضع حمل إضافي غير مطلوب على المروحة ومحامل المحركات .

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 انحراف مادي في أثناء الشحن أو بسبب الإهمال في التصنيع، خاصة إذا كان للمروحة طلاء خاص للحماية حيث لا يمكن 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 ويطلق القصيب المكشوف بطلاء وقائي او بشحوم ثقيلة، وعادة يتم تشحيم و ترتيب المحامل الكروية في المصنع، لذلك يفضل تدوير المحامل يدويا.

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

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

• 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 EN779*, 2002.
- [3] *European Standard EN1822*, 2009.
- [4] *ASHRAE Standard 52.2* - 1999.

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، يدخل الغاز الى برج ماص (مجفف) حيث يحصل تماس بين الغاز ومادة

قاعدية لامتناهات الحوامض من مثل المزيغ 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.

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

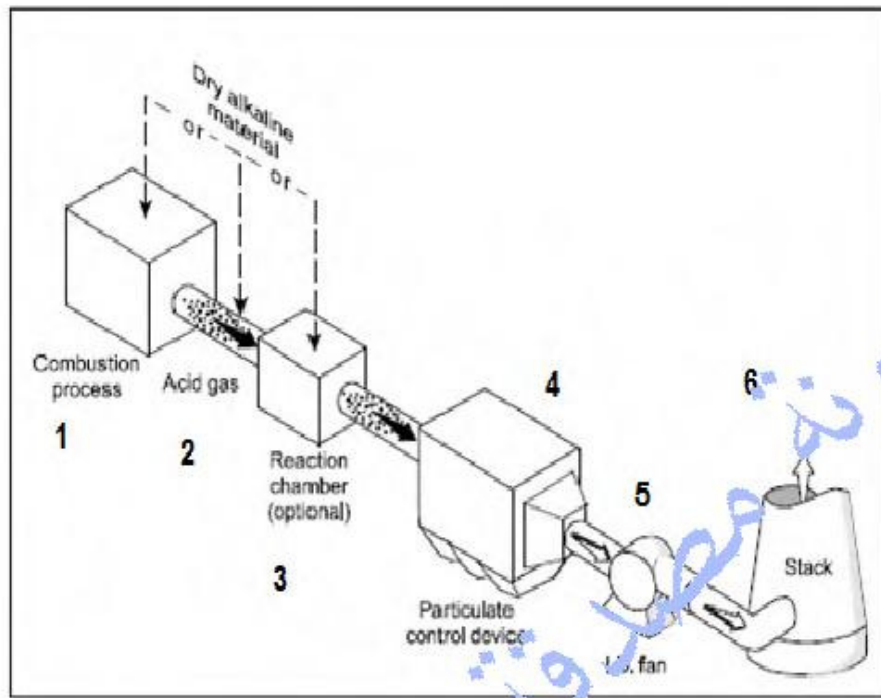
طورت طرق اختبار لمرشحات الهواء في عدة مجالات منها صناعة التدفئة وتكييف الهواء والسيارات والطاقة الذرية، والوكالات الحكومية والعسكرية من قبل المعهد الوطني الامريكي للمواصفات والتقنية، (National Institute of Standards and Technology-NIST) ومعهد مرشح الهواء الامريكي (American Filter Institute-AFI). وقد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

• اختبار المسك (الاحتجاز) Arrestance test

يمثل اختبار المسك بيان قدرة المرشح على ازالة جزيئات الغبار الجوية الأكبر حجما مع الاستمرار الى

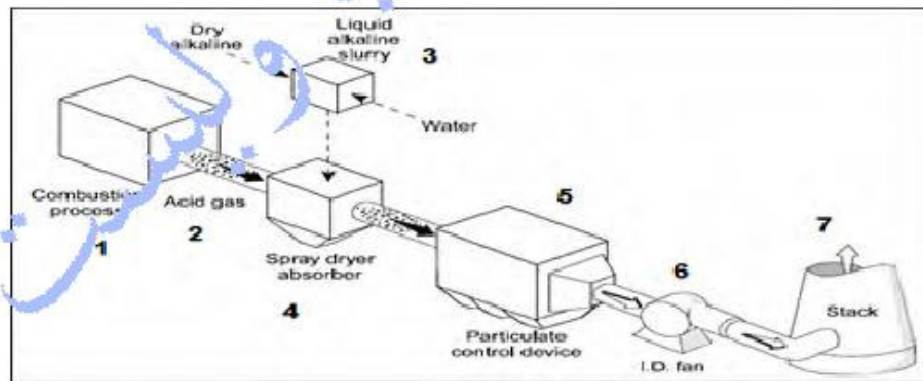
أداء المرشح في ازالة الجزيئات الأصغر. في هذا الاختبار، يتم تغذية كمية محددة من غبار الاختبار المحضر إلى وحدة الاختبار بمعدل معروف ومسيطر عليه. حيث يحسب تركيز الغبار في الهواء الذي يخرج من المرشح عند امرار كامل التيار الهوائي خلال المرشح ومن خلال قياس الزيادة في كتلة المرشح.

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.



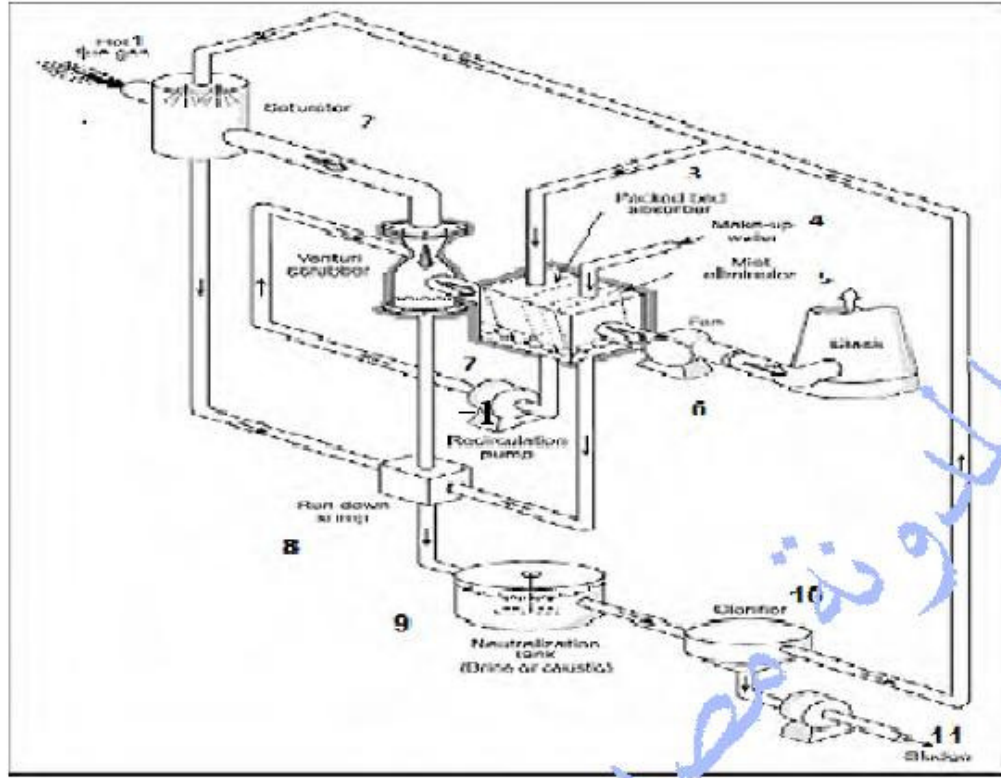
1- عملية الاحتراق، 2- غاز حامضي، 3- حجرة التفاعل، 4- جهاز السيطرة على الدقائق، 5- مروحة، 6- مدخنة

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



- 1- الغاز الساخن، 2- حجرة الاشباع، 3- الصندوق الممتص، 4- الماء التعويضي،
5- مزيل التضييب، 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، فإن منظومة التنظيف الجاف أو شب الجاف لا تقوم بإشباع حزمة الغاز لمعالج بالرطوبة وإنما بامتصاص الغاز والسيطرة على الدقائق لأجل إزالتها في بعض الحالات لا تضاف أية رطوبة وفي بعض التصاميم تضاف فقط كمية من الرطوبة التي يمكن تجميعها من الغاز بدون تكثيف. تستعمل منظومة التنظيف الجاف لإزالة الغازات الحامضية مثل (HCl و SO_2) من مصادر الاحتراق. توجد مجموعة متنوعة من التصاميم لمنظومات التنظيف الجاف وتحتوي على جزأين مهمين:

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

تناسب 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 المجمعدة (Packed towers) والأبراج الصفائحية (Plate towers).

إن الدغلفات 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 لمرواح ونظام استرجاع الهوائية فتقوم بتحريك الغاز عبر المنظومة ثم تدفعه إلى المدخنة لطرده إلى الخارج.

2/2/3-6 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.

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

إن أكثر الوسائل فاعلية لتقليل تعرض الشاغلين إلى الغازات هو بالتحكم والسيطرة على مصادر التلوث. ومن خلال تهيئة المرشحات الخاصة لإزالة الغازات والملوثات العضوية من هواء التهوية؛ وبسبب الكلفة، تتطلب الحيلة العالية فان هذه الانظمة لا تستعمل عموماً في البنايات أو المدارس ذات الاشغال الطبيعي، رغم 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.

4/2/3-6 منظفات الهواء Air cleaners

إن 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 لغازات 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 تستخدم 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. إن طريقة لتصميم 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 الغبار بأن تعمل على إزالة الدقائق بإمسакها على شكل قطرات سائلة ويزيل الغازات الملوثة بإذابتها في السائل. إن القطرات المتواجدة في التيار الغازي يجب ان تفصل من حزمة الطرد النظيفة بواسطة جهاز آخر يسمى مزيل الرذاذ (Mist eliminator)، كذلك يجب معالجة السائل الناتج قبل إعادة استعماله أو طرحه إلى الخارج.

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 حجم، 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	65-70	اقل من 20	-	-	2
75	70-75	اقل من 20	-	-	3
75	اكثر من او تساوي 75	اقل من 20	-	-	4
150	-	20-35	-	-	5
150	-	35-50	-	-	6
150	-	50-70	-	-	7
150	-	اكثر من او تساوي 70	-	-	8
250	-	اكثر من او تساوي 85	اقل من 50	-	9
250	-	اكثر من او تساوي 85	50-65	-	10
250	-	اكثر من او تساوي 85	65-80	-	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	75-85	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	75-85	17
350	-	اكثر من او تساوي 90	اكثر من او تساوي 90	85-95	18
350	-	اكثر من او تساوي 95	اكثر من او تساوي 95	اكثر من او تساوي 95	19

تتمة الجدول 6-1/3

التطبيقات	حدود حجوم الدقائق (مايكرون)	المعايير الأوروبية <i>EN779</i> & <i>EN1822</i>	المعايير الأمريكية				
			ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]		
			الاختبار		حدود حجوم الدقائق		
		تصنيف الفعالية الأوروبي	اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)	1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)
لغرف لتنظيفه و غرف الجراحة (ملوثات كيميائية و بأبولوجية و الفايروسات	أقل من 0.3	U13, U14	-	-	أكثر من أو تساوي 99.97%	-	-
		U15	-	-	أكثر من أو تساوي 99.99%	-	-
		-	-	-	أكثر من أو تساوي 99.999%	-	-
		-	-	-	أكثر من أو تساوي 99.9999%	-	-

+ مقتبس من [1] ، [4]

تتمة الجدول 6-1/3

التطبيقات	حدود حجوم الدقائق (مايكرون)	المعايير الأوروبية EN779 & EM822 تصنيف الفعالية الأوروبي	المعايير الأمريكية					
			ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]			
			الاختبار		حدود حجوم الدقائق			القيم المقررة للعالية الدنيا (MERV)
			اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)	1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)	
منشآت صناعية (بكتريا للجيوبيلا والغبار)	3 - 1	F5	%45-40	اكثر من %95	-	اقل من %50	اكثر من %55	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 لبكتريا)	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

الجدول 6-1: معايير اختيار مرشحات الهواء للتطبيقات المختلفة*

التطبيقات	حدود حجم الدقائق (مايكرون)	المعايير الاوربية EN779 & EM822 تصنيف الفعالية الاوربي	المعايير الامريكية					أقيم الممررة الفعالية الدقيقة (MERV)
			ASHRAE 52.1 [1]		ASHRAE 52.2 [4]			
			الاختبار		حدود حجم الدقائق			
			اختبار بقعة الغبار	اختبار المسك	0.3 الى 1 (مايكرون)	1 الى 3 (مايكرون)	3 الى 10 (مايكرون)	
ابنية سكنية (الغبار وغبار الطلع والقمل)	كثّر من 10	G1,G2	أقل من 20%	أقل من 65%	-	-	أقل من 20%	1
			أقل من 20%	65-70%	-	-	أقل من 20%	2
			أقل من 20%	70-75%	-	-	أقل من 20%	3
			أقل من 20%	أكثر من 75%	-	-	أقل من 20%	4
منشآت صناعية (الغبار والعفن)	10 - 3	G3	أقل من 20%	80-85%	-	-	35-20%	5
		G4,F5	أقل من 20%	أكثر من 90%	-	-	50-35%	6
			25-20%	أكثر من 90%	-	-	70-50%	7
			30-25%	أكثر من 95%	-	-	أكثر من 70%	8

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 ووحدة 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 الرئيسية الأعلى ثمنًا. الجدول 6-2/3 يوضح محددات القيم المقررة للفعالية الدنيا.

2/3-6 فعالية مرشح الهواء Filter efficiency

يقرر 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 كفاءة أعلى يعطي أفضل حماية للأجهزة والشاغلين، والمتوقع ان حصول زيادة 30% في الضغط الاستاتي عبر المرشح ستؤدي إلى زيادة الكلفة ولا يتضمن ذلك الكلفة الإضافية لتنظيف ملفات التدفئة أو التبريد الوسخة وأرواحه التصريف ومجاري الهواء. لذلك يجب ان يفترض المصمم قيم فعالية منخفضة لكل مرشح من المرشحات الابتدائية الموجودة في المجرى قبل المرشحات الرئيسية وبحدود (10%).

1/2/3-6 هبوط الضغط Pressure drop

ان تصميم مرشح الهواء بمساحة سطحية اكبر سي أنظف 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 بأكثر مساحة سطحية، مثل المرشحات اللوحية أو الكيسية أو زيادة في المساحة عن طريق تغيير شكل المرشح مع مراعاة شكل المجاري الهوائية. فعلى سبيل المثال، يمكن ان يحل لمرشح على شكل حرف (V) بدلا من الشكل الذي يكون مستويا وعموديا على مجرى الهواء.

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

نوع وسط المرشح	الفعالية الوزنية وفقاً لاختبار ASHRAE 52.1 %	الفعالية ببقع الغبار الجوى وفقاً لإختبار معدل التغير في اللون لعينة قياسية %
حصيرة من الخلايا الرغوية الدقيقة أو الألياف غير المنسوجة	80-70	30-15
حصيرة رقيقة شبه ورقية من الألياف الزجاجية أو السليولوزية	90-80	35-20
حصائر متعددة الطبقات من الألياف الزجاجية أو السليولوزية	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 زجاجية): قطر 0.5-2.0 ميكرون	-	98-90
أقل من 1 ميكرون (المرشحات الدقيقة HEPA filters)	-	-
مرشح غشائي (أغشية مصنعة من السليولوز أو النايلون وما شابه ذات فجوات قطرها 1ميكرون أو أقل)	-	-

+ مقتبس من [1].

إضافة إلى الأنواع المذكورة آنفاً، هنالك وحدات الأشعاع فوق البنفسجي (Ultra violet units) التي تستعمل لقتل الجراثيم خاصة في المستشفيات ومراكز الرعاية الصحية والأماكن الخاصة الأخرى. وهناك أنواع جديدة من المرشحات التي تحتوي على أضواء لوحدة اشعاع فوق البنفسجية لا بدأت تظهر للاستعمال في مجاري الهواء في أنظمة التهوية وتكييف الهواء المنصوبة ضمن المناطق المخفية والمظلمة التي تساعد على نمو العفن والفطريات أكثر من تلك المعرضة لضوء الشمس المباشر. لذلك أصبحت لهذه الوحدات تطبيقات واسعة في مجال تصفية مياه لشرب.

6-3 عوامل اختيار مرشحات الهواء Parameters of Filters Selection

6-3/1 اختيار مرشح الهواء Filter selection

إن تطبيق واستعمال مرشح الهواء شيء بسيط نسبياً مقارنة باستعمالات الأجهزة ولكن مايزال لغزاً لبعض الشيء، مع وجود الكثير من الأخطاء غير المعروفة التي تحدث. بعض من هذه الأخطاء لم توضيحها من خلال جهود جمعية ترشيح الهواء الوطنية (الأمريكية).

تكون خلايا الترشيح عالية الفعالية مصنعة ومجموعة بالكامل في المصنع ويتم تركيبها كخلية في هيكل معدني خاص مجهز بكافة الوسائل اللازمة لمنع تسرب الهواء تماماً من حولها عند ظروف التشغيل. تستعمل هذه المرشحات عادة في غرف العمليات الجراحية في المستشفيات وبعض المناطق في معامل الأمصال ومصانع الأدوية وبعض غرف العنلية الفائقة وما شابه ذلك من التطبيقات التي تتطلب نوعية هواء ذي درجة عالية من النقاوة وتكون فعاليتها ومواصفاتها وفقاً لمتطلبات المشروع. وتركب هذه المرشحات في آخر جزء من مجرى دافعت 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 في 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 المسبق للنشط أهم مادة مستعملة لهذا الغرض، إضافة لبعض المركبات الكيماوية الحديثة التي قد تستعمل لهذا الغرض.

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

2/2/2-6 المرشحات النوحية Panel filters

تكون مادة المرشح لهذا النوع من المرشحات على شكل طيات 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) والشبليك 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 للتصانيف F5 F8- و كمرشح ثانوي.

2/2/2-7 المرشحات ضد الجراثيم Anti-microbial filters

وهي مرشحات لوحية ذات سطح مرشوش أو ملقح بمواد قاتلة للحياة. تصنف المواد القاتلة للحياة إلى صنفين: أحدهما مرشح أو مبيدات. فالموانع ببساطة تمنع الكائنات الحية المجهرية من التكاثر في حين أن المبيدات تقتلها بالكامل. تكرر 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.

2/2/2-4 المرشحات الكيسية Bag filters

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

2/2/2-5 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 الدقيق عالقة بالهواء، ولا تقل فعالية الترشيح لها عن 99 % بإختبار (Di-octyle phthalate) DOP 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 1.3م/ثا. ويتم تغيير المرشحات ذات الفعالية العالية عند تجاوز فرق الضغط خلالها القيمة القصوى المحددة والموصى بها.

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

2/2-6 أنواع 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 الأمريكيتين ASHRAE 52.1 [1] و ASHRAE 52.2 [4] للتعرف على تصنيف تلك لمرشحات.

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

تصنيف مرشحات الهواء حسب المعيار الاوربي EN779 [2]			
تصنيف لمرشح	هبوط لضغط لنهائي (باسكال)	معدل الاحتجاز (Am) للغبار لصناعي (%)	معدل لفعالية (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 تساوي 85	-	15
H 11	اكثر او تساوي 95	-	5
H 12	اكثر او تساوي 99.5	-	0.5
H 13	اكثر او تساوي 99.95	99.75	0.05
H 14	اكثر او تساوي 99.995	99.975	0.005
U 15	اكثر او تساوي 99.9995	99.9975	0.0005
U 16	اكثر او تساوي 99.99995	99.99975	0.00005
U 17	اكثر او تساوي 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 للاستعمال للمرة ثانية. تستعمل هذه المرشحات كحماية لمرشحات الدرجة الأعلى والأعلى ثلثا التي تليها، وتسمى عادة باسم مرشحات المرحلة الابتدائية وتتراوح في التصنيف من (G2) إلى (G4).

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 محاكة صناعية أو ورق و تثبت بواسطة إطار سائد 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 إلى مرحلة السكون. إضافة إلى ذلك هناك أسلوب رابع مستعمل في بعض المرشحات وهو بأعطاء الألياف شحنة كهربائية في أثناء صناعتها. هذه الشحنات تجذب الغبار إلى الخارج من خلال المرشحات، فبؤدي ذلك إلى خفض فعالية المرشح مع الوقت بسبب فقدان الشحنة. تحتاج المرشحات إلى التغيير المنتظم لذلك من الضروري صناعتها بطريقة فعالة ومؤثرة وبكلفة قليلة. يمكن تحسين فعالية درجة الترشيح للمرشحات يجعلها ذات جزيئات متدرجة، حيث يكون حجم المسام في الجهة الخلفية من المرشح أصغر من تلك التي في جبهة المرشح، ضمن قدرتها على حجز مجال أوسع من الحجم الجزيئية. تستعمل هذه الطريقة من الترشيح في تطبيقات مختلفة لأراض 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 تتلف ألواح الترسيب يدويا أو آليا بالماء في أثناء الصيانة الدورية. ويتراوح فرق انخفاض الضغط على هذه المرشحات ما بين 35 إلى 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 إلى 1.75 م/ثا) على وفق اختبار مواصفة ASHRAE 52.1 [1].

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

(تقريباً 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.

1/2/1-6 الجزيئات Particulate

يغطي تصنيف الجزيئات حدوداً واسعة من مقاساتها؛ من جزيئات الغبار كبيرة الحجم بحيث تكون مرئية إلى العين (100 مايكرون) إلى لجزيئات تحت المجهرية التي يبلغ مقاسها (بضعة نانومترات). 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 التصنيف 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 (Fog)، ودخان مضرب (Smogs): هي في الغالب جزيئات سائلة معلقة أصغر مما هي عليه في الدخان والدخان.
- الدخان البيولوجي (Bioaerosols): يتضمن اساساً فيروسات سليمة ومتجزئة وكتيريا وخلايا فطرية ومواد تسبب الحساسية. تدرج الجزيئات السائعة والمسببة للحساسية مثل (متحسس عفن الغبار وزغب القطة، وغبار البيت، الخ...) والسموم ضمنياً في هذا الصنف.
- الملوثات الجزيئية (Particulate contaminants): تصنف هذه الملوثات بحسب حجمها، مثل الخشن أو الناعم، المرئي أو المخفي، أو المجهرية.

2/2/1-6 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 غليانها أقل من درجة حرارة وضغط المحيط.
- الأبخرة: حيث تكون الملوثات بهيئة صلبة أو سائلة تحت لظروف الداخلية أو الخارجية عندما تكون درجة غليانها أعلى من درجة حرارة وضغط المحيط وتتبخر بسهولة خلال عملية التبخر وتغير السوائل إلى أبخرة وتختلط مع الجو المحيط.

و تصنف الملوثات الهوائية أيضاً طبقاً لمصادرها وخواصها أو طبقاً 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.

الباب السادس مرشحات الهواء Air Filters

1-6 المقدمة Introduction

1/1-6 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 أيضاً ملوثات غازية مثل البنزين وثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين 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 خارج وحدة التهوية على مرشحات لإزالة هذه الشوائب. وتؤدي الإزالة غير الكافية لهذه الجزيئات إلى مشاكل في نوعية الهواء الداخلي من ناحية الرداءة والأمراض. وإن تجمع جزيئات الغبار على ملفات الأجهزة والمجاري الهوائية يؤدي إلى 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 شريط ملوث على السطوح المجاورة. تتضمن تعليمات الصحة والسلامة الأمريكية لعام 1996 المتعلقة بصيانة وتنظيف نظام التهوية وجوب إجراء صيانة دورية لمجاري الهواء.

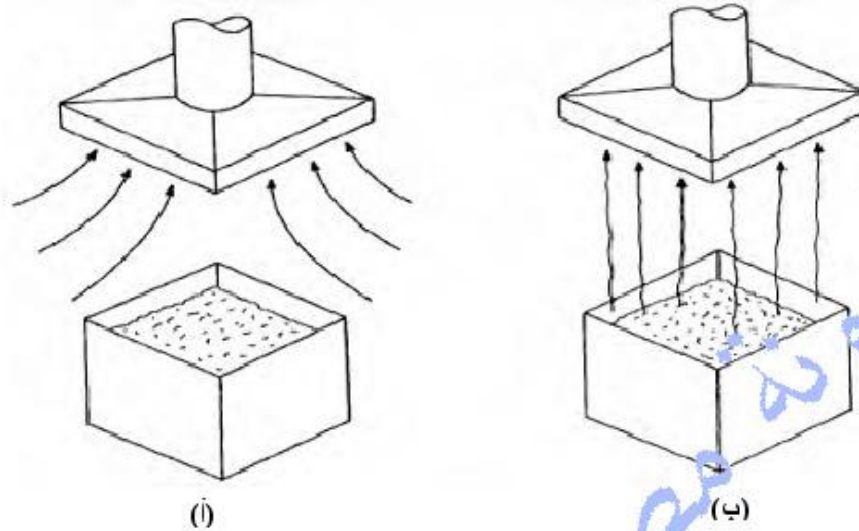
من الضروري استعمال مرشحات تنقية الهواء المجهز وكذلك لتنقية الهواء المطرود. تكون المرشحات إما من النوع متكرر الاستعمال القابل للغسل (Washable) أو غير متكرر الاستعمال، الذي يستعمل لمرة واحدة فقط ثم يرمى (Disposable). يجب مراعاة مايلي عند استعمال المرشحات:-

- تركيب مرشحات الهواء مع مراعاة سهولة الفك والتجميع وبمطلوب يسمح بمرور الهواء بشكل منتظم عبر مادة الترشيح.
- يكون مأخذ الهواء الخارجي بعيداً بدرجة كافية عن السطوح الملوثة أو أي 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.

2/1-6 ملوثات الهواء Air contaminants

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

تصنف ملوثات الهواء عموماً إلى 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 أن أصغر الجزيئات

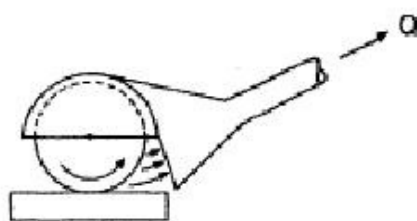


الشكل 5/4-5: اغطية فلنسوية مستقبلة

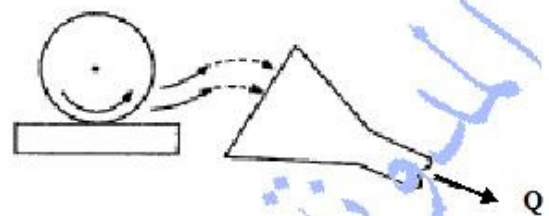
المراجع

- [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, EFFIRON, 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.

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



(أ)

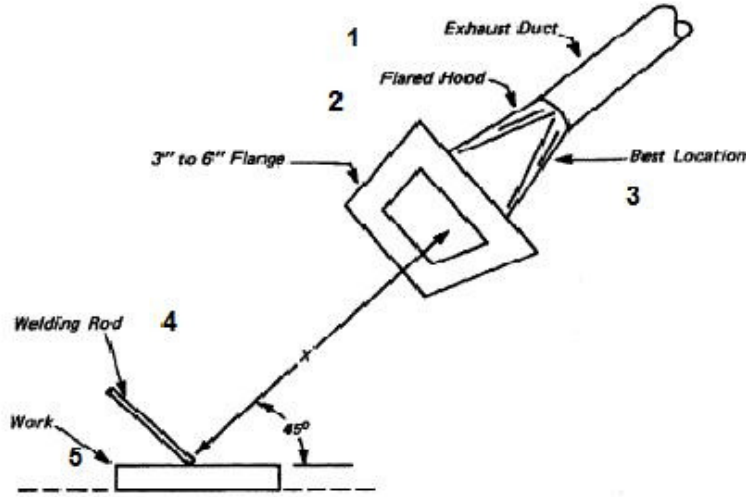


(ب)

الشكل 4/4-5: غطاء العلام 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 5/4-5 أ، طارد لحرارة الغرفة، في حين ان الغطاء في الشكل 5/4-5 ب، طارد لنتائج عملية التسخين. بما أنه لا توجد قوى خارجية لتوجيه الملوثات الى غطاء العلام 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 لملوثات نحو لغطاء. في هذه الحالة تعمل المظلة عمل مظلة مستقبلية.



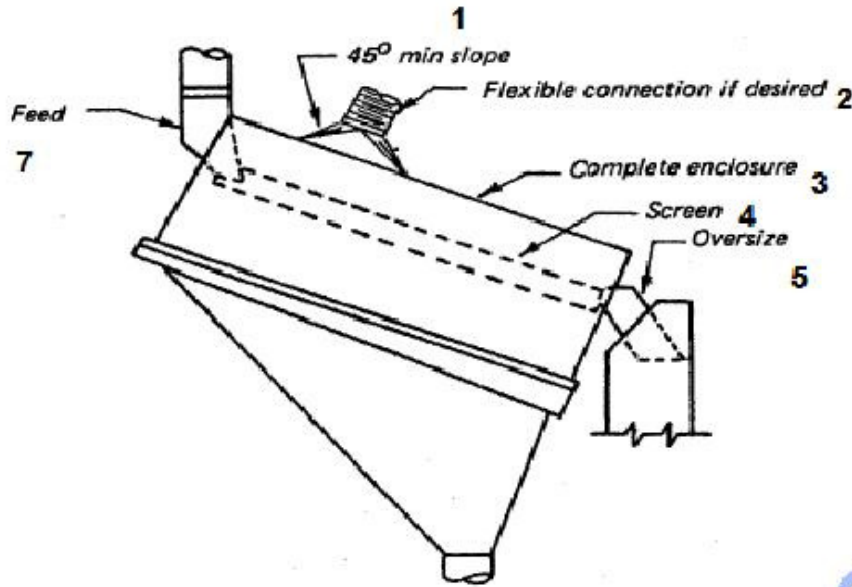
1. مجرى الطرد
2. قلنسوة ملتفة
3. أفضل موقع
4. قطب اللحام
5. قطعة العمل

الشكل 5-3/4: غطاء اللحام المحمول

في كثير من الحالات، تتطلب المتطلبات العالية استعمال اغطية خارجية التي هي بطبيعتها أقل انتشاراً من الاغطية الداخلية. فالأغطية القلنسوية عرصة التيارات الهوائية الداخلية العشوائية التي يمكن ان تعوق تدفق الهواء من نقطة لطلاق الملوثات الى الغطاء. عادة تكون هذه التيارات الهوائية ذات سرعة 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، فيما 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 موانب وظروف عملية توليد الملوثات وتوظيفها في نقل الملوثات من المصدر إلى الغطاء ومن ثم طردها خارجاً. مثل سبيل المثال: إذا كان توليد أو انبعاث الملوثات في اتجاه معين فيفضل عندها وضع غطاء الطرد عند مكان تحقق فيه الاستفادة من هذه الحركة لغرض النقاط الملوثات. ان المبادئ الأساسية لعمل الاغطية المستقبلية هي زخم الجسيمات المارة والتيارات الحرارية في عمليات معينة مثل عملية الطحن وكما مبين في الشكل 4/4-5. يجب



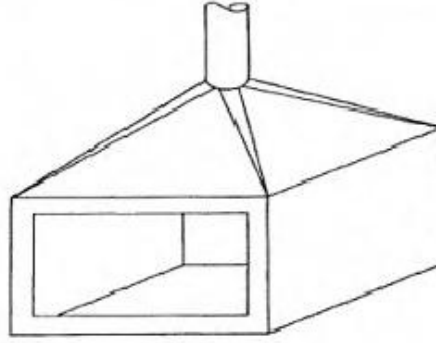
1. ميل 45 درجة
2. توصيلة مرنة عند الرغبة
3. احتواء كامل
4. مشبك
5. الاملاء
7. التغذية

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

عموماً، فإن صناديق القفازات Glove compartment كثيراً 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.

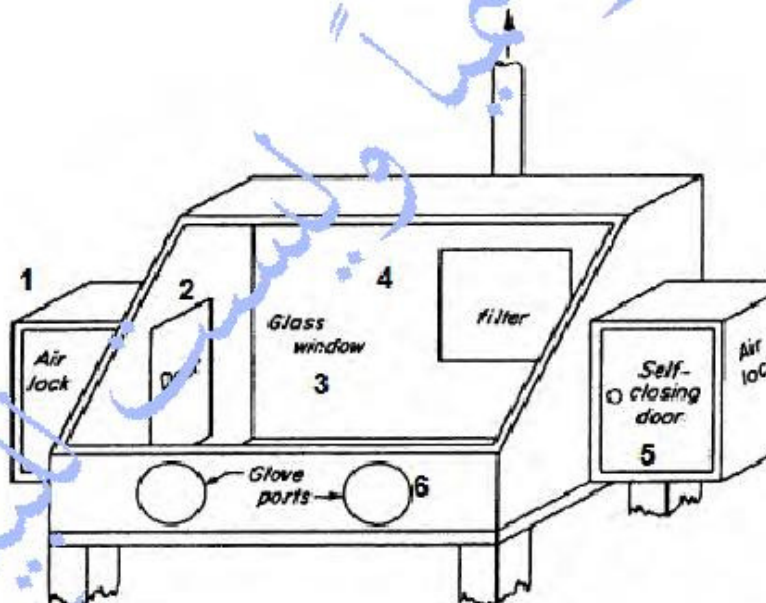
2/2/4-5 الأغطية القلنسوية الخارجية Exterior hoods

إن الفرق الأساسي بين الغطاء الداخلي و الغطاء الخارجي هو أن الأخير لا يحيط بالملوثات عند نقطة انطلاقها. ومن المعلوم أن الملوثات تتكون خارج الاغطية في المصانع المنتجة الصناعية، والمطلوب جمعها واحتواؤها من قبل الغطاء بدلاً 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 إلى الغطاء. إن حركة الهواء هذه ناجمة عن سحب الهواء من داخل مجرى مربوط بالغطاء ومن ثم إلى المروحة، وهذه العملية تخلق فراغاً جزئياً عند الغطاء، مما يؤدي إلى تدفق الهواء من حول الغطاء إلى داخله ليحل محل الهواء الذي يتم سحبه في نظام الطرد.



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 اكبر للمشغلين داخل الحيز لان إمكانية تعرضهم لملوثات الهواء في الغطاء المصمم تصميمًا جيدًا 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 الملوث منه.



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

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

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 ان 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 بحيث 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)

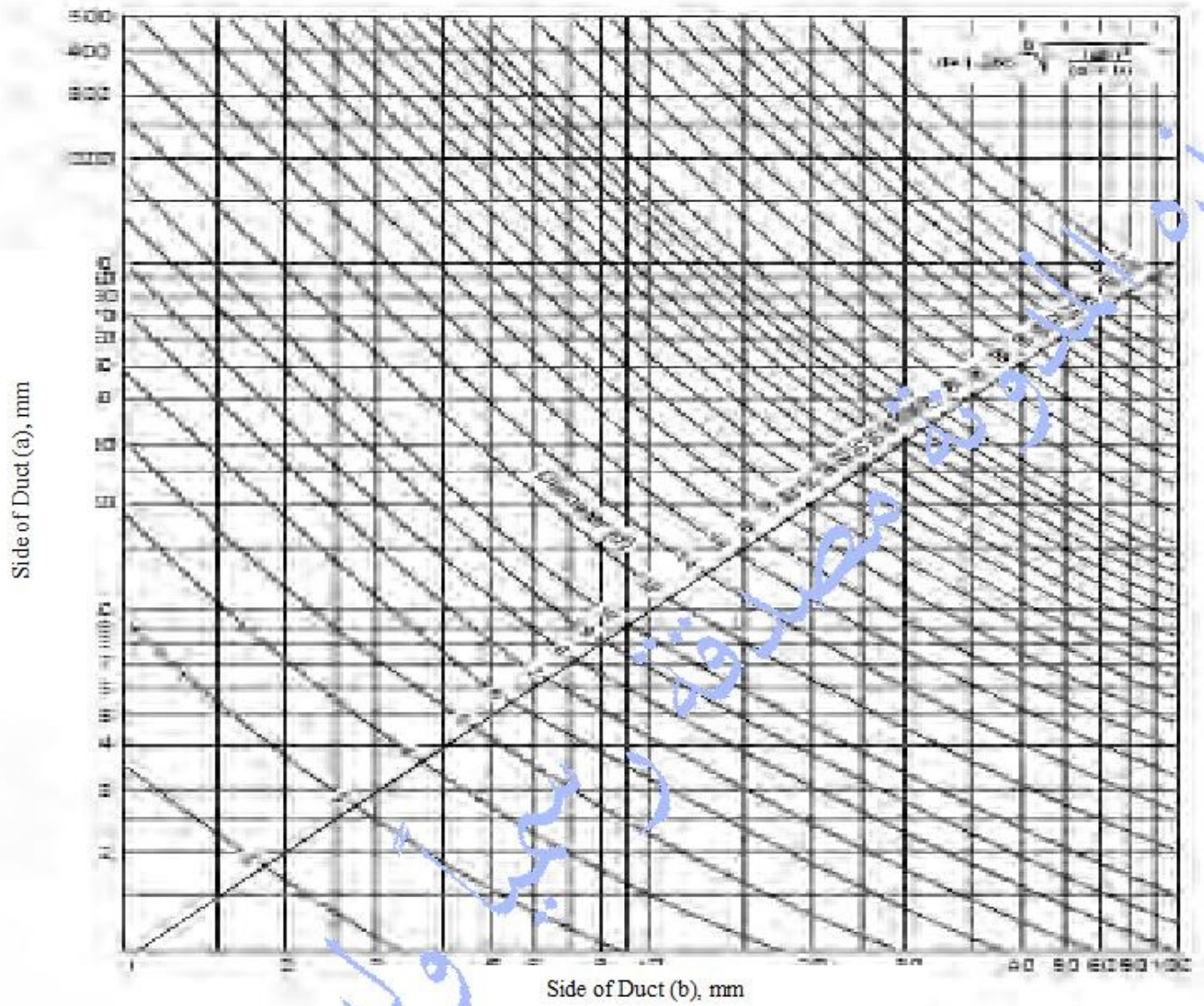
بحيث تكون الزيادة في كل اتجاه من الضلع مناصفة.

5-2/4 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 المستقبلية. من المهم تدبر فئة تصنيف الغطاء لأن التصميم الذي يجب اتباعه مختلف لكل فئة. ان 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:

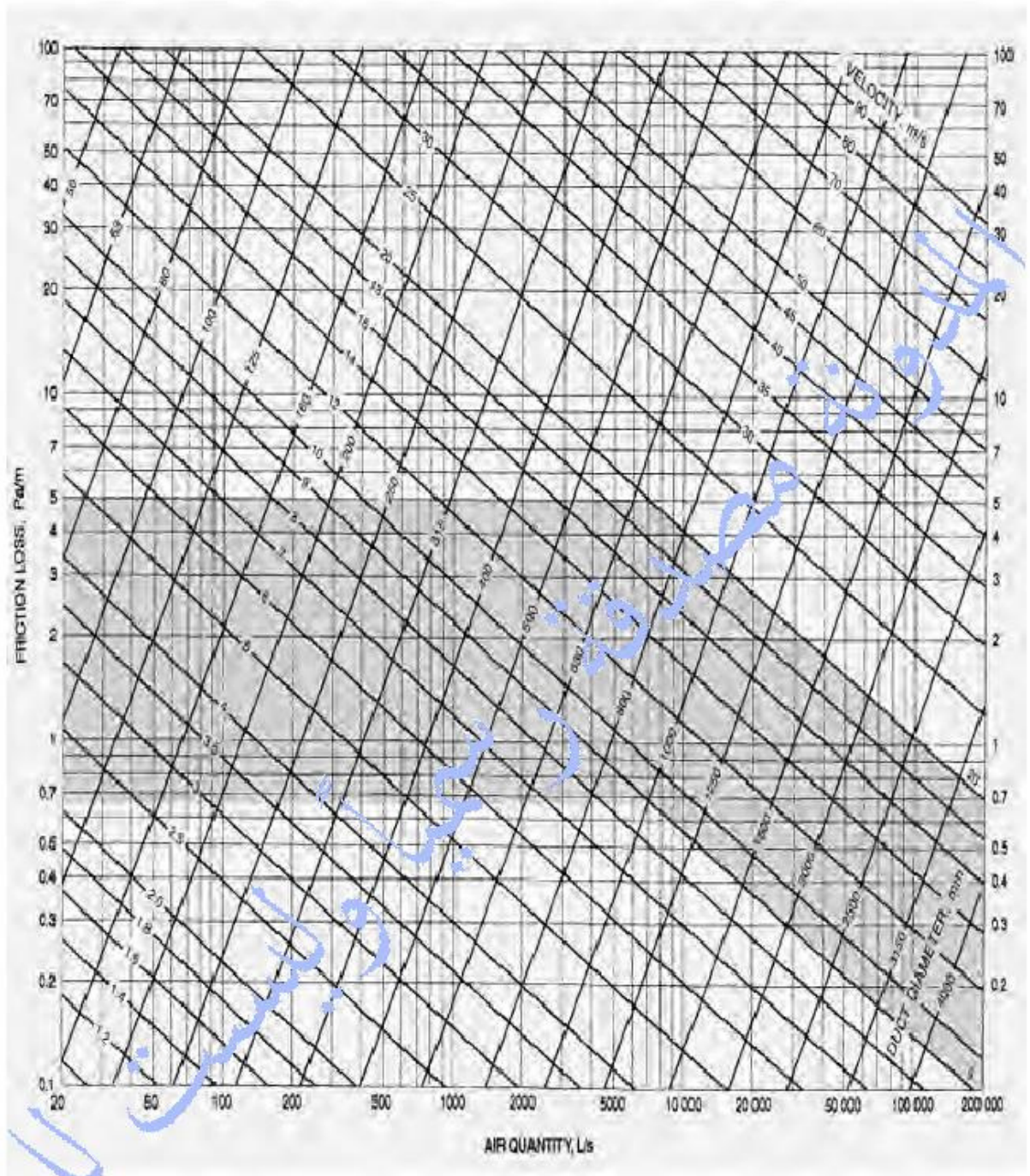
5-1/2/4 الاغطية القلنسوية الداخلية Interior hoods

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



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

*مقتبس من [1]



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

* مقتبس من [1]

الجدول 4/3-5: 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 للتبريد	900-250
اجهزة نسل الهواء	900-500
مرشحات الهواء	1000-500
منظومه مجاري الهواء (للمجرى الدليلي)	1000-100
شبابيك توزيع و ما شابهها	500-250
موزعات الهواء من انواع المنفت	250
معدل هبوط الضغط الكلي للمروحة (اعتياديا)	4000-2500

+ 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)
13.33 - 3.33	مرشحات لوحية • إصطدام لزج من النوع الجاف، مطوية الوسط: • فعالية واحدة • فعالية متوسط • فعالية عالية • المرشحات ذات الفعالية العالية (HEPA)
8.33 3.33	مرشحات ذات استعمال لمرة واحدة (Disposable) • إصطدام الستارة المتحركة اللزجة • ستارة متحركة بمادة جافة
5 الى 8.33 4.16 5.83 - 3.5 8.33 الى 10	مرشحات هواء الكترونية • من نوع المعدن المتأين • مادة مشحونة غير متأينة • مادة مشحونة متأينة
3.33 حد ادنى 2.5 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]

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: سرع الهواء في مجاري هواء التهوية و اجزاء منظومة التكيف (متر/ثا) +

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

+ مقتبس من [1]

نهيات المجاري الطويلة، وهذه إحدى نقاط الضعف الأساسية في هذه لطريقة. تكون هذه الطريقة غير ملائمة لاختيار احجام منظومة مجاري هواء بكاملها وإنما 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. بهذه الوسيلة سيكون هبوط الضغط من المروحة الى نهاية الفروع متماثلاً اذا كانت المنظومة متشابهة ومماثلة الفروع. أما 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. ونفضل هذه الطريقة على سابقتها بكثير وتعد الطريقة الأساسية لتصميم منظومات مجاري الهواء. وهناك أسلوبان 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 الأساس من المجرى الرئيس باستعمال الشكل 5-1/3 ومقدار معدلات هبوط الضغط في منظومة ككييف 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. وبالإمكان 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.

3/3-5 تصميم 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 الرئيسية التي تحدد احجام مجاري الهواء هي السرعة القصوى المسموح بها لتدفق الهواء داخل لمجرى. 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 ايسال منطوية ممكنة واكثرها ملائمة للتطبيق.
- اختيار ابعاد فتحات توزيع الهواء او سحبه.
- اختيار سرعة الهواء في المجاري الرئيسية من الجدولين 2/3-5 و 3/3-5.
- يتم تحديد حجم كل جزء من اجزاء منظومة مجاري الهواء بوحدة من الطرائق الثلاث المبينة لاحقاً.
- اختيار جزء المنظومة الذي يعطي اكبر مقاومة لتدفق الهواء ما بين تجهيزه من المروحة ولحين رجوعه اليها.
- يتم حساب هبوط الضغط الكلي في المنظومة والاعتماد على الجدول 4/3-5.
- يتم من الحسابات اختيار مروحة المنظومة بحيث تحزم معدل تدفق الهواء المطلوب عند ضغط استاتي يكتفي بهبوط 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 زيادة كفاءة الهواء المدفوع في المجرى الرئيس نتيجة تغذية فروع المنظومة. اما اختيار السرعة الابتدائية، فيتمد اساساً 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 كلياً في المنظومات الاعتيادية ولكنها مفيدة وسهلة في المنظومات البسيطة مع بعض الخبرة.

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

يتبدد جزء من الطاقة الكهربائية التي يسحبها المحرك أساساً لأن فعالية المحرك نفسه ليست 100% ولأن نقل الحركة من محور المحرك إلى محور المروحة بسبب فقداناً ضئيلاً في الطاقة. كما أن هناك تبددًا في قدرة المروحة نفسها للتغلب على الاحتكاك في كراسي التحميل وتبددًا 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 لتوزيع 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 تؤولي

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

وحدات قدرة الهواء (واط) إذا كان الضغط الكلي (P_t) بوحدات نيوتن/م² ومعدل تدفق الهواء (Q) بالتر المكعب في الثانية. يسمى لضغط التلي الذي على مروحة المنظومة تجهيزه بضغط المروحة الكلي عند الإشارة إلى المروحة. و تشكل النسبة بين قدرة الهواء إلى قدرة المروحة ما يعرف بفعالية المروحة. فإذا اشرفنا إلى قدرة المروحة بالرمز W_f و فعاليتها 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 نتهياً 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 دوراتها، في حين تتعلق النقطتان الأخيرتان بتحديد نوعية المروحة وملحقاتها من ريش تنظيم دخول وكاتمت صوت وما شابه ذلك.

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	18620
4.4	455	2.7	370	20390

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

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 لسرعة انحسار مسموح 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 الدائلي (اطول مجرى في منظومة الهواء) هو الحصول على معلومات كافية لتحديد سرعة 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.

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

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 منحنية 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 ، نحسب قدرة المحرك من المعادلة (2/3-5):

$$H_b = 2.3 + 0.33(3.9 - 2.3) + 0.2 + (2.7-2.3)$$

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

اما الفعالية الاستاتيكية 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.

- 1- اختيار نوع المروحة بحسب الاستعمال، حيث تستعمل المراوح القطرية في تخفيف تراكيز الهواء داخل الحيز ومراوح الطرد المركزي من نوع الريش المحتبة الى الخلف في التهوية من خلال المجاري الهوائية ومراوح الطرد المركزي من نوع لريش 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

تتمة الجدول 5-1/3

1000 باسكال ضغط استاتي		750 باسكال ضغط استاتي		500 باسكال ضغط استاتي		250 باسكال ضغط استاتي		السرعة عند المخرج	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	م/ثانية	
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	750	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 لضغط خلال المنظومة وعلى

النحو التالي:-

الجدول 5-1/3: تقييم مرواح الطرد المركزي ذات ريش منحنية 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

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

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

عند اختيار الظروف التشغيلية للمروحة، يصبح من الضروري اختيار المروحة المناسبة التي سوف تعطي تدفق الهواء المطلوب لضغط الاستاتي المرغوب به في نظام التهوية. عند استعمال منحنيات الاداء للمراوح فينبغي اتباع منحنى لمروحة بحيث يتقاطع مع منحنى مقاومة النظام للحصول على نقطة التشغيل المطلوبة للمروحة، ويمكن الاستعانة عدد التصميم بسلسلة من جداول التقييم لمراوح ماثلة لتلك المبينة في الجدول 1/3-5 حيث تفضل الشركات المصنعة للمراوح عرض المعلومات على شكل جداول بدلا من المنحنيات لتسهيل 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) مقدار الخسارة في الضغط الاستاتيكي (سم عمود ماء). يمكن الرجوع الى جداول ماثلة لانواع اخرى من المراوح للشركات المصنعة.

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

تُعرف أيضاً بمرواح 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 إلى ضغط استاتي مفيد.

5-3/2-6 مرواح الطرد السقفي Roof exhausters fans

تكون هذه المرواح كاملة، ومن نوع الدافعة أو ذلت الطرد المركزي أو القطري، مع قاعدة للتثبيت على السقف. تدار المروحة بمحرك كهربائي بمحور واحد للمحرك والمروحة، أو بواسطة بكرات وحزام نقل الحركة. تتوافر هذه المرواح بمجموعات متنوعة وتصنع عادة من المعدن أو البلاستيك. وتستخدم هذه المرواح مع غطاء الطرد في المداخل التجارية حيث يكون طرد الهواء للخارج أما جانبياً حول عجلة الدوران كما في مرواح الطرد المركزي أو عمودياً كما في المرواح المحورية بحسب مواصفات الشركة المصنعة للمرواح.

5-3/2-7 أجهزة التهوية المجمعة 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 أهم الوحدات والاكثر استعمالاً:

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

- وحدة تنظيف الهواء التي تحتوي على لوحات ميكانيكية لجمع الغبار المتطاير ومنظف للأبخرة.
- أنظمة عادم السيارات في المرئب لخدمة الشاحنات.
- أنظمة عادم اللحام مع غطاء ومجاري مرنة للهواء.

5-3 اختيار المرواح Fan Selection

5-3/1 معايير اختيار المرواح 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 وبالاكتفاء على المعلومات التالية:

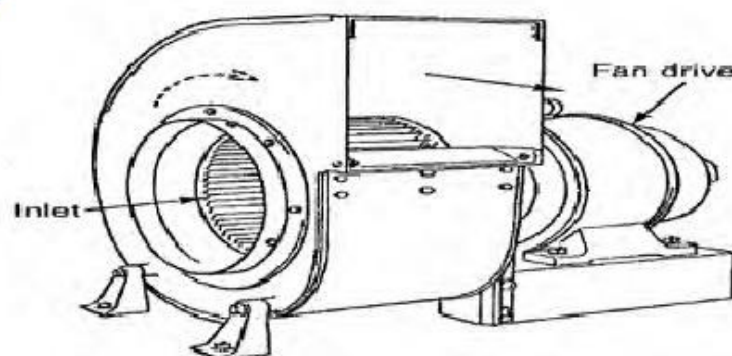
- كمية الهواء المطلوب، م³/ ساعة
- الضغط الاستاتي لمقاومة المنظومة
- كثافة الهواء (ارتفاع و درجة الحرارة)
- نوع الخدمة

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

يمكن تمييز المروحة ذات الريش المحنية للامام من خلال العدد الكبير للريش الواسعة ومناولة كميات كبيرة من الهواء، ولكن بضغط قليلة ومتوسطة وبسرعة منخفضة. وتكون هذه المروحة مفيدة في أماكن معينة وتسمى أحياناً 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 وطرده الهواء لأنظمة التكييف والتهوية الميكانيكية الموضعية.

إما لواح ذات دولاب بريش محنية للخلف، فإنها من الأنواع المفضلة حيث تتميز بمستوى فعالية أعلى من المراوح بريش قطرية مع صرف طاقة أقل وتستعمل لمناولة الهواء غير المغبر، ويمكن استعمالها للغازات الملوثة شريطة وجود جهاز للتنظيف قبل المروحة. وتصنع هذه الريش من الواح الصلب أو الصفيح مع طلاء الوقاية. بسبب سرعة الدوران والضغط على الريش، تكون هذه المراوح غالية الثمن.

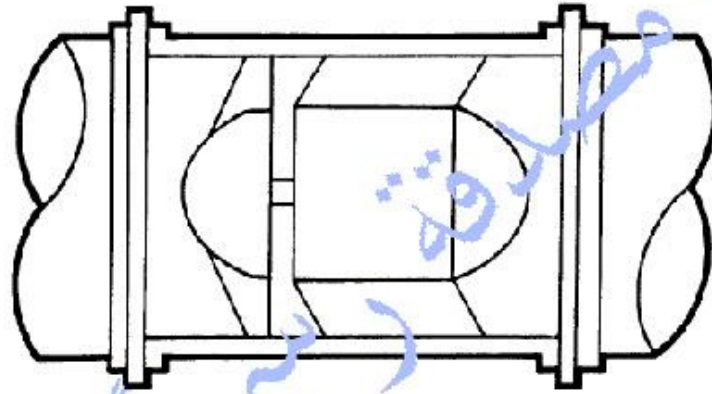
أما فيما يخص المراوح ذات دولاب بريش قطرية، فإنها أبسط أنواع المراوح الطاردة المركزية وعادة ما يشار إليها باسم مراوح التهوية لصناعية. وتكون ذات فعالية واطئة وتستعمل حصرياً لمناولة الهواء المغبر والمحتوي على ملوثات بنسب عالية وغازات ذات طبيعة تآكلية لأن الريش تكون سميكة ومقاومة للتآكل. تختلف هذه المراوح في أشكال الريش من المسطحة إلى المحنية لغرض تحسين فعاليتها قليلاً أو لتتناسب مع تطبيقات معينة ولها القابلية على التنظيف التلقائي مما يساعد على عدم تراكم الأوساخ على الريش. ونظراً لقلّة فعاليتها وارتفاع ثمنها، تستعمل هذه المراوح لأغراض نقل الهواء المغبر والمحتوي على ملوثات التآكل. تصنع الأحجام الكبيرة منها عادةً من الحديد الملمحوم أو مجموعة متنوعة من المعادن الخاصة والبلاستيك، أما الأحجام الصغيرة والمتوسطة فتصنع من معدن مسبوك والريش تصنع عادةً من الحديد الزهر. تسير هذه المراوح عموماً ببساطة التصنيع.



الشكل 4-2-5: المراوح الطاردة المركزية

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

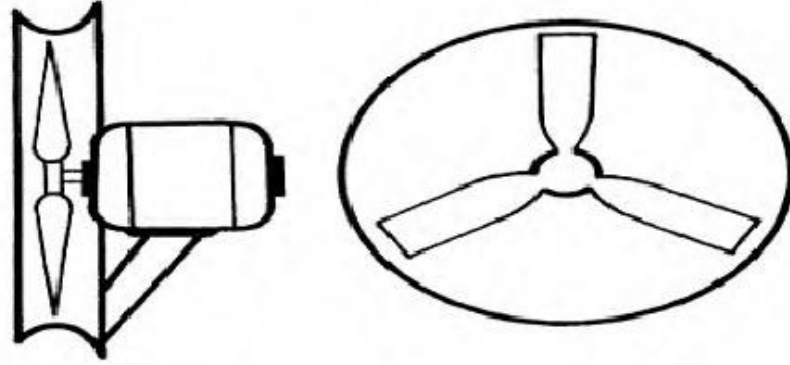
تكون المراوح محورية الريش كما في الشكل 3/2-5 شبيهة بالمراوح لنبوبية المحور مع تحويل لاضافة موجّهات خلف المحرك الكهربائي، حيث تقوم هذه الموجّهات بتقليل دوامة الهواء عند مخرج الريش وبذلك تساعد على تكوين ضغط يقترب من (2000) باسكال. توضع هذه المراوح داخل مجرى هواء أسطواني قصير وتدفع الهواء بتيار محوري خلالها. 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 التنظيف نسبياً مثل الهواء الراجع في أنظمة التكييف ولا تستعمل لنقل الهواء المحمل بالغبار وتكون عادة باهضة الثمن مقارنة مع الأنواع الأخرى .



الشكل 3/2-5: المراوح محورية الريش

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

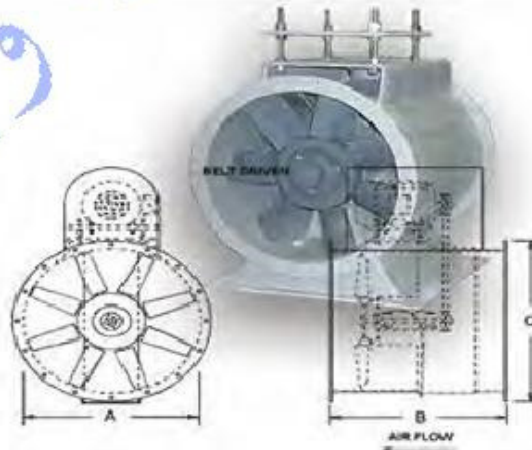
تكون هذه المراوح أكثر استعمالاً في اماكن تكييف الهواء والتهوية الميكانيكية التي تتطلب التغلب على الضغوط العالية نسبياً. تتلاءم هذه المراوح مع معظم الاستعمالات وبامكانها دفع كميات قليلة وكبيرة من الهواء بمقادير ضغوط واسعة. وفي هذه المراوح يغير تيار الهواء اتجاهه بزاوية 90 درجة حيث يدخل الهواء من وسط بيت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



الشكل 5-2/1: المراوح الدافعة

2/3/2-5 المراوح الأنبوبية 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 لمروحة. وتكون الريش اكبر حجما من سابقتها والمركز الذي تستند اليه الريش اصغر حجما لا يمكن عادة تغير اتجاه الريش ولما 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 في ذلك 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 الأنبوبية المحور

- سعة التجهيز الحر Free delivery capacity: تعني سعة المروحة لتجهيز الهواء بدون أي مقاومة للهواء أو 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

أصبح من الممكن وبفضل استعمال المراوح تحريك هواء التجهيز وهواء التهوية في أنظمة التكييف. تخلق المروحة لحركة 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. الأول المراوح المحورية، التي يكون الجريان فيها موازيا لمحور الدوران، أما النوع الثاني فهو المراوح الطاردة المركزية ويكون الجريان فيها باتجاه قطري، ولكل منهما خصائص مختلفة للتشغيل.

3/2-5 أنواع المراوح Type of fans

إن للمراوح هي الأجهزة المستعملة عموماً لدفع وتدوير الهواء أو الغازات الأخرى في منظومات مجاري الهواء ومنها تطبيقات التهوية الميكانيكية. ونقسم المراوح إلى أربعة أنواع رئيسة بحسب طريقة عملها وصنعها، إضافة إلى أنواع أخرى للاستعمالات الخاصة (Special purposes). الأنواع 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 بالإضافة إلى 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 أو معدن مسبوك (عادة الألمنيوم) أو الفولاذ (أو معدن أخرى) أو من البلاستيك مع الطلاء بدهانات الوقاية. وتدار المروحة بمحرك كهربائي بمحور واحد للمحرك والمروحة. تمتاز هذه الأنواع من المراوح بأنها تدفع أو تسحب كميات كبيرة من الهواء ولكن لا تستطيع تهيئة ضغط، وفي حالة حاجة النظام إلى توفير ضغط بحدود (100-200) باسكال فإن كمية الهواء المطلوبة نقل بشكل ملحوظ. أما عندما تكون ريش المراوح بشكل جناح لسياري (Aerofoil) فبإمكانها تهيئة ضغط بحدود (200-500) باسكال أو أكثر. وتستعمل أغلب الأحيان لإدخال أو إخراج الهواء من مكان معين بدون ضغط يذكر مثل تطبيقات مراوح تخلية الهواء من المطابخ والمرافق الصحية والمختبرات والظروف المناخية الحارة وما شابه ذلك وتتصب في الجدران أو السقوف بدون مجاري هوائية أو بمجاري هواء قصيرة جدا.

ضغطاً مقداره 2.5 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) مقاسا بـمتر/ثانية و (P_v) مقاسا بـملمتر عمود ماء (Water gage).

فمثال على ذلك: عند السرعة 40 م / ثا يكون الضغط الحركي 96 ملم عمود ماء، وعند السرعة 10 متراً 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 مقاسا 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 الفرمال Brake horsepower: هي القدرة التي يجب أن تجهز عمود (Shaft) محرك المروحة لأعطاء السرعة والضغط المطلوبين.
- الفعالية الاستاتي Static efficiency: وهي ليست الطاقة الميكانيكية الحقيقية ولكن تكون ملائمة للاستعمال لأجل 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 إضافة الضغط الحركي عند مخرج المروحة إلى الضغط الاستاتي (SP). بيانات شركات الصانعة للمراوح تدرج السرعة الخارجة عند مخرج المراوح ولمختلف الضغوط الاستاتي.
- 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 إلا إذا ذكر عكس ذلك.

- الضغط الساكن (الاستاتي) Static pressure: هو الضغط الذي تنتجه المروحة سواء كان الهواء في حركة حرة أو محصوراً داخل مجرى مغلق ويعبر عنه بـمليمتر عمود من الماء أو نيوتن/متر مربع. 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	0.385	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 لمروحة والذي يمكن أن يوجد فقد عندما يكون الهواء في حالة حركة ويقاس في اتجاه تدفق الهواء. والهواء الذي يتحرك بسرعة 20 م/ثا يساوي

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

نوع الاجهزة	معدل الكسب الحراري المفضل / واط		
	المحسوس*	الكامن	المجموع
مجفف الشعر	673	117	790
نيزن، اشارة	8	-	8
نيزن 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
محرق مواد	985	245	1230
مشعل غازي	528	65	593
قداحة سكاثر	264	30	294

+ مقتبس من [1]

* تستعمل الحرارة المحسوسة المكتسبة في .سابات الدبوية.

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 زمن. 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 حرارة غير القياسية فيمكن الرجوع الى معامل التصحيح في الجدول 5-1/2.

تتمة الجدول 5-1/8

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 لأعمال الخبي		
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 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	مائل
19050	1905	الشوائية
الفرن - لاعداد الخزف		
1170	115	لكل قدم مربع من الفرن
23440	2345	الفرن - التحميص
الفرن لاعداد الشبي		
23400	2340	الجزء العلوي
10255	1025	الجزء السفلي
المطاعم		
7030	705	لكل عينين للطباخ
8790	880	لكل فرن
10255	1025	لكل قالب كعك -شوائية
الاجهزة التي تعمل بالكهرباء - النوع الارضي		
16800	605	قالب الكعك
12000	1905	شوائية بدون فرن
28000	2870	مع فرن
16000	3165	شوائية احادي المجر
22000	215	محمصة

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

معدل القدرة الحصائية للمحرك	السرعة القياسية (دورة/د)	الفعالية عند الحمل الاقصى %	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 5-6 : 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 البولينج	150	275

+ مقتبس من [3]

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

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

+ مقتبس من [4]

تتمة الجدول 3/1-5

نوع الحيز	العدد المقترح لمرات تبديل هواء الحيز لكل ساعة
اسواق (عام)	10-3
المساح	8-3
المرافق الصحية	5-2
غرف الحولات	5-1
غرف الموربينات	6-2
المخازن	10-2
المطبخ	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
الشفق الفاخرة، مناطق الشخصيات المهمة	10±50	2±21	10±50	1±25

+ مقتبس من [1]

الجدول 5-3/1: 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
المخبرز	3-1
غرف المراجلة	4-2
صالة أوليفك	8-2
التنظيف الجاف	5-1
غرف الآلات	1,5-1
معامل (عام)	5-1
ورش	2-1
القاعات الرياضية	10-2
المرتب	10-2
غرف المولدات	5-2
القاعات الدراسية	2-1
المكوى	5-2
الغرف المغفلة	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

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

نوع الحيز	الهواء المطلوب (لتر/ثانية/شخص)	الشاغولون (عدد الاشخاص/100م ²)
القاعات	15	150
قاعات البولينك ولرقص	25	100
محل التريين	25	25
صفوف دراسية	15	50
غرف الاجتماعات	20	50
الاقسام الادارية	15	20
التنظيف الجاف	30	30
غرف الالعاب	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
الصيديات	15	20
ستوديو لتصوير	15	10
العلاج الطبيعي	15	20
المطاعم	20	70
تسهيلات المتاجر	15	20
بهو التخزين	60	70
مناطق رياضية	15	150
الاسواق	15	8
المسارح	15	150

+ مقتبس من [2]

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

$$\text{كمية الهواء المطلوبة (م}^3/\text{ثانية)} = \text{الحرارة المتحررة (المحسوسة) كيلو واط / } \{ 1.22 \times (\text{درجة حرارة الهواء الخارجي} - \text{درجة حرارة الحيز}) \}$$

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

5-5 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) أو ب (عدد الاشخاص/100م² كمساحة) لكل فاعلية ضمن الحيز موضحة في الجدول 5-2 تحت عنوان متطلبات الهواء الخارجي للتهوية المقبولة لجودة الهواء الداخلي. إن إجمالي معدل التهوية في هذه الطريقة يفترض ان 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 وفقاً 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 الموادات والاجهزة الكهربائية الاخرى. حيث يتطلب في هذه الطريقة معرفة كمية الحرارة المتحررة من اجهزة الحيز من خلال الجداول 5-6 لغاية 9-5 وبالتالي يتم حساب كمية الهواء الخارجي النقي المطلوب تجهيزه للحيز.

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
- نواء الترشيح الملائم
- نظام التشغيل و الصيانة لنظام التهوية
- وتطبق هذه الطريقة يمكن اتباع الخطوات التالية:-
- معرفة عدد الاشخاص شاغلين 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:-
- عدد الاشخاص = عدد الشاغلين للحيز * مساحة الارض (م²) / 100 (1/1-5)
- كمية الهواء الخارجي المطلوبة = عدد الاشخاص * متطلبات الهواء الخارجي (2/1-5)
- (م³/h/person) (م³/ساعة/شخص)
- 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 بالامطار المعبية 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 (m³/h) = حجم الحيز (m³) * 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، المحيط للحيز، ويمكن استعمال التهوية العامة لغرض تقديم "التبريد الحر".

- استعمال المبادئ الأساسية نفسها فيما يتعلق باختيار المآخذ ومحركات المراوح وكما هو الحال في النقاط الأساسية للتهوية المذكورة آنفاً.
- تثبيت مروحة الطرد في موقع ملائم للقضاء على أي دوران للهواء في أجزاء أخرى 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

ينبغي أن تفي معايير التصميم للتهوية الميكانيكية الناجحة بالمتطلبات التالية:

- تجهيز كمية الهواء المطلوبة.
 - مقبولة للشغلين من ناحية: الهدوء، انخفاض كلفة التشغيل، مبدأ عمل بسيط، عدم خلق جو غير آمن.
- الجدول 1/1-5 يوضح السرعة المقبولة والمحبة لانظمة التهوية في المباني العامة و المشاريع الصناعية.
- الجدول 1/1-6: 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 والنفراعات	3-2.5	9-4.5
شبابيك التهيز	2.3-1.2	-
فتحات التهيز	-	2.5-1.5
شبابيك التهيز القريبة من الارض	1.2-0.8	-
مجاري الهواء الهابطة	3-2.5	9-4.5

+ مقتبس من [1]

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

هناك طرائق عديدة لتصميم انظمة التهوية الميكانيكية من اهمها: -

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 الاستاتيكي بحيث لا يقل عن 3.125 ملم عمود ماء.
 - تجنب استعمال المراوح بعدد زوجي، عكس البعض، وعند الضرورة، ترك مسافة بين كل مروحتين متجاورتين لا تقل عن 6 مرات بقدر قطر المروحة.
 - يجب استعمال عازل فئة (Class F) محيطة IF55 لمعدات 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 أن تكون أجزاء المراوح من مواد غير قابلة للاشتعال عند المواقع في الأجواء الخطرة .

2/1-5 عملية التهوية Ventilation process

تحقق عملية لتهوية الأمور التالية:-

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

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 لنافذة... الخ. اما بالنسبة للتهوية المسيطر عليها، يعتبر استعمال طريقة التهوية الميكانيكية لتغيير الهواء هو الأسلوب المفضل في المباني. الجداول من 4-1 لغاية 4-4 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.

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

Ventilation for smoking-permitted area

إن دخان التبغ يولد مشاكل داخل المباني و يتطلب الأمر مضاعفة معدلات التهوية في مناطق المباني 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
ج. ملائم للاشغال في المناطق المسموح فيها بالتدخين*

المنطقة المسموح فيها بالتدخين	الاشغال (شخص/ 100 م 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

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

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

+ مقتبس من [4]، [5]

حيثما تكون السيطرة الإتجاهية المستمرة غير مطلوبة، يجب أن تقلل الاختلافات، 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 إلى السيطرة الموجهة ويكون التغيير إلى أقل 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.

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

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

ه تستعمل غرف الحفظ لفترات قصيرة ولأجراء التسهيلات المطلوبة فقط التي لا يمكن إجراؤها في الموقع.

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

ز لغرف العمليات، يجب أن يستعمل هواء خارجي بنسبة 100% فقط عندما تتطلب المدونة ذلك وإذا تهيأت أجهزة استعادة الحرارة فقط.

تتمة الجدول 6/1-4

نوع الحيز	علاقة الضغط بالمناطق المجاورة ^١	أقل عدد لمرات تغيير الهواء بالساعة ^٢	الهواء الكلي المطرود مباشرة الى الخارج	اعادة تدوير الهواء ضمن وحدات الغرف ^٣
غرفة دواء	موجب	4	اختياري	اختياري
غرفة معالجة	±	6	اختياري	اختياري
العلاج الطبيعي والعلاج بالماء	سالب	6	اختياري	اختياري
غرفة غسل ملوثة	سالب	10	نعم	لا
غرفة عمل نظيفة	موجب	4	اختياري	اختياري
التعقيم والتجفيف				
غرفة أجهزة التعقيم	سالب	10	نعم	لا
غرفة التلوث او إزالة الملوثات	سالب	6	نعم	لا
غرفة عمل نظيفة والخزن المعقم	موجب	4	اختياري	اختياري
خزن أجهزة	±	2	اختياري	اختياري
الخدمة				
مركز تحضير الغذاء ^٤	±	10	نعم	لا
غسيل السلع	سالب	10	نعم	لا
الخزن النهاري الغذائي	±	2	اختياري	لا
غسيل و كوي، عام	سالب	10	نعم	لا
تصنيف وخزن البياضات الملوثة	سالب	10	نعم	لا
خزن البياضات النظيفة	موجب	2	اختياري	اختياري
غرفة البياضات ومنزلق النفايات	سالب	10	نعم	لا
غرفة وعاء تبول المريض	سالب	10	نعم	لا
الحمام	سالب	10	اختياري	لا
حجرة البول	سالب	10	اختياري	لا

+ مقتبس من [3]

± = السيطرة الإتجاهية المستمرة غير مطلوبة.

تتمة الجدول 4-1/6

نوع الحيز	علاقة الضغط بالمناطق المجاورة ¹	أقل عدد لمرات تغيير الهواء بالساعة ²	الهواء الكلي المطروح مباشرة الى الخارج	اعادة تدوير الهواء ضمن وحدات الغرف ³
الملحقات				
شقة سكنية (الجراحة والعناية الفائقة)	موجب	15	اختياري	لا
اشعة سينية (تشخيص ومعالجة)	±	6	اختياري	اختياري
لغرفة المظلمة	سالب	10	نعم	لا
المختبر، عام	سالب	6	نعم	لا
المختبر، علم الجراثيم	سالب	6	نعم	لا
المختبر، الكيمياء الحيوية	موجب	6	اختياري	لا
المختبر، علم خلايا	سالب	6	نعم	لا
المختبر، غسل الزجاجات	سالب	10	نعم	اختياري
المختبر، علم الأنسجة	سالب	6	نعم	لا
المختبر، الطب النووي	سالب	6	نعم	لا
المختبر، علم الأمراض	سالب	6	نعم	لا
المختبر، المصول	موجب	5	اختياري	لا
المختبر، التعقيم	سالب	10	نعم	لا
المختبر، نقل الوسائل	موجب	4	اختياري	لا
تشريح الجثث	سالب	12	نعم	لا
غرفة حفظ الجسم غير المبرد ⁴	سالب	10	نعم	لا
الصيدلية	موجب	4	اختياري	اختياري
الادارة				
غرف الادارة والانتظار	سالب	6	نعم	اختياري
التشخيص والمعالجة				
تظهير القصابات، جمع اللعاب	سالب	10	نعم	اختياري
غرفة فحص	+	6	اختياري	اختياري

الجدول 4-1/6: 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
تجراحة 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	مساو	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/مبعد الولادة	مساو	4	اختياري	اختياري
ممر المرضى	مساو	4	اختياري	اختياري

الجدول 4-5: 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	
<p>* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.</p> <p>** 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 اشغل المكان متقطعاً، ستكون كمية هواء التخلل أكبر عادة من متطلب هواء التهوية.</p>				

+ مقتبس من [1]

4-1/1-6 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.

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 اصحاف	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		
(لخدمة الغذاء، غرف الخدمة، الخ. شاهد الفناء).					

+ 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 الإنتاج 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 والخرن. الجدول 4-5/1 يوضح متطلبات التهوية لمختلف الأماكن.

تتمة الجدول 4-1/4

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

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	5	4-3	
قاعات الالعاب	70	10	15-1	
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 4-3/1

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 التصيد	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 الآلة الكاتبة / اجهزة النسخ	-	4	5-4		
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.					

+ مقتبس من [1]

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 الشجر	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 نقب الكارئات	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			
قاعات الالعاب وحلقات 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		
النتس، السكواش، ساحات كرة اليد (داخلية)	-	10	15-13		
احواض السباحة (داخلية)	25	8	13-10	*	
ساحات التزلج والعب 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		
ابرار 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	
المرائب، ورش تصليح سيارات، محطات الخدمة				
مرائب إيقاف السيارات (مغلق)	-	0.8	1.5-1	*
غرف عمل تصليح السيارات (عادي)	-	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.				
المساح				
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	8-5	
غرف الاستراحة العامة	100	8	13-10	
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.				
** تهوية خاصة ستكون مطلوبة لإزالة ملوثات المسرح.				
صالات الألعاب				
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	
غرف الغسيل لجاف والكوي				
تجارية	10	10	13-15	*,**
مناطق الخزن/التسليم	30	4	5-8	
اجهزة تعمل بالعملة المعدنية	20	8	8-10	**
* هواء العادم إلى الخارج؛ التحكم بالمصدر كما هو مطلوب. ** الأجهزة المركبة يجب أن يدمج معها عادم إيجابي وسيطرة (بحسب الحاجة) للملوّثات غير المرغوب فيها (سامة أو غير ذلك).				
خدمات الحلاقة، التجميل والصحة				
صالونات الرشاقة (غرف التمرين)	20	13	15-18	
حمامات البخار و غرف البخار	-	3	3	
محلات الحلاقة	25	4	5-8	
استوديوهات التصوير الفوتوغرافي				
غرف التصوير، المسارح	10	3	4-5	*
الغرف المظلمة	10	5	8-10	
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.				
محلات تصليح الاحذية				
غرف العمل	10	5	8-10	

تتمة الجدول 4-3/1

نوع الحيز	تقدير عدد الأشخاص لكل 100 متر مربع من مساحة الأرضية. يستعمل فقط عندما يكون عدد الأشخاص في الحيز غير معروف	هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
		الحد الأدنى	المفضل	
المطاعم الصغيرة، طاب سريع، مناطق الجلوس ومناطق الإنتظار	100	15	18-15	
حانات (الصفة الغالبة هي الونوف).	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 الأشخاص في الحيز غير معروف			هواء التهوية المطلوب، لتر بالثانية لكل شخص		الملاحظات
	الحد الأدنى	المفضل				
اسواق المواد الغذائية، المراكز التسويقية، الخ.						
غرف تصنيع لحوم	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 اشغل المكان متقطعاً، الهواء المتسرب سيتجاوز عادة متطلبات هواء التهوية.						
مخازن الادوية						
غرف عمل الصيدلة	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 أكسيد الكبريت = 30 ملغم/م ³						
*** التهوية لتحسين نمو النبات، درجة الحرارة، الرطوبة، الخ، ستكون تقريبا دائما اعلى من المدرجة في هذا الجدول.						
بنوك (انظر طبقات المبيعات والمكاتب)						
القُبب Vaults	-	3	3			
خدمات الغذاء						
غرف الطعام	70	5	10-8			
المطابخ	20	15	18-15	*		

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

من الضروري إيجاد 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)

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
	المفضل	الحد الأدنى		
المتطلبات العامة للمتاجر (تطبق على كافة النماذج مالم تكون ملاحظة خصيصا)				
	8-5	4	30	طبقات وصالات عرض المبيعات (السراديب وطبقات الشارع)
	8-5	4	20	طبقات وصالات عرض المبيعات (الطبقات العلوية)
	5-4	3	5	مناطق خزن (تصلح طبقات وصالات لعرض المبيعات)
	8-5	4	-	غرف الملابس
	8-5	4	40	مراكز التسوق والأروقة
	10-8	8	10	مناطق الشحن و الإستلام
	8-5	4	5	المخازن
	8-5	4	-	المساعد

تتمة الجدول 4-1/2

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
	المفضل	الحد الأدنى		
	23-20	18	-	غرف المراجل
	15-13	10	-	غرف المولدات
محطات معالجة مياه المجاري				
	10-8	5	-	غرف السيطرة
	15-13	10	-	غرف محركات الضاغط / النافع
صناعة الزجاج والخزف				
	15-13	10	-	مناطق معالجة وخلط لرمل
*	15-13	10	-	مناطق دعم فرن الصهر
*	15-13	10	-	صناعة الصفائح، مناطق الصب
*	15-13	10	-	صناعة القنينة، مناطق مكائن النفخ
*	15-13	10	-	مناطق غزل الليف
**	15-13	10	-	غرف الطحن
	15-13	10	-	مناطق ضغط وصب السيراميك (مسحوق)
	15-13	10	-	مشاغل خزافين (رطبة)
*	15-13	10	-	مناطق خدمة الفرن ومحارق التكلس
*	15-13	10	-	غرف رش الطلاء و التزجيج
* التأثيرات الحرارية ربما تحدد المتطلبات.				
** قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.				

تتمة الجدول 4-1/2

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 التآبيب	-	10	15-13	*
المخابز، معالجة الجوب، 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 لتحميص و طحن 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 والنقطيع	-	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	
صناعة الطندوق، غرف الطلاء	-	10	15-13	**
<p>* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.</p> <p>** المشاكل الخاصة بالمذيبات والعاقد سوف تعالج بشكل منفصل.</p>				
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 لأكحولي	-	10	15-13	
<p>* المشاكل الخاصة بالمذيبات والعاقد سوف تعالج بشكل منفصل.</p> <p>** الاماكن المحافظ عليها بدرجات حرارة منخفضة (-23 إلى 10 درجة مئوية) ليست مشمولة بهذه المتطلبات ما لم تشغل بشكل مستمر. ويمكن ان تنال حصتها من تهوية من الاماكن المجاورة عندما يكون اشغال المكان متقطعاً، فأن هواء التسريب سيتجاوز عادة متطلبات هواء التهوية.</p>				
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	
منتجات خشبية. صناعة الورق				
معامل النشار، عمارة، تخطيط وصقل بالرمل لالواح ، تدوير الخشب، تشكيل وتنقيب، مناطق صنع قشرة الخشب،	-	10	15-13	*
مناطق اللصق بالغراء وتصنيع الواح الخشب الرقائقي (المعكس)	-	10	15-13	*
مناطق تصنيع الخشب من نشارة الخشب، الواح الخشب و لوح الخشب المضغوط	-	10	15-13	*
غرف الفرز، التلميع، 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 لرسالة	-	5	10-8	
مخازن الورق	-	10	15-13	
صناعة الالواح المتموجة	-	10	15-13	*

تتمة الجدول 4-1/2

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، كبريتة، 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	

تمة الجدول 4-1/2

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	
المواد الكيميائية والصيدلانية				
غرف تحتوي على بطاحن، خلاطات، اجهزة سحق، منخل حبات كروية وعمليات متربة أخرى	-	15	20-18	*
غرف تحتوي على اوعية تفاعل رواكد، وصلات تيار كهربائي، قاعات، مبدعات ومصادر بعث غازات محتملة أخرى	-	10	15-13	*
غرف تحتوي على أفران تجفيف	-	8	13-10	*
مناطق تغليف	-	5	10-8	*
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.				
صناعة المنسوجات والملابس				
مناطق إنتاج نسيج غير محاك و قص مقادير كبيرة من القماش	-	8	13-10	
غرف نسيج (ألياف طبيعية ورئيسة).	-	8	13-10	
غرف نسيج (إنتاج ليف صناعي مستمر)	-	8	13-10	
لف الغزل، غرف فتل	-	8	13-10	
صباعة وطلاء القماش والغزل؛ غرف طبع القماش	-	8	13-10	
غرف نسيج وحيكة	-	8	13-10	
غرف القطع والخياطة	-	8	13-10	

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 المصبك، قاعات التعدين، قواعد التغليف والسحب وتشغيل الحديد الصلب	-	18	23-20	
القاعات التي تحوي الاعمال المعدنية المتوسطة؛ انتهاء وتشغيل المعادن اللاحديدية، عمليات التنقيب بالكبس والكبح، لحام نقطي، البثق	-	18	23-20	
اكشاك اللحام بالغاز والقوس	-	18	23-20	
القاعات التي تحوي الاعمال لمعدنية الخفيفة؛ تجميع عدة، طائرة، سيارة وماكنة	-	10	15-13	
إختبار محرك السيارة، مناطق القيادة بعيدا عن مصانع تجميع السيارات.	-	-	--	**
أكشاك الطلاء بالرش	-	-	--	**
خطوط الصقل ولطبع والطلاء	-	-	--	**
غرف الطحن والتلميع	-	15	20-18	**
* قد تتطلب وجود أنظمة سيطرة خاصة على الملوثات.				
** يتطلب وجود أنظمة عادم خاصة.				

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

الجدول 2/1-4: 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 خاصة على الملوثات.				

2/1/1-4 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 الحل عندما تكون الآلات المشعة للحرارة في الهواء الطلق مثلما توجد 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 المجهر 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 لتأكد 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.

1/2/1/1-4 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 استهلاك الطاقة نتيجة لتطور الإستعمال المحسن لاثظمة التهوية وانخفاض نسب تدفق الهواء.
- بيئة محيطية نظف، تعكس صورة افضل للمصانع او الشركات الصناعية، ناتجة من تحسن اداء الأنظمة والأجهزة.

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 جُهزت بالنسب المطلوبة من الهواء الخارجي المدرجة في الجداول 1/1-4 حتى 4/1-4 للفضاءات المختلفة المطلوب تهويتها.

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

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

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. يدعمل 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	*	
السرايب، غرف الخدمات	-	3	3		
الشقق او المباني المتلاصقة					
غرف المعيشة العامة، غرف النوم	7	3	4-3		
المطابخ	-	10	25-15	*	
الحمامات، المرافق الصحية	-	10	25-15	*	
السرايب، غرف الخدمات	-	3	5-4		
المرائب	-	1	2-1	**	
البيوت المتفككة	7	3	5-4		
* المعدل المناسب للاشغال المنقطع.					
** 5 لتر بالثانية لكل متر مربع من مساحة الارضية.					

+ مقتبس من المرجع [1]

[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.

هذه المذونة مصدقة
رسمياً
والمست
للبيع

تستعمل أجهزة الاحتراق الطبيعية، فيجب تجنب خفض الضغط المفرط داخل الحيز من قبل أنظمة الطرد، و ذلك عن طريق وضع آلات الاحتراق خارج حدود خفض الضغط. بالإضافة إلى ذلك، يجب إجراء اختبار الأمان لخفض الضغط والتأكد بأنه ضمن المواصفة القياسية [5]، [6].

كذلك يجب أن 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 حسن لتبديد نواتج الاحتراق بعيداً عن مآخذ الهواء والنوافذ.

2-2-3 حماية 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 ومكونات المبادلات الحرارية لتضمن عدم جعله مصدراً للتلوث. إن 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 أكثر من المعتاد. ونظراً لوجود العديد من المرشحات وبمختلف الأنواع، التي لها مختلف الفعاليات، والفرات، والتكاليف والاحجام والاعمار التشغيلية، فإن 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.

3-4/1/2 مجففات الملابس و نظام التفرغ 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 لمرشحات الى الخارج .

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

يعتبر غاز أحادي أكسيد لكرتون 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 الدولية للزراعة (Community support agriculture-CSA) ، من خلال تثبيت المتحسسات بالقرب من اماكن اسوم 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 كالمرايب 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 تجاويه المغلقة والسماح لها بالتكثيف، فان ذلك يسمح بنمو الاحياء المجهرية الملوثة التي يمكن أن تشكل تهديداً لنعوية الهواء داخل المباني بقية المنافع المادية داخل البناية. لذلك فان المواصفة تمنع استعمال طرائق التهوية التقليدية مثل (التهوية المجهرة في الاسخات 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 لتي

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

3-1/2 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 تهوية وسيلة سيطرة نقائية او يدوية للسماح في تخفيض معدل التهوية في المناطق التي من المتوقع ان تعاني من هذه المشكلة، مع الأخذ بنظر الاعتبار تنظيف الهواء المدور او استعمال اجهزة تنظيف الهواء المتحركة والفعالة للاستعمالات الخاصة.

3-2/1 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 الفتحة 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.

3-3/1 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 بغلق جيد 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 اثيلين الثقيل على اطار الابواب لهذا الغرض. لذلك يجب ان لا توضع الاجزاء ذات الضغط السالب في منظومة التكيف او التهوية مثل دافعات الهواء او مجاري السحب داخل المرائب لتلوث الجو فيها، وفي حالة مرور هذه الاجزاء عبر المرائب، فمن الضروري أن تكون محكمة وجيدة.

ان وجود الحواجز القابلة للانضغاط على اطرارات 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 عال نسبياً بطرح 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].

فتحات الدخول الخارجية في مكاتب او دوائر البنليات 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 لمركبات.

3-1/1-6 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 والأزقة، 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 أسفل المصدر.

تجهز فتحات دخول الهواء الخارجي التي يجب ان تكون الواحدة منها بمساحة أكبر من (0.09) متر مربع بمنظومة النار والدخان (Fire and smoke dampers) كل على حدة، او مجمعة 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 ارضية وبمسافة أقل من 15 متراً في أي اتجاه من سقف مبنى جدرته الخارجية مبنية من الخشب كلياً أو جزئياً.

3-1/1-7 فتحة الخروج Exhaust opening

لتقليل خطر لحريق وعمليات التصريف التي ازلت الضارة أو السامة في المباني، فإن طرد الهواء العادم إلى الجو الخارجي يكون عند أو فوق مستوى السطح وبمحاذاة الشارع أو المساحة المجاورة. يحدد موقع طرد الهواء إلى الخارج عند ارتفاع لا يقل عن 3 أمتار فوق مستوى الأرض، وينتهي عند مسافة لا تقل عن 3 أمتار من أي نافذة لمبنى آخر أو لوحدات سكنية للمبنى نفسه، أو من أي سلم نجاة، أو سلم خارجي، أو شرفة. تجهز فتحات نظام الطرد بموجهات أو ريش اتجاهية لتوجيه الهواء بعيداً عن النوافذ المجاورة والفتحات القريبة الأخرى 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 تلوث عند مرحلة التصميم، والتي تؤدي إلى تقليل الحاجة إلى التهوية المفرطة.

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 (أقل من 500 مقعد).
25	غرف نوم في منازل خاصة، مسارح (أكثر من 500 مقعد)، كندريئات وكنايس كبيرة، مساجد و الجوامع، إستوديوهات تلفزيون، غرف مؤتمرات ومحاضرات كبيرة (أقل من 50 شخصاً)
30	غرف جلوس في منازل خاصة ، غرف مدراء، مكاتب إدارة عليا، غرف مؤتمرات ومحاضرات (20-50 شخصاً)، قاعات متعددة الأغراض، كنايس (متوسطة وصغيرة)، مكاتب إدارة، غرف نوم في فنادق ... الخ، دور السينما، غرف مستشفى خاصة، قاعات محاكم كبيرة.
35	غرف عامة في فنادق، ... الخ ، صالات رفع، ردهات مستشفى مفتوحة، مكاتب إدارة متوسطة و صغيرة، غرف مؤتمرات ومحاضرات كبيرة او صغيرة (أكثر من 20 شخصاً)، قاعات دراسية في المدارس، قاعات محاكم صغيرة، متاحف، مكاتب عامة، قاعات مصاريف، مطاعم صغيرة.
40	دورة مياه و مغاسل، مكاتب مفتوحة كبيرة، مكاتب رسم، مناطق إستقبال (مكاتب)، قاعات، ممرات، مستشفيات، ... الخ، مختبرات، غرف إستحمام، مكاتب بريد، مطاعم كبيرة، مخازن كبرى، دكاكين، قاعة ألعاب 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 الالبنية 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

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 طبيعيا أو ميكانيكيا 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 والعملية الإنتاجية وما شابه ذلك. بالمقابل يتطلب وجود نظام للتهوية وبمقياس قدرة عالية لغرض التخلص من هذه الملوثات أو التقليل من تأثيرها، ويتحقق هذه الغاية بتجهيز نظام تهوية ميكانيكية فعالة للمبنى.

2-1/1-3 توزيع الهواء Air distribution

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

3-1/1-3 معدل الجريان Flow rate

للتأكد من قيام المروحة بدفع الكمية المقصودة من الهواء داخل الحيز، فإن المعيار يتطلب، إما قياس معدل تدفق الهواء موقعيا 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.

4-1/1-3 معدل الضوضاء Sound rating

في معظم الحالات لاتستعمل المراوح الصاخبة لاغراض التهوية. منزلية لأن 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 1/1-3 للتعرف على معدل الضوضاء المقبول في التطبيقات المختلفة.

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 لتشغيل 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.

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

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

لاحظ 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 تخبر واحدة من أسهل الحلول لتحسين أداء منظومة التهوية للشركات المنفذة لانظمة التهوية حيث يكون الندخال 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 قريب 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 المستديرة ذات الخسارة العالية في توزيع الهواء داخل المباني. فمن الضروري استعمال مجاري الهواء محكمة المقاطع

العموم الى حدود 80-90% من الاستهلاك الكلي، مقارنة مع 10-20% لاستهلاك المروحة، وهذه العلاقة تنقلب 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 المعرض تخفيض توليد الملوثات (المركبات العضوية المتطايرة) قدر الإمكان و توزيع منتظم لدوائر التهوية الفيلقية لشاغلي الحيز وعدم استعمال آلات كبيرة الحجم جداً في نظام التهوية، وكذلك منع جميع التسريبات في نظام التوزيع .

ب- تقليل مقدار الخسائر في الضغط: تتحقق هذه العملية باستعمال سرعة منخفضة عند تصميم شبكة المجاري الهوائية و شبكات قصيرة الأنوال قدر المستطاع و أقل تعقيداً لغرض تقليل الاضطراب في الجريان، وكذلك اختيار المرشحات المناسبة و اجراء 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 لمستعمل 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.

والمثل 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

والاتجاه والفترة الزمنية)، وتختلف كميته اختلافا كبيرا تبعا للظروف الجوية السائدة حول هذه المباني. ففي التهوية غير المنظمة، يكون التناقض واضحاً في كمية التهوية، التي تكون في بعض المناطق غير كافية، في حين تكون زائدة في مناطق أخرى. وعلى خلاف ذلك، فإن التهوية المنظمة (أي التهوية القياسية في مقابل التدفقات الطبيعية للهواء) تجهز الكمية الصحيحة من الهواء المطلوب لشاغي الحيز في جميع المواقع، وسيحقق بالتالي الحد من استهلاك الطاقة إلى أدنى مستوى إضافة إلى ضمان جودة الهواء للشاغلين. لذلك، فإن المباني المفضلة هي تلك سدودة الاحكام ضد الهواء، التي تؤمن أقل نسبة من الحرارة المفقودة من خلال التهوية مقارنة بمجموع الاستهلاك. وهكذا فإن 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 مدار التدفئة أو استهلاك الطاقة الكهربائية. إن 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 الفقدان 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)

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

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

يعتبر تجهيز كميات مقبولة من الهواء الخارجي الى الحيز عنصراً مهماً لتحديد نوعية الجودة 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 سبباً هاماً 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 Moisture and humidity control السيطرة على البلل والرطوبة

ان الرطوبة غير المسطر عليها في داخل الحيز تسبب ضرراً كبيراً لهيكل المباني، فضلاً عن إتلافها التجهيزات الاخرى والمواد والأرضيات والجدران والسقوف. كما إنها تؤدي إلى نمو العفن الذي يضر الابنية، والذي بدوره يؤدي إلى مشاكل صحية وضار في الأداء لشاغلي هذه الابنية .

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

- استعمال مواد بناء سبق ترطيبها مراراً وتكراراً بشكل غرط قبل اشغال المبنى بصورة كاملة.
- ضعف السيطرة على الامطار والتلوج، الذي يؤدي الى النضج من السطوح والسقوف والجدران.
- الرطوبة والبلل 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 لمشاكل ذات الصلة، بما في ذلك الاضرار على مكونات المباني.

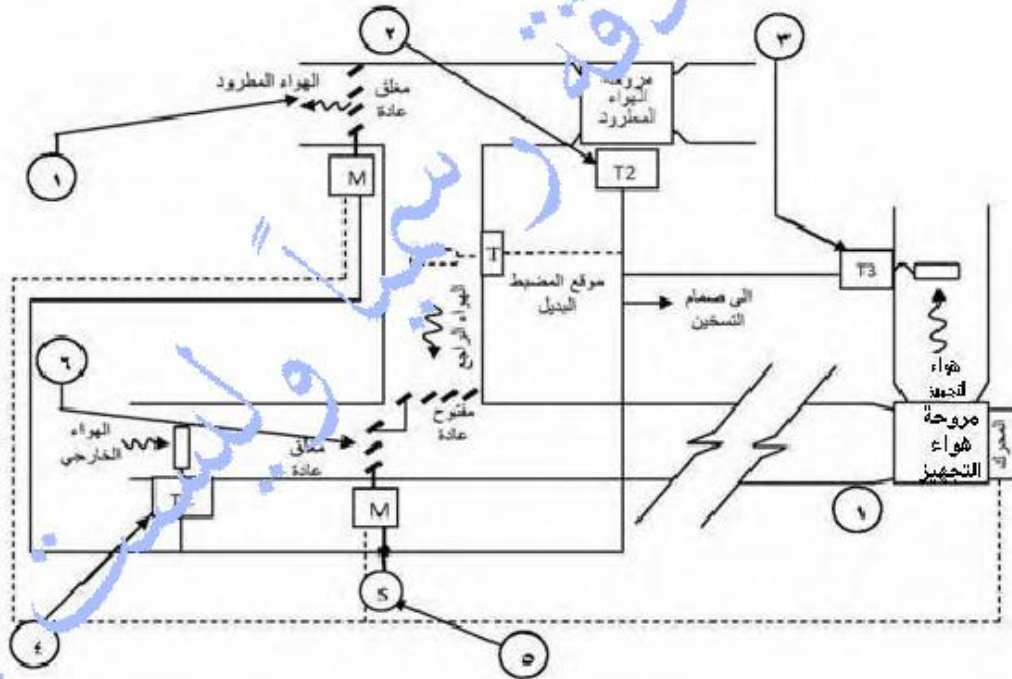
2-3/2 اهمية نظام التهوية المنظم Importance of an organized ventilation system

2-1/3 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. اذ 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

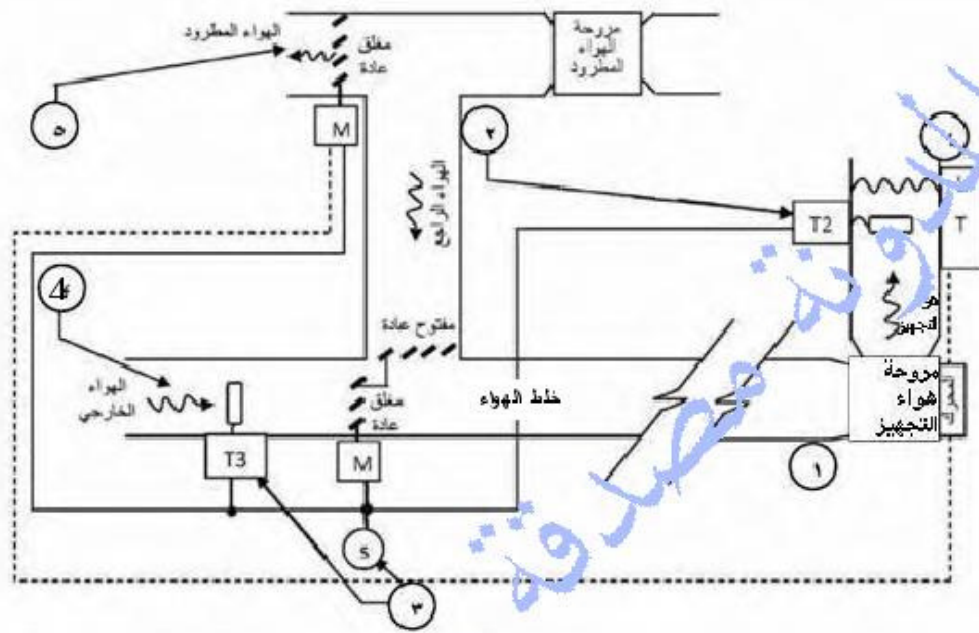
- ينظم عملية التدفئة.

- 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 المعيار 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 المعيار لمنظم درجة الحرارة .
- 5- مفتاح الضبط اليدوي للحد الادنى (S) الذي يحرك صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) الى ادنى وضع اذا لم ينظم درجة حرارة الشتوي (T3) كمية من الهواء الخارجي اقل من الحد الادنى.
- 6- تتغلق صفائح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند ايقاف المروحة.
- 7- صفيحة تنظيم الهواء الخارجاً (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

- 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.

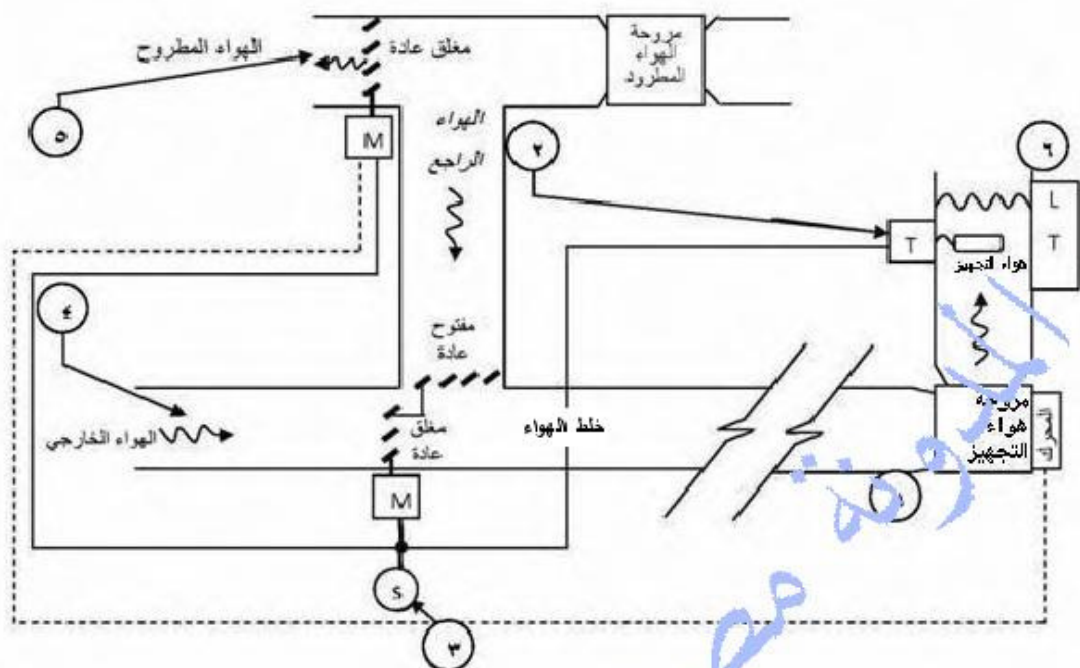


الشكل 2-3/3: منظومة التحكم بواسطة خلط الهواء على مدار السنة

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

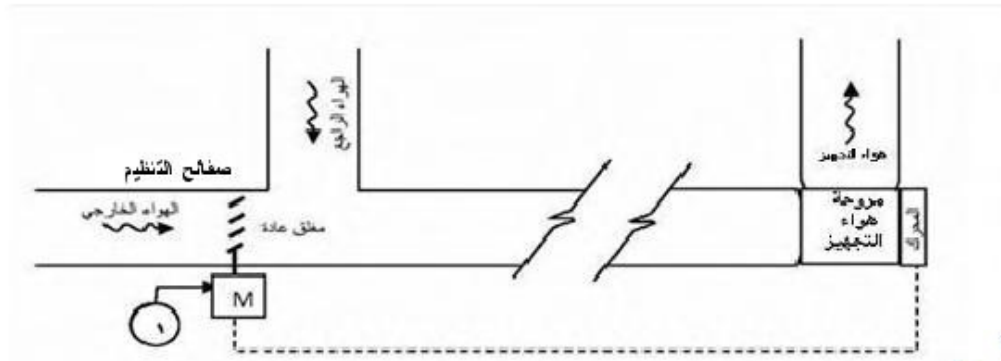
تكون آلية التحكم الاقتصادي بواسطة خليط الهواء على مدار السنة من خلال منظومة السيطرة الموضحة في الشكل 2-3/4 وبحسب الخطوات التالية:

- 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 صفيحة تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) إذا انخفضت درجة حرارة داخل الحيز عن الدرجة المعيارية.
 - يوضع منظم درجة الهواء الخارجي (T4) وخليط الهواء (T3) في وضع التحكم في صفيحة تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند ارتفاع درجة حرارة الحيز عن الدرجة المعيارية.



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 صفتاح 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 صفتاح 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 صفتاح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) تأخذ وضعها بحسب ضبط مفتاح الضبط اليدوي (S). كما ان مفتاح الضبط اليدوي (S) يحدد وضع صفتاح التنظيم (M) عندما يطلب منظم درجة حرارة الشتوي (T2) كمية من الهواء الخارجي اقل من القيمة الدنيا.



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

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

تكون آلية التحكم الشتوي بواسطة خلط 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 صفايح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة لخلط الهواء.
- 3- يستعان بمفتاح للضبط اليدوي (S) لتغيير وضع صفايح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) بحسب المعايير التي يحددها منظم درجة حرارة خلط الهواء إذا كانت كمية الهواء الخارجي أقل من الحد الأدنى.
- 4- تتغلق صفايح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M) عند إيقاف المروحة.
- 5- تؤدي صفايح تنظيم الهواء المطروح خارجاً نفس عمل صفايح تنظيم دخول الهواء الخارجي (M).
- 6- يعمل منظم درجة حرارة (LT) للحرارة المنخفضة على إيقاف المروحة عن العمل عند انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المطلوبة.

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

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.
 - تسدّد مآخذ 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 الماكروبيولوجية الناتجة من الرطوبة او من عملية صيانة ضعيفة.
 - قصور في عمل بعض اجزا 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 تهويته 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 أنظمة تحكم تلقائي لأنظمة 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، وخلق

صفائح التنظيم عند إيقاف المروحة كما موضح في الشكل 1/3-2.

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

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

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

1-2/2 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 الى 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 ابقاء الهواء الخارج 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 لانه يسبب خروج كميات كبيرة من الهواء الى الخارج من خلال الشقوق والفتحات الموجودة في المبنى و يزيد من كلفة النظام. و لمعرفة المزيد من التطبيقات الاخرى لهذا النظام، يمكن الرجوع الى الجدول 1-4/3.

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 الى ضغط سالب في الحيز فينتسبب بدخول الهواء الخارجي الى 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. اضافة الى ذلك، فإن الهواء الداخل يمكن ان يحمل معه ملوثات من مصادر خارجية كعوادم السيارات او مصادر اخرى. يستعمل هذا النظام في مختبرات العلاج الطبيعي وغرف اجهزة التعقيم والغسل والكوي، ودورات المياه والمناطق التي لا توجد فيها معدلات تهوية محددة. ويمكن الرجوع الى الجدول 1-4/3 للتعرف على المزيد من التطبيقات الاخرى لهذا النظام.

2-3/2 نظام الضغط المتعادل Balanced pressure system

يشير هذا النظام الى توزيع الهواء و الضغط في الحيز و ضمن حدود المبنى بشكل يؤمن الحفاظ على ضغط الهواء داخل الحيز. ولكن يمكن ان 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. وان الغاية من هذا النظام هي الابقاء على توازن ما يتم للهواء داخل الحيز. ولهذا النظام استعمالات عديدة مثل المكاتب، القاعات الدراسية، قاعات المطالعة، غرف

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

2-2 أنواع التهوية Types of Ventilation

2-1/2 أنواع 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 تدفعه 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 مسخنات الهواء امام جريان الهواء القادم من الخارج وخاصة في المناطق الشمالية من العراق.

من الضروري وضع ضوابط أسبغرة 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 ارفقة المباني، ويتم تجهيز المباني بالهواء النقي بواسطة نظام التهوية المجهزة بسرعة عالية، وهذا مقبول في فصل الصيف، بسبب قلة تأثير السرعة العالية للهواء الحار الخارجي، 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. بسبب 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 التبريد بشكل مستقل من خلال مجرى التجهيز و مجرى لطرود بواسطة المراوح المخصصة لهذه الاغراض. يتيح هذا النظام تجهيز الهواء النقي باستمرار لكل حيز باستعمال نظام مماثل لأنظمة تكييف الهواء، و ذلك بجعل مروحة

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 وترطيبه او تجفيفه او تسخينه او تبريده من خلال المكونات داخل دافعة الهواء تبعا لقابلية النظام و بحسب حاجة الموسم.

2-1/1 السيطرة على الطلب Demand control

يرتبط هذا المصطلح بعملية السماح للهواء النقي المطلوب لغرض تحديد مقدار تبديل الهواء. بتعبير اخر فان تبديل الهواء غالبا ما يدل 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 توزيع الهواء ونظام نقله Air distribution and conveying system

يوزع الهواء الداخلي النظيف المتساوي 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 بالحيز جيدة التهوية خاصة خلال فصل الشتاء (موسم التدفئة) للحفاظ على جفاف ودفع هذه المناطق لمنع عملية التكتيف على الجدران. يمكن ان تسبب عملية التكتيف (الرطوبة) ضررا في الجدران، وأغطيئها والستائر مع تهيئة الظروف لانتشار نمو عفن الفطري (البكتيريا الضارة) داخل الحيز. فيما يتعلق بالراحة الحرارية داخل الحيز، فان لمشاكل 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 قريبا من السقف و عدم وصوله الى ارض الحيز.

2-3/1 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 للوصول الى الحلول الاساسية لمشاكل التصفية من خلال الصيانة الدورية للمرشحات، وتحديد

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 .

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

يمثل معدل جريان الهواء (الهواء النظيف) الذي يدخل الحيز على وفق معدل التهوية المطلوبة، حيث يقلس معدل التهوية بـ متر المكعب في الساعة (m^3/h) او لتر في الثانية (l/s). هناك طرائق عديدة للتعبير عن (m^3/h). ان (m^3/h) الهواء الخارجي تعبر عن الكمية الكلية للهواء الخارجي الداخل الى المبنى بوحدة 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 لية 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.

2/1/1-2 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 لخارجي الى هواء التجهيز بنسبة الخلط.

يمكن ان يشكل إعادة تدوير الهواء الداخلي استراتيجية هامة في زيادة معدلات كفاءة 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 لموثات التي تمت تصفيتها ومنعها من العودة ثانية للدخول الى الحيز.

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 ما تحدده 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] بيان، دائرة الانواء الجوية العراقية، 2010.
- [5] الكود السعودي للتكييف، 2002.
- [6] *Modified ASHRAE'S Standard 62-2001.*

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 (سفوي)
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 (سفوي)
اولية و ثانوية	150 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سفوي)
جزيئات ذات قطر 2.5 ميكرون او اقل		
اولية و ثانوية	15 ملغرام/متر ³	معدل اشغال الحيز (سفوي)
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 (سفوي)
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

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

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 وبالتالي:

أ- المعايير الأولية التي تضع حدودا لحماية الصحة العامة، بما في ذلك صحة "السكان"، مثل مرضى الربو، المراض 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 صحة العامة والبيئة وكما موضح في الجدول 1-2/2.

مصدق
رئيساً
مجلس
البيئ

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

للهوية الميكانيكية في 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 الفقدان الحراري (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.

1-2/3 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 البيئة المناسبة أكثر أهمية من أي وقت مضى. وبحسب منشورات جمعية حماية البيئة (EPA)، فإن الاشخاص يقضون اكثر من 90% من اوقاتهم في الداخل، لذلك فان نوعية الهواء في الداخل يمكن أن تؤدي دورا مهما في راحة وإنتاجية صحة الشاغلين. توجد ثلاث فئات من الملوثات عموما يمكن أن تؤثر على نوعية الهواء الداخلية (IAQ) و هي: الملوثات البيولوجية والكيميائية والجسيمات العالقة. فان المفتاح لإدارة فعال 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 او السيطرة على مصادر التلوث.

1-2/4 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، فان مواقع مآخذ الهواء الخارجي من المباني قد تكون عرضة لنسب أنواع المشاكل المتعلقة بالتلوث.

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

1-1/2 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 جزئيا 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].

1-2/2 للمناخات الباردة For cold climate

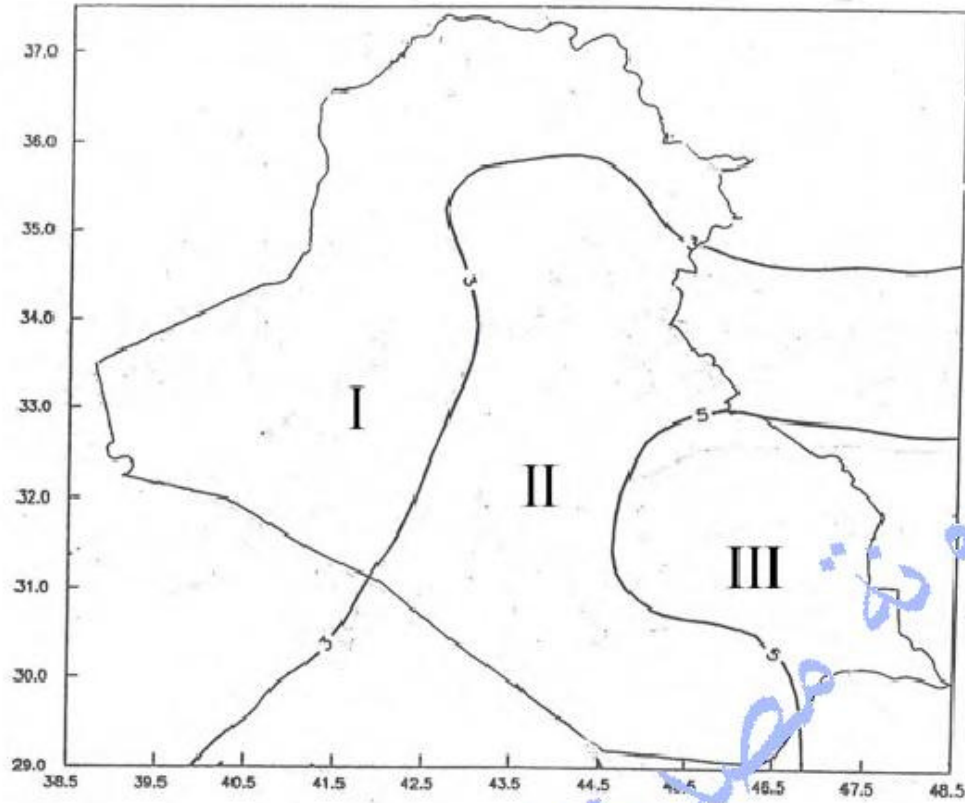
في هذا النظام يطرح الهواء الداخلي باستمرار الى الهواء الطلق بواسطة المروحة او المراوح الموضوعة في المرافق الصحية و المناطق الأخرى. وبسبب الطرح المستمر للهواء الداخلي من الحيز الى الخارج، فان الحيز يصبح تحت ضغط واطئ (سالب) نسبيا. و نتيجة ذلك، تكون هذه الانظمة غير ملائمة لاجواء الحارة والرطوبة حيث هناك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

1-3/2 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 شيوعا 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 تنقل 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 شتاء والتبريد صيفا وتحسين الظروف الداخلية للحيز.

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



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 العرض	الإرتفاع عن مستوى سطح البحر (m)	شتاء		صيفا	
		خط الطول		درجة حرارة البصلة الجافة (°C)	الرطوبة النسبية (%)	درجة حرارة البصلة الجافة (°C)	الرطوبة النسبية (%)
الموصل	I	36°19' شمال	223	1.5 -	100	46.5	20
		43°09' شرق					
بغداد	II	33°20' شمال	34	1.5	100	47	13
		44°24' شرق					
البصرة	III	30°06' شمال	0	5	100	45.5	28
		47°47' شرق					

+ مقتبس من [4]

- 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 مقبولة الهواء.
- الغبار Dust بسيمات 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 تحفر حاسة الشم عند الانسان.

5/1-1 ضرورة التهوية Necessity for ventilation

التهوية ضرورية لتهيئة بيئة صحية ومريحة داخلية لساكني المبنى. 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 للاختيار على أساس المناخ المحلي ونظام التدفئة والتبريد للمباني. بالإضافة إلى احدى النظم الأساسية وهي مراوح تهوية المطابخ والحمامات لغرض ازالة 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 1-1/2 ظروف التصميم الخارجية لهذه المناطق الثلاث، لتستعمل في اختيار نظام التهوية الميكانيكية المناسب لكل منها.

ما تكون مصممة لطرد الهواء من المباني من خلال مفرغات الهواء من النوع المثبت في السقف او 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 تركيب ومواقع مآخذ الهواء الداخلي والخارجي.

تقتل 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 السحابة 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 المصطلحات Terminology

- 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 جواً، مثل الكائنات الحية الدقيقة والغبار والأبخرة ولجسيمات 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.

1-3/1 التعاريف Definitions

1-3/1 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 انواع الهواء

- الهواء الخارجي Outdoor Air
الهواء المستأخذ 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 المطلق المجهز من الخارج ليحل محل الهواء العادم والمتسرب الى الداخل من خلال الشقوق والفجوات وعبر السقوف والأرضيات والجدران والفتحات من غلاف المبنى.
- الهواء الراجع Return air
الهواء الراجع من الحيز لاعادة الاستفادة منه من خلال استعماله ثانية داخل الحيز أو طرحه خارجاً.
- الهواء المدور Recirculated air
الهواء المسحوب من الحيز المكيف لاعادة استعماله في الحيز ثانية.
- الهواء المجهز Supply air
الهواء المجهز الى الحيز لمكيف ويمكن استعماله للتهوية والتدفئة والتبريد والترطيب أو التجفيف.
- خليط الهواء Mixed air
الهواء الناتج من خلط الهواء الراجع و الهواء الخارجي النقي [1].

1-4/1 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 المطلق 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

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 في 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 اداء تهوية المكان مع تحقيق ترشيد الطاقة والحفاظ على البيئة، من خلال تنظيم ومراقبة التصميم والتخطيط والتركيب وبوعية المواد المستعملة والتشغيل والفحص والصيانة والأمان لمنظومات التهوية الميكانيكية، من اجل تحقيق أكبر قدر من التنسيق والتوافق ولتحديد للأعمال المتعلقة بمجال أعمال التهوية الميكانيكية في 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 لعامة واقتصاديات ترشيد الطاقة وكذلك استعمال مواد وسهولة الصيانة.

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

تحدد المدونة الدور الذي يقوم به المصمم وحدود مسؤوليته وأعماله والمتطلبات الأساسية منه على النحو التالي:
أ- تقديم فكرة توضيحية عامة عن تصميم المشروع وتربطه والتكلفة التقديرية الأولية الاسترشادية الاجمالية له.
ب- إعداد المخططات التصميمية بمقياس رسم مناسب يوضح من خلاله مواقع الأجهزة ومسارات مجارى الهواء ان وجدت.

ج- ذكر وتحديد لمواصفات القياسية الشاملة لجميع المواد والمكونات والتركيب محدداً بها القدرات وشروط الأداء ومعايير الاختبار لجميع الأجهزة بما لا يخالف المعيار القياسية لمعمول 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 البناء دراسة كاملة وافية بأقل قدر من الافتراضات .

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

هذه المذونة مصدقة رسمياً وليس للبيع

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

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

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 انواع المراوح
16/5	1/3/2-5 المراوح الدافعة
17/5	2/3/2-5 المراوح انبوبية 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 المجهزة
20/5	3-5 اختيار المراوح
20/5	1/3-5 معايير اختيار المراوح
20/5	1/1/3-5 إجراءات اختيار 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 انحاء الأغطية القلنسوية

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 المراثب الداخلية للسيارات
5/3	3-1/2/4 مخيمات مجففات الملابس ونظام التفرغ
5/3	3-1/2/5 غاز أحادي أكسيد 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	4-2/1 الحد الأدنى لمتطلبات التهوية
29/4	المراجع
1/5	الباب الخامس معايير تصميم أنظمة التهوية الميكانيكية