التدفئة والتكييف والتهوية في الصناعات النسيجية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

التدفئة والتكييف والتهوية في الصناعات النسيجية

الدكتور
علي سلامي
أستاذ في قسم الميكانيك العام

الدكتور
وجيه ناعمة
أستاذ في قسم الميكانيك العام

الدكتور
أحمد عمايري
مشرف على الأعمال في قسم الميكانيك العام

جامعة دمشق
1442-1443 هـ
2022 -2023 م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

مقدمة	**9**
الفصل الأول: حساب الأحمال الحرارية	**11**
1- انتقال الحرارة	11
1-1- معامل انتقال الحرارة الكلي	11
2- الضياع الحراري من الأبنية	16
3- العزل الحراري للأبنية	27
3-1- أهمية العزل الحراري	27
3-2- اختيار العازل وسماكته المثلى	30
الفصل الثاني: أنظمة التدفئة بالماء الساخن وتجهيزاتها	**37**
1- مكونات نظام التدفئة بالماء الساخن	37
2- تجهيزات نظام التدفئة بالماء الساخن	37
2-1- المرجل	37
2-2- الحراق	38
2-3- المدخنة	39
2-4- المضخة	40
2-5- خزان التمدد	41
2-6- خزان الوقود	42
2-7- غرفة التجهيزات	47
الفصل الثالث: أسس مناخية وصحية	**51**
1- الهواء	51
2- خواص الهواء الرطب	51

2-1- درجة حرارة الهواء	52
2-2- رطوبة الهواء	52
2-3- انتالبي الهواء الرطب	56
3- المخطط السايكومتري	56
4- الراحة الحرارية	60
5- الشروط المناخية لمعامل الصناعات النسيجية	64
الفصل الرابع: معالجة الهواء الرطب	**69**
1- التبريد	69
2- التسخين	71
3- الترطيب	72
4- التجفيف	73
5- المزج	74
الفصل الخامس: تصنيف أنظمة التبريد وتكييف الهواء	**77**
1- نظام هواء كلي	78
2- نظام مائي كلي	81
3- نظام مائي-هوائي	83
4- نظام التكييف لمنطقة واحدة	84
5- المضخة الحرارية	90
6- نظام التمدد المباشر	91
7- نظام تدفق متغير لوسيط التبريد	91
الفصل السادس: حساب الأحمال التبريدية	**93**
1- مصادر الكسب الحراري	93

1-1- أحمال تبريدية محسوسة	93
1-2- أحمال تبريدية كامنة	94
2- الأحمال التبريدية	94
الفصل السابع: وحدات إرسال الهواء	**100**
1- مكونات وحدة إرسال الهواء	100
2- تصميم وحدة إرسال الهواء صيفاً	107
3- تصميم وحدات إرسال الهواء شتاءً	114
4- تصميم وحدة إرسال الهواء في المناطق الساحلية	117
5- تصميم وحدة إرسال الهواء بهواء خارجي فقط	119
الفصل الثامن: التكييف المركزي وتجهيزاته	**123**
1- المراوح	123
1- المضخات	131
2- مبردات الماء (الشيلرات)	140
الفصل التاسع: تصميم شبكات توزيع الهواء	**145**
1- مجاري الهواء	145
2- ضياعات الضغط	145
3- طرق تصميم مجاري الهواء	148
4- مراحل التصميم	150
5- توزيع الهواء	153
6- أنواع فتحات الهواء (نواشر الهواء)	155
الفصل العاشر: التحكم في أنظمة التدفئة والتكييف	**161**
1- أهداف التحكم الآلي	161

2- مكونات منظومة التحكم الآلي	162
3- عناصر التحسس بدرجة الحرارة	166
4- عناصر التحسس بالرطوبة	170
الفصل الحادي عشر: أنظمة التهوية وتنقية الهواء	**173**
1-التهوية	173
2-أنواع الانبعاثات الإنتاجية الضارة ومواصفاتها	175
2-1- الغازات والسوائل السامة	175
2-2- الانبعاثات الحرارية والرطوبة	177
3- طرائق التهوية	177
4- تحديد كمية الهواء الجديد	180
4-1- المعادلة التفاضلية لتركيز الانبعاثات الضارة	180
4-2- تحديد تدفق الهواء في التهوية العامة	184
الفصل الثاني عشر: تجهيزات أنظمة التهوية وتنقية الهواء	**187**
1- تنقية الهواء من الغبار	187
1-1- الهواء الملوث	187
1-2- غبار النسيج	188
1-3- تصفية الغبار وكفاءة التصفية	189
2-تجهيزات تنقية الغبار في الصناعات النسيجية	190
2-1- مقدمة	190
2-2- فواصل الغبار بتأثير قوى العطالة والثقالة	191
2-3- الفلاتر	193
2-4- أجهزة التصفية المحلية	200

مقدمة:

تؤدي أنظمة التكييف في معامل الصناعات النسيجية دوراً مهماً ومؤثراً في الأداء وجودة الإنتاجية، إذ أصبحت عمليات الإنتاج شديدة التعقيد والحساسية. ولذلك يجب إعطاء أولوية لتصميم أنظمة التكييف من أجل تأمين الشروط الداخلية المطلوبة – درجة حرارة، رطوبة نسبية، نقاوة، سرعة...– لعمليات الإنتاج المختلفة مع تحقيق أقل استهلاك ممكن للطاقة.

يساعد تكييف الهواء على زيادة كفاءة العاملين، إذ يكون المستخدمون أكثر نشاطاً وأقلّ تعباً في المكاتب والمصانع مكيّفة الهواء، فتقلّ أخطاؤهم وحوادثهم. ويعمل تكييف الهواء أيضاً على حماية العاملين من درجات الحرارة المرتفعة والغبار الضّارّ، والدّخان والأبخرة. ويحافظ تكييف الهواء على نظافة البضائع في المخازن والمحال مكيّفة الهواء. كما يساعد على زيادة المبيعات لأنّ النّاس يفضّلون التّسوّق المريح.

يمتصّ عدد كبير من المواد اللّافلزية – مثل الأنسجة والورق والتّبغ – الرّطوبة من الهواء. وتعمل الرّطوبة الزّائدة على بسط هذه المواد وتغيير أشكالها. كما تعمل الرّطوبة القليلة على أن تصبح جافة وقابلة للتّقصّف.

تستخدم أغلب مصانع النّسيج تكييف الهواء للتّحكّم في الرّطوبة بهدف إنتاج خيوط وأقمشة قويّة ومنتظمة. ولا يمكن صناعة بعض أنواع الألياف، مثل النّايلون والحرير الصّناعيّ، أو حياكتها إلى أقمشة بدون تكييف الهواء. وحتّى آلات الخياطة التّي تنتج كميّات كبيرة من جوارب النّايلون تحتاج إلى تحكّم مناسب في درجة الحرارة، إذ تكون إبر هذه الآلات على درجة من الصّغر، وتعمل في فراغات صغيرة جدّاً، بحيث قد يؤدّي أي تغيير مفاجئ في درجات الحرارة إلى حشرها أو انكسارها.

يحتاج مهندس التكييف عموماً ومهندس ميكانيك الصناعات النسيجية إلى معرفة نظرية وعملية وجداول وثوابت عديدة ذُكر بعضها في هذه الكتاب كما يمكن الرجوع إلى المراجع الخاصة متل كتاب ASHRAE (جمعية مهندسي التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الأمريكيين) بمختلف إصداراتها للحصول على مزيد من المعلومات بهدف إجراء دراسة متكاملة في هذا المجال.

المؤلفون

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

حساب الأحمال الحرارية

1-1- انتقال الحرارة:

إن كمية الحرارة المنتقلة في واحدة الزمن عبر سطوح التبادل الحراري تعتمد في حسابها على معرفة معاملات انتقال الحرارة للسطوح التي تتطلب معرفة أسس انتقال الحرارة.

يمكن تمثيل كمية الحرارة المنتقلة بالعلاقة التالية:

$$Q = U \times A \times (ti - to)$$

حيث:

Q - كمية الحرارة المنتقلة.

U - معامل انتقال الحرارة الكلي.

A - مساحة سطح التبادل.

ti - درجة الحرارة الداخلية للغرفة.

to - درجة حرارة الخارجية.

1-2-1- معامل انتقال الحرارة الكلي:

تعبر قيمة معامل الانتقال الحراري لجدار مستوي عن كمية الحرارة المنتقلة التي تعبر واحدة المساحة من سطح ايزوترمي خلال واحدة الزمن وعندما يكون تدرج درجة الحرارة مساوياً للواحد، وهو بارامتر فيزيائي خاص بطبيعة المادة.

تتألف الجدران والأرضيات والسقوف من عدة طبقات من مواد البناء وقد تضاف إليها مواد عازلة. لذلك يتم حساب معامل الانتقال الحراري الكلي من العلاقة

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha i} + \sum_{i}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha 0}}$$

أو بدلالة المقاومات الحرارية:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_1^n R_k + R_0}$$

حيث:

U : معامل الانتقال الحراري الكلي $(w/m^2.c)$

α_i : معامل الانتقال الحراري للسطح الداخلي $(w/m^2.c)$

α_o : معامل الانتقال الحراري للسطح الخارجي $(w/m^2.c)$

δ : سماكة الطبقة (m).

n : عدد طبقات السطح المدروس .

λ : معامل التوصيل الحراري للمادة $(w/m.c)$

R_i : المقاومة الحرارية للسطح الداخلي $(m^2.c/w)$

R_o : المقاومة الحرارية للسطح الخارجي $(m^2.c/w)$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad ، \quad R_o = \frac{1}{\alpha_o}$$

ΣR_k : مجموع المقاومات الحرارية بالتوصيل للطبقات الداخلة في تركيب الجدار (أو السقف أو الأرض)

$$\sum_1^n Rk = \sum_i^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

تعتمد قيمة انتقال الحرارة للسطح الخارجي لجسم ما على صفات سطحه (لونه ونعومته) وكذلك على سرعة حركة الهواء عليه (كلما كانت خشونة السطح أكبر أدى ذلك إلى ازدياد α_i α_o).

الجدول (1-1) يعطي قيمة $R_o = \frac{1}{\alpha_o}$ وذلك بدلالة خشونة السطح من جهة والرياح المنسابة عليه.

مقاومة السطوح الخارجية : $R_o = \frac{1}{\alpha_o}$ $1/\alpha_0$ ($m^2.c/w$)				
نوع عنصر البناء	E	المقاومة		
		غير معرض 1 m/s	عادي 3 m/s	معرض 9 m/s
جدار من مواد بناء	0,9	0,08	0,055	0,03
جدار بناء معدني	0,05	0,11	0,067	0,03
سقف مواد بناء	0,9	0,07	0,045	0,02
سقف معدني	0,05	0,09	0,053	0,02

بينما تعتمد قيمة α_i الداخلة في العلاقة (1) بالإضافة إلى صفات السطح (اللون والنعومة) تتعلق أيضا باتجاه انتقال الحرارة ، وكما أنّ قيمة α_i لا تعتمد على سرعة الرياح لأنه لا توجد حركة للهواء داخل الأماكن المدفأة .

الجدول(1-2) يعطي قيمة $R_i = \frac{1}{\alpha_i}$

تصميم السطوح الداخلية: $R_i = \frac{1}{\alpha_i}$ $1/\alpha_i$ ($m^2.c/w$)			
نوع عنصر البناء	اتجاه التدفق الحراري	المقاومة	
		مواد بناء ξ= 0,9	معدني ξ =0,05
جدار	أفقي	0,123	0,304

سقف أو أرض	نحو الأعلى	0,106	0,218
سقف أو أرض	نحو الأسفل	0,150	0,562

عند وجود فراغات هوائية في الجدران الخارجية فإن قيم المقاومة الحرارية لمثل هذه الفراغات مدرجة في الجدول (1-3) .

الجدول (1-3) قيمة مقاومة الفراغ الهوائي لهواء لا يتحرك ضمن الفراغ بحسب سماكة الفراغ

قيمة مقاومة الفراغ الهوائي لهواء لا يتحرك ضمن الفراغ بحسب سماكة الفراغ			
الفراغ الهوائي	معامل البث للسطوح ε	المقاومة	R(m^2.c/w)
		تدفق نحو الأسفل	تدفق نحو الأعلى أو أفقي
سمك 5cm	0,9	0,11	0,11
	0,05	0,18	0,18
سمك20cm	0,9	0,21	0,18
	0,05	1,06	0,35

قيم معاملات التوصيل الحراري للمواد المستخدمة في البناء مدرجة في الجدول (1-4)

الجدول (1-4) قيم معاملات التوصيل الحراري للمواد المستخدمة في البناء

اسم المادة	معامل التوصيل الحراري(w/m.c) λ
عازل (ستريوبور)	0.04
حجر كلسي	2.2
سيراميك	1.03

غرانيت	2.3
بلاط بحصة	1.6
مونة اسمنتية	1.4
طينة اسمنتية	1.1
خشانة رملية	0.42
اسفلت	1.2
بلاطة الهوردي	1
بلوك 10سم	0.77
بلوك 15 سم	0.91
بيتون	1.57

للنوافذ والأبواب يتم اختياره من الجدولين (1-5) و(1-6) u إنّ قيم معامل انتقال الحرارة الكلي

الجدول (1-5) معامل انتقال الحرارة الكلي للنوافذ

طـــراز النافـذة	عامـــل النفوذ الحـــراري		$w/m^2.c$
	محمية من الرياح	عادية	غير محمية من الرياح
نافذة بطبقة واحدة من الزجاج			
البرواظ من الخشب	3.8	4.3	5
البرواظ من الحديد	5	5.6	6.7

نافذة بطبقتين من الزجاج			
البرواظ من الخشب	2.3	2.5	2.7
البرواظ من الحديد	3	3.2	3.5

الجدول (1-6) معامل انتقال الحرارة الكلي للأبواب

طـــراز البـــاب	عامـــل النفـوذ الحـراري
بـاب خارجي من الخشب	4.1 - 4.7
بـاب خارجي من المعدن	7
بـاب داخلي من الخشب	2.3

1-3- الضياع الحراري من الأبنية

1-3-1- اختيار درجات الحرارة الداخلية والخارجية

1-3-1-1- اختيار الشروط التصميمية الخارجية:

يتم اختيـار الشـروط التصـميمية الخارجيـة بالاعتمـاد علـى الكـود السـوري للعـزل للمدن السورية 2007 الموجود في الجدول (1-7):

الجدول (1-7) الشروط التصميمية الخارجية بالاعتماد على الكود السوري للعزل للمدن السورية 2007

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الرقم	المدينة	درجة الحرارة التصميمية [C°]		الرطوبة النسبية التصميمية %		المدى اليومي [C°]	معدل شدة الإشعاع الشمسي التصميمي [W/m.²day]		سرعة الرياح [m/s]	اتجاه الرياح		الارتفاع [m]	خط العرض	خط الطول
		صيفاً	شتاءً	صيفاً	شتاءً		صيفاً	شتاءً		صيفاً	شتاءً			
1	دمشق	40	-2	20	75	19.69	7700	2820	5.5	NW	W	729	33.29	36.13
2	حلب	41	-3	20	75	14.82	7630	2165	5.5	W	E	385	36.11	37.13
3	حمص	38	-3	35	85	12.18	7500	2410	6	SW	W	483	34.46	36.43
4	حماة	40	-2	25	80	14.74	7700	2315	5	SW	W	305	35.07	36.42
5	الرستن	40	-3	30	75	15.3	7600	2350	4	W	W	390	34.56	36.44
6	السلمية	40	-2	30	80	16.74	7700	2315	4	SW	SW	448	35.1	37.02
7	إدلب	38	-2	32	75	12.1	7580	2275	7	W	W	451	35.56	36.36
8	طرطوس	34	4	60	65	6.43	7120	2530	4.5	SW	E	5	34.52	35.53
9	اللاذقية	34	4	60	65	5.18	6590	2300	5.5	S	NE	7	35.32	35.46
10	صافيتا	35	1	40	75	7.97	7170	2385	6.5	W	NE	370	34.49	36.07

11	مصياف	37	0	30	65	15.28	7200	2380	5.5	S	NE	530	35.04	36.21
12	صلنفة	33	-3	50	65	11	7200	3380	6	S	NE	1100	35.36	36.11
13	كسب	33	0	30	65	11.1	7650	2600	6	S	NE	730	35.56	35.59
14	القرداحة	35	1	50	65	9.78	7200	2380	3.5	S	NE	370	35.25	36.05
15	حميميم	35	3	50	70	8.76	6700	2300	5	S	SE	48	35.24	35.57
16	المسلمية	40	-4	22	75	15.33	7565	2350	5	W	E	415	36.2	37.13
17	درعا	39	-1	20	75	14.04	7280	2880	4.5	W	SW	543	32.36	36.07
18	السويداء	37	-3	25	75	14.57	7275	2570	5	W	SW	1015	32.41	36.34
19	إزرع	38	-2	20	70	17.75	7200	2900	4.5	W	SW	570	32.51	36.14
20	القنيطرة	37	-2	32	85	13.65	7275	2800	8	NW	W	941	33.07	35.49
21	تدمر	43	-3	20	75	16.17	7640	2755	7	W	W	400	34.33	38.18
22	التنف	42	-3	20	75	17.54	8000	3020	5.5	W	W	712	33.29	38.39
23	البوكمال	44	-3	20	65	15.16	7850	2940	4	W	W	175	34.26	40.55
24	دير الزور	43	-3	16	75	14.62	7320	2630	5.5	NW	NW	215	35.17	40.1

25	الرقة	42	-3	20	75	14.95	7660	2490	5	W	E	246	35.54	39
26	القامشلي	43	-2	30	70	16.31	7255	3355	3.5	W	N	449	37.02	41.12
27	الحسكة	44	-4	18	75	18.44	7465	2380	4	W	NW	307	36.31	40.42
28	جرابلس	41	-3	20	70	17.5	7200	2275	4	W	SE	351	36.49	38
29	تل أبيض	42	-3	25	75	19.8	7300	2280	3	W	SE	348	36.42	38.57
30	إثريا	40	-1	30	80	15.18	7750	2760	7	W	SW	460	35.24	37.5
31	النبك	35	-5	25	75	14.69	7645	2610	5	N	S	1329	34.01	36.44
32	سرغايا	35	-5	25	75	18.5	7785	2630	5.5	NW	NW	1400	33.48	36.1
33	الزبداني	35	-5	20	75	15.61	7650	2610	5	NW	NW	1200	33.43	36.07
34	قطنا	39	-3	25	75	18.14	7600	2700	5.5	NW	W	875	33.26	36.04
35	خرابو	40	-3	20	75	22.36	7720	2770	2	W	W	620	33.3	36.28
36	التل	38	-3	25	75	16.5	7700	2800	4.5	W	N	950	33.36	36.19

1-3-1-2- اختيار الشروط التصميمية الداخلية:

a) اختيار درجة الحرارة الداخلية (ti):

تتعلق درجة الحرارة الداخلية للمكان المراد تدفئته (ti) بعدة عوامل :

- استعمال المكان المراد تدفئته: إنّ نوع العمل والنشاط للأشخاص المقيمين في البناء له التأثير الأساسي في اختيار درجة الحرارة الداخلية (مطبخ، حمام، غرفة نوم، غرفة جلوس، مسرح مكتبة ....)
- أعمار الأشخاص وجنسهم (الكهول – الأطفال– الشباب)
- مستوى الرفاهية: كلما كان مستوى الرفاهية مرتفعا ارتفعت درجة الحرارة الداخلية ضمن حدود الراحة الاقتصادية
- الناحية الاقتصادية: تهدف إلى خفض درجة الحرارة الداخلية للتوفير في الكلفة التأسيسية والتشغيلية للمشروع.

b) الشروط التصميمية الداخلية :

يعطي الجدول(1-8) درجات الحرارة التصميمية الداخلية والرطوبة النسبية للحيز المدفأ أو المكيف.

الجدول(1-8) درجات الحرارة التصميمية الداخلية والرطوبة النسبية للحيز المدفأ أو المكيف.

نوع الأبنية واستعمالات الغرف	شتاءً		صيفاً	
	درجة الحرارةالخافة C°	الرطوبة النسبية % φ	درجة الحرارة الخافة C°	الرطوبة النسبية % φ
الأبنية السكنية : غرف الجلوس ، والنوم ، والطعام	22	50-40	25-24	50-40
المداخل والممرات ودورات المياه	18	-	28-26	-
الحمامات	26	-	28-26	-
المطابخ	20	50-40	25-24	50-40
بيت الدرج	14	-	-	-
أبنية المكاتب: غرف المكاتب ، والاجتماعات	20	50-40	25-24	50-40
المداخل والممرات ودورات المياه	16	-	26	-
بيت الدرج	14	-	-	-
الفنادق : غرف النوم ،والجلوس ، والأبهاء ، والمطاعم	22	50-40	25-24	50-40
الحمامات	24	-	28-26	-
المطابخ ودورات المياه	18	-	28-26	-
المدارس والمعاهد : الصفوف ،وغرف الإدارة ،والمكاتب وغرف الاجتماعات	20	50-40	26-25	50-40
الملاعب المغلقة وغرف الألعاب	16	50-40	25-24	50-40
الممرات ،وبيت الدرج ،ودورات المياه	16	-	-	-
المستشفيات : غرف المرضى ، والمعاينة	22	50-45	25-24	50-45
الصيدلية والمخابر	20	50-45	25-24	50-45

غرف العمليات والعناية المشددة	25-24	50-45	24-23	50-45
دورات المياه والممرات وبيت الدرج	18	-	28-26	-
المسارح ودور السينما : صالات العرض وغرف الاستراحة	20	55-45	25-24	55-45
دورات المياه	16	-	-	-
دورات الإنتاج ، والورشات :	21-18	45-35	27-25	45-35
المسابح المغلقة : 28 شريطة ألا تزيد أكثر من درجتين عن درجة حرارة الماء	-	-	-	-
المطارات : صالات الانتظار وتسليم الأمتعة والمكاتب والأبهاء .	22-20	50-40	25-24	50-40
الجوامع والكنائس	18	50-40	26-25	50-40
المخازن ، ومحلات البيع ، والمصارف	20-21	45-40	26-25	45-40
المطاعم العامة :	20-22	50-40	25-24	50-40
المعارض ، وصالات عرض الأعمال الفنية	حسب تعليمات العارض			
مرائب السيارات (كاراجات)	14	-	-	-

أما درجات حرارة الأماكن غير المدفأة تؤخذ من الجدول (1-9) التالي :

	درجة الحرارة الخارجية C°	
صفات الأمكنة غير المدفأة	5-	10-
مداخل، ممرات –مطبخ ، دورة مياه ....بدون جدران	15	10
خارجية	12	7
بجدار خارجي واحد ولكن بدون نوافذ	10	5
بجدار خارجي واحد مع نوافذ	10	5
بجدارين أو ثلاث خارجية بدون نوافذ	5	0
بجدارين خارجيين مع نوافذ	0	5-
بثلاث جدران خارجية مع نوافذ		

قبو (بدون مرجل تدفئة)	5	0
مطلع الدرج	5	0
شقة مجاورة مدفأة بمدافئ عادية	10	10
طابق من فوق أومن تحت مدفأة بمدافئ عادية	10	10
طابق من فوق أو من تحت بدون تدفئة مطلقاً	0	5-

الجدول (1-9) درجات حرارة الأماكن غير المدفأة

1-3-2- الضياع الحراري نتيجة النفوذ الحراري:

يتألف الضياع الحراري للأبنية من:

a) الضياع الحراري نتيجة فرق درجتي حرارة المكان المدفأ ودرجة حرارة الوسط المحيط وهذا الضياع يتم عبر: الجدران – السقف – الأرض –النوافذ – الأبواب ويرمز له Qt

b) الضياع الحراري نتيجة تسرب الهواء الخارجي البارد إلى داخل الغرف المدفأة (عبر شقوق النوافذ وفراغات الأبواب) ويرمز له Qv

حيث:

$$\mathbf{Q = Qt + Qv \ldots\ldots (3)}$$

أي أنّ حساب كمية الحرارة اللازمة لتدفئة مكان معين تتم بمعرفة الضياع الحراري للمكان نتيجة النفوذ الحراري ونتيجة التهوية شتاء"، يتم انتقال الحرارة من هواء الغرفة إلى السطح الداخلي للجدران بواسطة الحمل بينما يتم انتقال الحرارة ضمن الجدار نفسه بواسطة التوصيل ويتم انتقال الحرارة من سطح الجدار الخارجي إلى الهواء الجوي بواسطة الحمل والإشعاع.

إن كمية الحرارة المنتقلة من الوسط الداخلي الساخن (جو الغرفة) إلى الوسط الخارجي البارد يمكن تحديدها من العلاقة التالية:

$$\mathbf{Q_0 = U.A.(t_i - t_0) \ldots\ldots (4)}$$

حيث :

ti : درجة حرارة المكان المدفأ.

t_o : درجة حرارة الوسط الخارجي.

Q_0 : الضياع الحراري ويقدر بالواط .

U معامل انتقال الحرارة الكلي (الإجمالي). $(w/m^2.c)$:

A : المساحة الصافية للعنصر المدروس.

من أجل الجدران (أو الأرضيات أو الأسقف) يتم تحديد المساحة الصافية من المساحة الكلية مطروحا منها مساحة الأبواب والنوافذ (أو أية فراغات أخرى) إن وجدت في هذا الجدار .

- هناك مجموعة من الإضافات الواجب الأخذ بها عند تحديد الضياع الحراري عبر الجدران أو النوافذ أو الأبواب (الخارجية فقط) من جراء فرق درجات الحرارة:

$$Q_t = Q_0(1+P_{s1}) \quad \ldots\ldots(5)$$

P_{s1} : عامل الإضافة الناتج عن توجيه السطح الخارجي (الجدار– الباب – النافذة)

P_{s1} يوضح الجدول (1–10) قيم عامل التوجيه

الجدول (1–10) قيم عامل التوجيه

توجيه الجدار	معامل التوجيه %
الشرق	5
جنوب	0
الغرب	5
شمال	10

1-3-3- الضياع الحراري نتيجة تسرب الهواء:

فهو كمية الحرارة التي يفقدها المكان المدفأ واللازمة لرفع درجة حرارة الهواء الخارجي المتسرب من شقوق النوافذ والأبواب أو نتيجة فتح وإغلاق الأبواب والنوافذ. ويتحدد هذا

الضياع من العلاقة :

$$Q_v = c.\rho.n.v.(t_i - t_0) \quad \ldots\ldots(6)$$

حيث:

Q_v : كمية الحرارة المحسوبة اللازمة لتسخين الهواء المتسرب (w)

c : الحرارة النوعية للهواء وتساوي تقريباً (1026 (j / kg .deg

ρ : كثافة الهواء وتساوي 1.2 (kg/m^3)

V : حجم الفراغ المدفأ (m^3)

t_o : درجة الحرارة الخارجية (c^o)

t_i : درجة الحرارة الداخلية (c^o)

n : عدد مرات تبديل الهواء بالساعة ونأخذه من الجدول(1-11)

الجدول(1-11) عدد مرات تبديل الهواء بالساعة

وصف الغـــــرف	n
غرف بدون نوافذ أو أبواب خارجية	0,5
غرف ذات نوافذ أو أبواب خارجية على جهة واحدة	1,0
غرف ذات نوافذ أو أبواب خارجية على جهتين	1,5

2,0	غرف ذات نوافذ أو أبواب خارجية على 3 أو 4 جهات
0,75	غرفة يتراوح حجمها بين 100 م3 و 500 م3
0,50	غرفة يتراوح حجمها بين 500 م3 و 1000 م3
3	مدخل الأبنية
1-3	الأبنية العامة
2	المطاعـم
2	المدارس : غرف الدرس وغرف الأستاذة
2	الممرات
2-4	الحمامـات

بعد حساب Q_t لجميع جدران وأبواب ونوافذ وسقف الغرفة و Q_v الناتج عن التسرب نستبدلهما في العلاقة (3) لنحصل على الضياع الحراري الكلي للغرفة المدروسة

1-3-4- عوامل الإضافة للضياع الحراري

نضيف إلى الحمل الحراري العاملين التاليين:

أولاً: تأثير الارتفاع على الضياع الحراري:

كما هو معلوم فإن الطوابق العلوية (أعلى من ستة طوابق) تتعرض لرياح أقوى من الطوابق السفلية في نفس المبنى لذا فإن كمية الحرارة الضائعة من طابق علوي تكون أكبر من تلك الضائعة من طابق سفلي . لذلك وبعد حساب Q بالعلاقة (2) يجب أن

نأخذ معامل أمان للطوابق العلوية بحدود (% 20 ÷ 10) أي للطابق السابع وما فوق وتحسب:

$$Q^{\backslash} = Q\,(1 + P_{s2}) \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

P_{s2}: عامل الإضافة الناتج عن ارتفاع المكان المدفأ

ثانياً: تأثير التقطع في العمل :

هناك أبنية أو بعض أجزاء البناء لا تعمل بصورة مستمرة مثل : المعامل – المدارس – الجوامع – الكنائس .. فعند إيقاف التدفئة تنخفض درجة حرارة المبنى والأثاث ويتطلب إعادة تدفئتها كميات إضافية من الحرارة تابعة لمدة إيقاف التدفئة ونوعية البناء ويتحدد هذا المعامل من الجدول (13)

$$Q'' = Q\,(1 + P_z) \quad \ldots\ldots(8)$$

p_z:عامل إضافة الناتج عن التقطع ويؤخذ من الجدول (1-12)

الجدول (1-12) عامل الإضافة

عدد ساعات العمل خلال 24 ساعة	عامل الإضافة %
تدفئة مستمرة $24\ h \geq H > 16\ h$	5
نصف مستمرة $16\ h \geq H > 8\ h$	10
متقطعة $H \leq 8\ h$	15

وبالتالي تصبح العلاقة النهائية:

$$\mathbf{Qtot = Q\,(1 + P_z + Ps2)}$$

1-4- العزل الحراري للأبنية

1-4-1- أهمية العزل الحراري:

العازل الحراري هو كل مادة تتمتع بمعامل حراري منخفض يشكل عام تعتبر كل المواد التي يكون معامل التوصيل لها أقل من 0.2 [w/m.k] مواد عازلة. تعمل

البرادات عند درجات حرارة داخلية منخفضة بينما تكون درجة حرارة الوسط الخارجي أعلى من ذلك بكثير وهذا يؤدي إلى حدوث تبادل حراري مستمر بين البراد والوسط الخارجي وهذا يؤدي إلى زيادة الحمل المطبق على آلات التبريد المستخدمة وبالتالي زيادة الكلفة التأسيسية للمنشأة لذلك نلجأ لاستخدام العوازل الحرارية التي تقلل من التبادل الحراري والتي لها أنواع مختلفة حسب ميزاتها وخواصها ومجال استخدامها.

الشروط الواجب توفرها في المواد العازلة:

1- أن تكون ذات معامل توصيل حراري منخفض أقل من 0.2 [w/m.k].

2- أن تكون قليلة التأثر بالرطوبة وذات قابلية قليلة لامتصاص الرطوبة.

3- أن يكون حجمها النوعي صغير

4- ملائمة لدرجات الحرارة المنخفضة وكلفتها منخفضة.

5- غير قابلة للتعفن ولا تعطي روائح كريهة.

6- أن تكوم متينة وتتحمل الصدمات وغير قابلة للاحتراق.

ولا توجد مادة تحوي الخواص السابقة كلها لذلك يجب اختيار الأنسب.

وتعتمد عازليه أي مادة على البارامترات التالية:

1- كثافة المادة[Kg/m^3] ρ.

2- السعة الحرارية النوعية[Kj/Kg.K]C.

3- معامل التوصيل الحراري [w/m.k] λ .

4- الانتشارية الحرارية على سطحه[m^2/sec]a.

حماية المواد العازلة الحرارية:

من الثابت عملياً أن الرطوبة من أهم المؤشرات الضارة بالعوازل الحرارية فعند تسرب الرطوبة يفقد العازل نسبة كبيرة من عازليته الحرارية ولذلك لابد من حمايتها بإحدى الطريقتين:

1- طلاء الجدران بالزفت قبل تركيب العازل.

2- استعمال الورق المعدني للفصل بين الجدار والطبقة العازلة.

ويفضل استخدام الزفت نظرا لتكاليفه الرخيصة نسبياً.

أنواع العوازل المستخدمة:

هناك أكثر من نوع للعوازل متوفر ومستخدم في العزل الحراري وهي:

1. **الستيربور:**

معامل توصيله الحراري: $\lambda=0.044[w/m.k]$

يصنع على شكل ألواح بسمكات مختلفة، له قابلية جيدة لتشرب الماء والرطوبة, قليل القسوة ليس له رائحة كتلته الحجمية: $\rho=20[Kg/m^3]$.

2. **الفلين:**

معامل توصيله الحراري: $\lambda=0.049[w/m.k]$

يصنع على شكل ألواح , عالي القسوة .قليل التأثر بالماء والرطوبة , سعره بالنسبة لخواصه السابقة الذكر يعتبر مناسب لاستخدامه في عزل الأرضيات, كثافته: $\rho=85[Kg/m^3]$.

3. **البولي أورتيان:**

معامل توصيله الحراري: $\lambda=0.021[w/m.k]$

لا يتأثر بالماء, يستخدم بطريقة الحقن , يكتسب قسوة عالية بعد أن يجف , وليس له رائحة ويتحمل درجة حرارة أكثر من $100C^O$. :$\rho=100[Kg/m^3]$.

4. **الصوف الزجاجي:**

معامل توصيله الحراري: $\lambda=0.035\ [w/m.k]$

شديد التأثر بالماء والرطوبة, له شكل الألياف المترابطة, يفقد خواصه إذا تعرض للرطوبة, يتحمل درجات الحرارة العالية والمنخفضة , وليس له كثافة ثابتة.

5. القطن:

شبيه بالصوف معامل توصيله الحراري:[w/m.k] λ=0.06

الزجاجي من حيث البنية والتأثر بالرطوبة، قابل للاحتراق :[Kg/m^3]ρ=0.8 .

6. الخشب:

معامل توصيله الحراري:[w/m.k] λ=0.16

معامل توصيله الحراري يختلف باختلاف نوعه ويعطى بشكل وسطي، غالي الثمن، يتشرب الماء والرطوبة، قاسي، قابل للاحتراق[Kg/m^3]ρ=0.021.

1-4-2- اختيار العازل وسماكته المثلى:

1-4-2-1-عزل خارجي:

في الحالات التي يتم فيها وضع طبقة ثقيلة جيدة الاختزان الحراري في الجانب الداخلي من العنصر الإنشائي مع وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الخارجي، فإن الطبقة الداخلية تقوم بامتصاص الحرارة الداخلية أثناء تدفئة البناء واختزانها والاحتفاظ بها، بينما تقوم الطبقة الخارجية (العازلة للحرارة) بإعاقة انتقال الحرارة المختزنة إلى الخارج والحيلولة دون فقدانها السريع.

وتكون قيمة الحرارة المختزنة في هذه الحالة كبيرة، إلا أن هذه الحرارة المختزنة تنبعث ثانية إلى داخل البناء في فترات توقف أجهزة التدفئة عن العمل مما يساعد على بقاء الجو الداخلي دافئاً لفترة من الزمن.

أما في فصل الصيف، فإن الطبقة الخارجية (العازلة للحرارة) تعمل على إعاقة انتقال الحرارة الخارجية المرتفعة إلى الداخل، وتحمي الطبقة الداخلية من تأثيرات الحرارة الخارجية، حيث تعمل هذه الطبقة الداخلية كخزان تبريدي منظم للحرارة الداخلية في البناء، فتقوم بامتصاص الحرارة المتربة إلى الداخل من خلال الأبواب والنوافذ، وإخمادها.

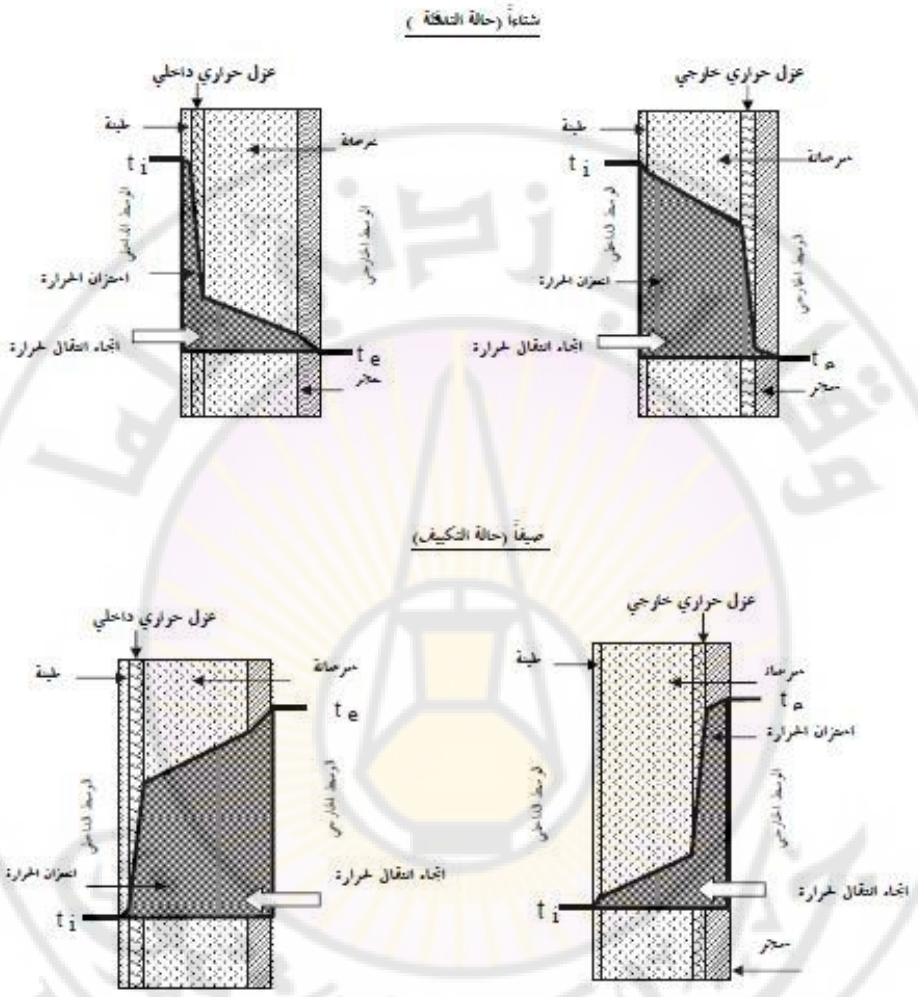
1-4-2-2- عزل داخلي:

في الحالات التي يتم فيها وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الداخل، فإنها ونتيجة لصغر موصليتها الحرارية وتدني اختزانها للحرارة، تعمل على إسراع عملية تدفئة الأبنية أو تكييفها.

إلا أن توقف أجهزة التدفئة أو التكييف يؤدي أيضاً إلى سرعة فقدان الحرارة الداخلية شتاء وارتفاعها صيفاً.

يتضح مما سبق أن على المصمم وضع الطبقة العازلة للحرارة بما يتلاءم وطبيعة إشغال البناء ومتطلباته الحرارية (بيت سكني، مكتب، مدرسة .... الخ)، حيث إن الإشعاع الشمسي الخارجي أثناء النهار وتغير درجات الحرارة بين الليل والنهار لهما تأثير كبير على مقدار الاختزان الحراري والإجهادات الحرارية التي تتعرض لها عناصر البناء في فصلي الصيف والشتاء.

ويبين الشكل (1-4) مبدأ اختزان الحرارة في العناصر الإنشائية لمواضع مختلفة للعازل الحراري صيفاً وشتاءً.



الشكل (1–4) مبدأ اختزان الحرارة في العناصر الإنشائي

1-4-2-3-المتطلبات التصميمية وفق الكود السوري:

-أ-معامل الانتقال الحراري الكلي:

بموجب الكود العربي السوري يجب ألا يتجاوز قيمة معامل الانتقال الحراري الكلي لكل عنصر من عناصر البناء القيم المذكورة في الجدول (1-13)

الجدول(1-13) القيم العظمى المسموح بها لمعامل انتقال الحرارة الكلي لعناصر البناء

العنصر الإنشائي	معامل انتقال الحرارة الكلي الأعظمي $W/m^2.°C$	
السقف الأخير	U_{roof}	0.5
الجدران الخارجية بدون فتحات	U_{ow}	0.8
الفتحات الزجاجية $A_{win} \leq 0.2\ A_{face}$	U_{win}	5.2
الفتحات الزجاجية $A_{win} > 0.2\ A_{face}$	U_{win}	3.5
الواجهات الخارجية شاملة جميع الفتحات	U_{face}	1.5
الأرضيات الملاصقة للتربة	U_G	1
الأرضيات ما بين الطوابق	U_F	1
الأرضيات المكشوفة	U_F	0.5

حيث A_{face} : مساحة الواجهة

A_{win} : مساحة النوافذ والأبواب

-ب كمية بخار الماء المتكاثف ضمن العناصر الإنشائية :

- يجب أن لا تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف داخل العنصر الإنشائي عن $0.5\ kg/m^2$.
- يجب ألا تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف عن $0.35\ kg/m^2$ داخل المادة العازلة من النوع الليفي أو ضمن فراغ هوائي أو أي مادة عالية الامتصاص للماء عند حدوث التكاثف الجوفي ضمنهما.

1-2-4-4-العزل الحراري والدراسة الاقتصادية لسماكة العازل:

إن كلفة العازل المستعمل سواء للمباني المدفأة أو المكيفة أو للتجهيزات المعزولة تعتمد على:

1. ثمن العازل أو كلفته التأسيسية.
2. قيمة الطاقة الموفرة بوضع هذه الكمية من العازل.

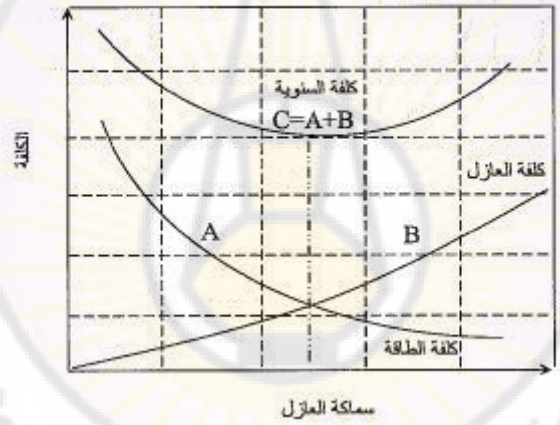
يبين المنحني A انخفاض قيمة معامل انتقال الحرارة مع ازدياد سماكة العازل، وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض كلفة التشغيل مع ازدياد سماكة العازل كما هو موضح بالشكل(1-5) A ، أما المنحني B فيبين ازدياد الكلفة التأسيسية مع ازدياد سماكة العازل، بجمع المنحيين A و B نحصل على المنحني C الذي يمثل الكلفة الكلية.

يلاحظ أن المنحني C يمر بنهاية صغرى ثم يبدأ بالزيادة، تعتمد النهاية الصغرى على سعر الطاقة وعلى كلفة العازل، مع ازدياد سعر الطاقة تنحرف النهاية الصغرى نحو اليمين وبالتالي فإن زيادة سماكة العازل تتبع لتكاليف الطاقة المستعملة.

يجب ملاحظة أن الزيادة في سماكة العازل لا تعطي التوفير المرجو منها بعد حد معين، بل تصبح تكاليف إضافية وهذا ما يتضح في الجدول (1-14) حيث يمثل X سماكة العازل و U معامل انتقال الحرارة الكلي.

5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0	X
0.48	0.53	0.58	0.64	0.71	0.81	0.94	1.11	1.36	1.76	2.5	U

10.5	10	9.5	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	X
0.26	0.27	0.28	0.29	0.31	0.33	0.34	0.37	0.39	0.42	0.45	U



الشكل(1–5) علاقة كلفة العازل مع كلفة الطاقة بازدياد سماكة العزل

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

أنظمة التدفئة بالماء الساخن وتجهيزاتها

التدفئة تعبير ينطوي على مفهوم أساسي وهي رفع درجة حرارة الأماكن التي يتواجد فيها الناس شتاءً بشكل يضمن لهم الحصول على الراحة الحراريّة، وبالتالي هي جملة المفاهيم الهندسيّة المتضامنة لتحقيق تلك الراحة وبأقصى اقتصاديّة ممكنة.

بالتالي يتم رفع درجة حرارة الهواء بالمكان المدفأ ورفع درجة الحرارة الوسطية للسطوح المتماسة بجو الغرفة. ويستعمل في أنظمة التدفئة الماء كوسيلة لحمل الحرارة من المراجل إلى المشعات وذلك بواسطة شبكة أنابيب تصل المشعات بالمراجل. حيث يتم حساب عدد المقاطع لكل غرفة انطلاقاً من حساب الحمل الحراري للغرفة الواحدة.

يتم حساب كمية الحرارة اللازم تأمينها للغرفة للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة والتعويض عن كافة الضياعات الحرارية الحاصلة عبر السطوح المختلفة.

2-1- تجهيزات نظام التدفئة بالماء الساخن

2-1-1- مراجل التدفئة:

تقدر استطاعة المرجل بـ kW وتعطى استطاعة المرجل بالعلاقة

$$Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2)$$

الضياع الحراري من الأنابيب

$P_1 = 0.1$

$P_2 = 0.2$: معامل بدء التشغيل

Q_{tot} : الحمل الحراري الكلي

ويتم اختيار المرجل بالاعتماد على الاستطاعة مع الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- نوع المرجل من حيث مادة الصنع والغرض المطلوب.

- نوع الوقود المستعمل.
- ضغط العمل أو التشغيل بالإضافة إلى الملحقات المتممة للمرجل مثل مقاييس درجة الحرارة والضغط وصمام الأمان وغيرها. كما هو مبين في الشكل

الشكل (2-7) يوضح المرجل مع الحراق

2-1-2- حراقات الوقود:

تتمثل وظيفة الحراق في أنظمة التدفئة بتقديم الوقود السائل على شكل رذاذ أو بخار مع كمية من الهواء المناسب لتأمين عملية احتراق المزيج ويوجد أنواع مختلفة من حراقات الوقود السائل: الحراق العامل على مبدأ تبخير الوقود – الحراق العامل على مبدأ ترذيذ الوقود مع ضغط الهواء والوقود – الحراق العامل على مبدأ القرص الدوار.

يتم اختيار الحراقات حسب الاستطاعة وذلك وفق ما يلي:

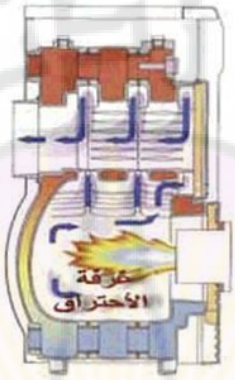
$$\dot{M} = \frac{3600\dot{Q}_B}{C_V \eta_P} \qquad [kg/h]$$

حيث:

$\dot{Q}_P$ $[kW]$ استطاعة المرجل

القيمة الحرارية الدنيا للوقود السائل (حوالي 42000) C_V $[kJ/kg]$

مردود المرجل وهو وسطيا حوالي % 80- 95 η_P [%]



الشكل (2–8) مقطع لحراق

الشكل (2–9) حراق الوقود

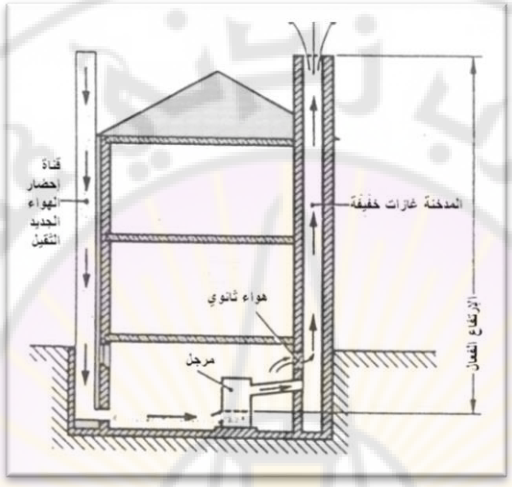
2–1–3– المدخنة

ترتفع المدخنة بمقدار 2 متر فوق سطح البناء الأخير ويكون مقطعها مناسباً لاستطاعة المرجل ويحسب مقطع المدخنة من العلاقة التجريبية التالية:

$$S = \frac{\dot{Q}_b}{680 \times \sqrt{h}}$$

استطاعة المرجل $\dot{Q}_b$ $[kW]$

ارتفاع المدخنة وواحدته المتر h $[kJ/kg]$



الشكل (2–9) موقع المدخنة واتجاه الدخان

2–1–4– مضخة التسريع:

تركب مضخات التسريع الصغيرة حتى قطر اسمي $100\ mm$ على خطوط الشبكة مباشرة دون الحاجة إلى قاعدة تثبيت , أما المضخات الكبيرة فيجب تثبيتها على قواعد إسمنتية مع تزويدها بمخمدات صوت. يركب قبل المضخة وبعدها بصورة دائمة صمام إغلاق كما يركب صمام عدم رجوع من أحد الأطراف.

ويعطى التدفق الكتلي للمضخة بالعلاقة:

$$m = \frac{Q_{net}}{C_W \times \Delta t} = \frac{1.1 \times Q_{tot}}{C_W \times \Delta t}$$

وتعطى استطاعة المضخة وفق العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{P = Q \,.\, H \,.\, \rho \,.\, g} / \eta \quad [\ W\ ]$$

حيث:

$[\ m^3/s\ ]$ Q التدفق ويؤخذ من معرفة الحمل الحراري وفرق درجات الحرارة

$[\ kg/m^3\ ]$ ρ الكثافة

$[\ m\ ]$ H فرق الارتفاع الجغرافي المطلوب الممثل لمجموع الضياعات الخطية والموضعية في أنظمة التدفئة ويتم اختيارها لتحقق أفضل الشروط الاقتصادية

[%] η مردود المضخات وهو (0,85... 0,4) وللمضخات الصغيرة 0,6 وللمضخات المتوسطة 0,75 , وللمضخات الكبيرة (0,75...0,85).

2-1-5- خزانات التمدد:

يتم تزويد أنظمة التدفئة المركزية بخزان تمدد للتغلب على زيادة حجم الماء الحاصل من زيادة درجة حرارتها اثناء العمل ويتم تركيب هذا الخزان غالبا في أعلى الدارة وفوق المرجل قدر الإمكان مع وجود خط أمان صاعد وأخر هابط يصل بين الخزان والمرجل. ويمكن اعتبار حجم خزان التمدد الفعال اللازم للدارة بصورة عامة من 1 إلى 2 ليتر لكل kW من الحمل الحراري المطلوب للنظام وبتقريب أكثر تعطى القيم التالية :

lit/kW 1 ...1,3 للأنظمة المركزية باستخدام المشعات .

lit/kW 0,5 ... 0,8 للأنظمة المركزية باستخدام المبادلات الحملية.

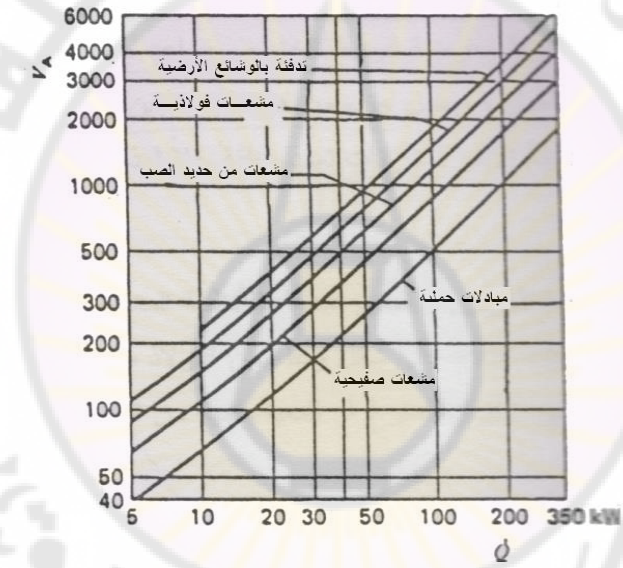
lit/kW 1,5 ... 2 للأنظمة المركزية باستخدام الوشائع للتدفئة .

يعطى حجم خزان التمدد المفتوح الفعال :

V_n = (0,06 ...0,08) V_A (lit)

حيث أن : (lit) V_A حجم الماء حسب الشكل رقم (2-11)

الشكل (2–10) خزان تمدد مغلق



الشكل (2–11) محتوى الأنظمة المركزية من الماء الوسطي كتابع للحمل الحراري ونوعية أجهزة بث الحرارة.

2–1–6– خزان الوقود:

يتعلق حجم خزان الوقود بعدة عوامل نذكر منها موقع البناء وتوفر الوقود بصورة عامة وسعر الوقود وعدد أيام التدفئة وساعات التدفئة بالسنة إضافة إلى عوامل أخرى ويفضل أن يكون حجم الخزان كافيا لتغطية فصل تدفئة كامل مع العلم أن ذلك غالبا ما يكون غالي الثمن نتيجة لكبر حجمه، لذلك غالبا ما يستخدم خزان وقود رئيسي يكفي لفترة محدودة من فصل الشتاء

2-3-6-1- حساب كمية الوقود المستخدم:

الجدول (2-1) عامل استعمال التدفئة

وظيفة المبنى	F
المشافي (تدفئة مستمرة)	1
مصانع بثلاث ورديات وعطلة اسبوعية	0,86
الأبنية السكنية والفنادق t =15 ودون عطلة	0,62
مصانع بورديتين وعطلة أسبوعية	0,58
الجامعات والمدارس والدوائر الحكومية	0,39
مصانع بوردية واحدة وعطلة اسبوعية	0,39
المكاتب t = 10 وعطلة اسبوعية	0,38

ويتعلق بالعوامل التالية:

1 - الحمل الحراري مقدر بـ kW.

2 – القيمة الحرارية للوقود المستعمل وهي حوالي $\frac{kJ}{kg}$ 42000 =H_c للوقود السائل.

3 – مردود المرجل ويؤخذ وسطيا 0,7 .

4 – N عدد الأيام التي تحتاج الى تدفئة في السنة تقدر من 120 الى 150 يوم بالسنة في سورية .

5 – F عامل استعمال التدفئة ويؤخذ من الجدول رقم (2-1) .

6 – عامل الطقس واختلاف درجات الحرارة الخارجية.

وبالتالي يكون لدينا بالنسبة للمازوت بتعويض قيمته الحرارية وبعض العوامل فإن:

$$W = 0{,}93\ Q_h\ .\ N\ .\ F/\eta_K\ [\ kg/a\ ]$$

وباعتبار انه في المناطق المعتدلة يكون لدينا $N = 150$ وباعتبار $\eta_K = 0{,}7$ وبالتعويض يكون لدينا

$$W = 186\ Q_h\ F\ [\ kg/a\ ]\ .$$

2-3-6-2- حجم خزانات الوقود وأشكالها:

الجدول رقم (2-2) : أبعاد الخزانات متوازية المستطيلات

سعة الخزان lit	الطول m	العرض m	الارتفاع m	سماكة الصاج mm	وزن الخزانkg
2000	1,5	1,2	1,2	5	500
2500	1,8	1,2	1,2	5	500
3000	2	1,25	1,2	5	500
3500	2	1,5	1,2	5	600
4500	2	1,8	1,25	5	700
5000	2,5	1,5	1,4	5	700
6000	3	1,5	1,4	6,5	1100
9000	3	2,75	1,7	6,5	1400

1700	6,5	1,5	2,75	3	12000
1800	6,5	1,6	2,75	3,5	15000
2500	6,5	1,7	3	4	20000

يعطى حجم خزان الوقود السنوي بالعلاقة التالية:

$$v = \frac{W}{\rho} = \frac{W}{840} \quad [m^3/\mathrm{a}]$$

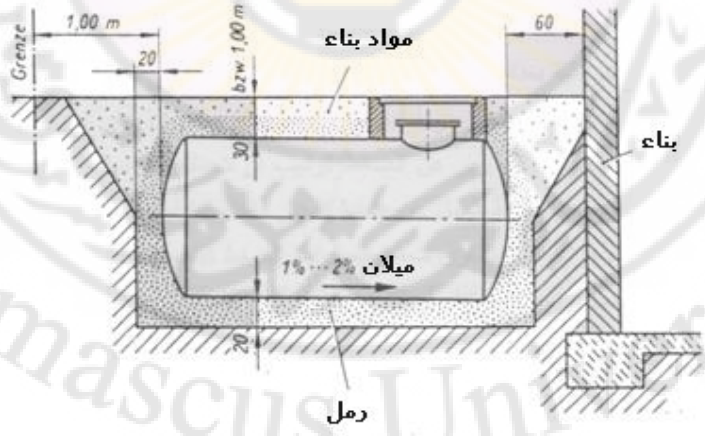
حيث ان ρ كثافة المازوت وتساوي الى kg/m^3 840 وبعد معرفة حجم الخزان المطلوب

يتم اختيار الخزان المناسب من الجدولين (2-2) للخزانات المتوازية المستطيلات و (2-3) للخزانات الأسطوانية .

الجدول (2-3) : أبعاد الخزانات الأسطوانية

سعة الخزان lit	القطر m	الطول m	سماكة الصاج mm	الوزن التقريبي kg	
				مازوت	**خزان**
2000	1,25	1,7	5	1900	360
3000	1,25	2,5	5	2800	500
4000	1,25	3,25	5	3800	600
5000	1,5	2,8	5	4700	670

800	5700	5	3,4	1,5	6000
1100	6600	6,5	3	1,75	7000
1200	7500	6,5	3,3	1,75	8000
1300	8500	6,5	3,75	1,75	9000
1400	9400	6,5	3,25	2	10000
2100	19000	6,5	4,1	2,5	20000
3000	28000	6,5	6,1	2,5	30000
3600	38000	6,5	6,75	2,5	40000



الشكل (2–12) مخطط توصيل الخزانات المطمورة.

2-3-7- غرفة التجهيزات:

2-3-7-1- المساحة والارتفاع:

يتم تحديد مساحة غرفة المراجل بالاعتماد على عدد ونوع واستطاعة المراجل وذلك كتابع للحمل الحراري وشروط الاستثمار.

يجب أن تكون مساحة غرفة المراجل في حال وجود أسطوانة الماء الصحي ضمنها مساوية الى ضعف مساحة غرفة المراجل بدون اسطوانة علما انه توجد علاقة تقريبية لتحديد مساحة غرفة المراجل وهي: $A = \sqrt[2]{Q_b} / 20$

حيث ان:

A [m^2] مساحة غرفة المراجل.

Q_b [W] استطاعة المراجل المركبة.

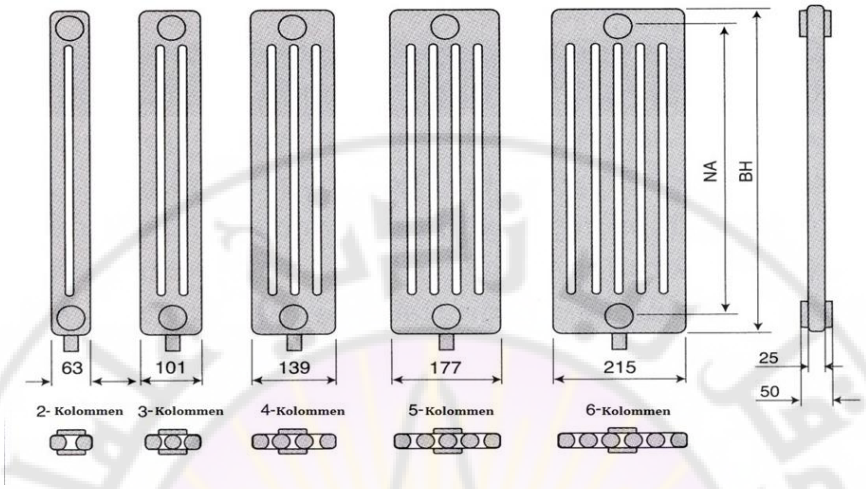
2-3-8- أجهزة بث الحرارة:

2-3-8-1- المشعات:

صنع عادة من حديد الصب أو من أنابيب الفولاذ أو من خلائط الألمنيوم ويشكل مشع حديد الصب من مقاطع منفصلة تجمع إلى بعضها البعض بواسطة صوامل.

أما المشعات الفولاذية تصنع كوحدة كاملة لا يمكن فصلها. وتخضع مشعات حديد الصب عند خروجها من المعمل لضغوط تجريب 12بار ولكن عندما تركب في مكانها يجب ألا تتعرض إلى أكثر من 6 بار وذلك ناتج من أن الوصلات والأنابيب لا تتحمل الضغط الذي يتحمله المشع،

انظر الشكل (2-13)



الشكل (2–13) مسقط جانبي لمشعات بمقاسات مختلفة

2–3–8–2– وحدات التدفئة:

تتألف هذه الوحدات من وشيعة تسخين ومروحة لدفع الهواء خلال الوشيعة يمكن أن يتم توجيه الهواء بواسطة موجهات توضع على فتحة خروج الهواء من الوحدة، تعلق هذه الوحدات أما بالسقف وتوجه الهواء نحو الأسفل، أو على الجدار وتوجه الهواء بشكل جانبي ويجب أن تكون سرعة الهواء الساخن كافية للتغلب على ممانعة الهواء الساخن للصعود نحو الأعلى.

تناسب هذه الأجهزة الأماكن ذات السقوف العالية والمعامل والورشات (حيث يكون الضجيج مرتفع نوعا ما) ويمكن أن تستعمل هذه الوحدات الماء الساخن أو البخار أو وشائع كهربائية

2–3–8–3– مدافئ تيار الحمل:

يتألف من وشيعة تسخين تركب في مستوي منخفض من صندوق معدني حاوي على فتحات سفلية وفتحات علوية ويكون الجريان ضمن الصندوق بفعل توربين وتستخدم الماء الساخن أو البخار كوسيط تشغيل.

2-3-8-4- وحدة الوشيعة المروحية:

تكون الفتحة العلوية أما في الوجه الأمامي أو في أعلى الوحدة، وتكون فتحات الهواء السفلية في أسفل الوجه الأمامي أو في الوجه السفلي من الوحدة، تستعمل هذه الوحدات الماء الساخن كوسيط ناقل للحرارة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

أسس مناخية وصحية

3-1- الهواء

الهواء مكون أساسي لحياتنا اليومية، فهو مهم في استخدامات كثيرة كالتهوية، وحفظ الأطعمة، والتجفيف، كما أنه مهم عند معرفة مستوى الرطوبة في المنزل. في كثير من الاحيان يلزم التحكم في بعض من هذه الخواص كدرجة الحرارة، الرطوبة ونقاوة الهواء. إلخ.

تكييف الهواء هو عبارة عن تحكم في درجة حرارة الهواء ورطوبته، نقاوته وجريانه خلال مكان معين للحصول على وسط مريح خالي من الاتربة والغازات الفاسدة والروائح الكريهة لشاغلي المكان في جميع فصول السنة.

ولدراسة خواص الهواء يجب معرفة ثلاثة تعاريف للهواء وهي:

1- الهواء الجوي: Atmospheric air

يتكون الهواء الجوي من الأوكسجين، النيتروجين، ثاني اكسيد الكربون، الرطوبة وغازات أخرى، كما أنه يحتوي بعض الملوثات كالغبار والأدخنة وهو الهواء الذي نتنفسه عادة.

2- الهواء الجاف: Dry air

يعتبر الهواء جافاً عند ازالة كل الملوثات والرطوبة من الهواء وهو عبارة عن 78% (حجمياً) نيتروجين , 21% أكسيجين , 1% غازات أخرى.

3- هواء رطب: Moist air

الهواء الرطب هو خليط من الهواء الجاف وبخاء الماء

3-2- خصائص الهواء الرطب

باعتبار الهواء غازاً مثالياً يتبع قوانين الغاز المثالي، سوف نقوم بإعطاء بعض القوانين البسيطة للمساعدة في فهم خواص الهواء الرطب:

3-2-1- درجة حرارة الهواء

3-2-1-1- درجة الحرارة الجافة Dry Bulb Temperature

هي درجة الحرارة المقاسة بواسطة الترمومتر العادي.

3-2-1-2- درجة الحرارة الرطبة (wb) Wet Bulb Temperature

درجة الحرارة الرطبة عبارة عن أقل درجة حرارة يقيسها مقياس الحرارة (الترمومتر) الرطب اوالترمومتر الرطب عبارة عن ترمومتر زئبقي عادي بصيلته مغطاة بقطعة قماش مبللة. أحياناً تعرف درجة الحرارة الرطبة بدرجة حرارة التشبع الأديباتية وذلك لأن الحرارة اللازمة لتبخير الماء من قطعة القماش تؤخذ كلها من الهواء الجوي الذي يمر خلالها عندما تصل قراءة الترمومتر الرطب إلى أقل قيمة لها وهي تعبر عن التأثير التبريدي لتبخير المياه.

3-2-1-3- درجة حرارة نقطة الندى

درجة الندى هي درجة الحرارة التي يتكاثف عندها بخار الماء الموجود في الهواء

3-2-2- رطوبة الهواء

3-2-2-1-الرطوبة النوعية للهواء

الرطوبة النوعية: (Specific Humidity ω)

الرطوبة النوعية أو الرطوبة المطلقة وهي مقدار كمية الرطوبة في الهواء لكل 1Kg من الهواء الرطب:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a}$$

حيث:

m_a : كتلة الهواء بوحدة Kg

m_v : كمية الرطوبة (بخار الماء) في الهواء بوحدة Kg

ولدينا قانون الغازات العام $P.V=m.R.T$

وباستعمال قانون دالتون للغازات Daltons Law

$$P=P_a + P_v$$

حيث :

P : الضغط الحقيقي للهواء

P_a : الضغط الجزئي للهواء الجاف

P_v : الضغط الجزئي لبخار الماء

كتلة الرطوبة:

$$m_v = \frac{p_v V_v}{R_v T_v}$$

كتلة الهواء:

$$m_a = \frac{p_a V_a}{R_a T_a}$$

الرطوبة النوعية:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{p_v V_v}{R_v T_v} \times \frac{R_a T_a}{p_a V_a}$$

لكن من قانون دالتون:

$$V_{mixture} = V_a = V_v$$

$$T_{mixture} = T_a = T_v$$

اذاً عليه تكون الرطوبة النوعية:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{p_v}{R_v} \times \frac{R_a}{p_a}$$

وبافتراض ان الضغط الجوي هو P يمكن كتابة الضغوط حسب قانون دالتون كالتالي:

$$P = P_a + P_v$$

أو:

$$P_a = P - P_v$$

وبما أن:

$$\frac{R_a}{R_v} = \frac{\overline{R}}{28.9} \times \frac{18}{\overline{R}} = 0.622$$

ومن ثم يمكن كتابة الرطوبة النوعية كالتالي:

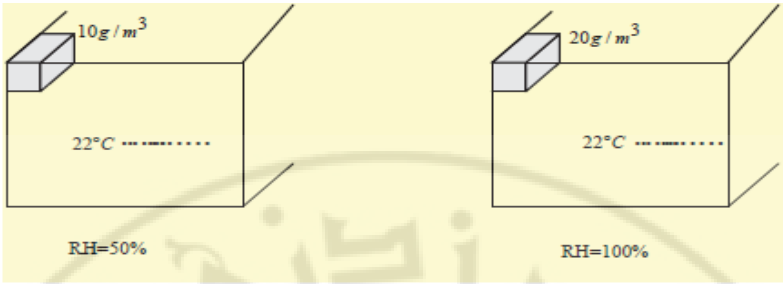
$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0.622 \frac{p_v}{p - p_v}$$

ومن هنا يتضح ان الرطوبة النسبية تتناسب مع ضغط البخار p_v

عليه يتحمل الهواء قدر معين من بخار الماء وأقصى قدر يتحمله الهواء عندما تصل P_v إلى درجة التشبع عندئذ يكون الهواء مشبعاً، وزيادة اي رطوبة في الهواء تؤدي إلى التكثيف.

3-2-2-2- الرطوبة النسبية

هي مقياس لنسبة كمية رطوبة الهواء إلى الكمية القصوى التي يمكن أن يحملها الهواء عند نفس درجة الحرارة. فكما في الشكل (3-1):

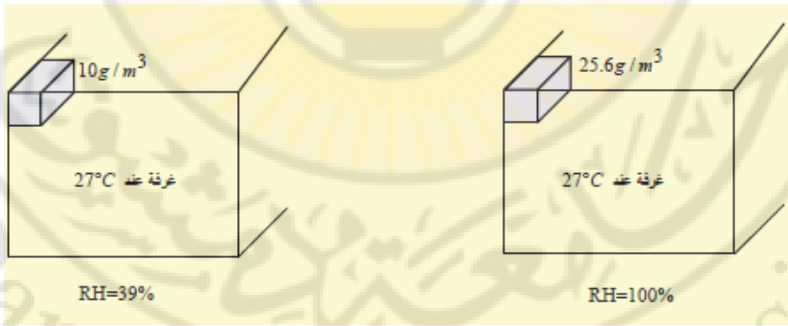


الشكل (3–1–) الرطوبة النسبية

إذا كانت كمية الرطوبة الموجودة في غرفة تساوي $10g/m^3$ عند درجة حرارة 22 درجة مئوية. ثم اضيفت رطوبة إلى هواء الغرفة حتى وصل إلى درجة التشبع بحيث لا يقبل أي زيادة في كمية الرطوبة ووجد أن كمية الرطوبة بعد التشبع وعند نفس درجة الحرارة هي $20g/m^3$ عليه تكون الرطوبة النسبية للهواء هي :

$$RH = \frac{10}{20} = 0.50 = 50\%$$

كمية الهواء التي يمكن أن يحملها الهواء تزيد مع درجة الحرارة كما في الشكل (3–2).



الشكل (3–2) زيادة الرطوبة النسبية للهواء مع درجة حرارة الهواء)

ومن تعريف الرطوبة يمكن كتابتها كما يلي:

$$RH = \frac{m_v}{m_g}$$

وباعتبار ضغط التشبع عند درجة الحرارة T هو P_g وضغط بخار الماء هو P_v وبالتالي يمكن كتابة الرطوبة النسبية كالتالي:

$$RH = \frac{p_v}{p_g} \qquad 0 \le RH \le 1$$

3-2-3- انتالبي الهواء الرطب

يعبر الانتالبي عن مقدار الطاقة الموجودة ضمن الهواء وتكون مجموع انتالبي الهواء الجاف مضافاً إليه انتالبي بخار الماء الموجود ضمن الهواء كما تبين العلاقة التالية:

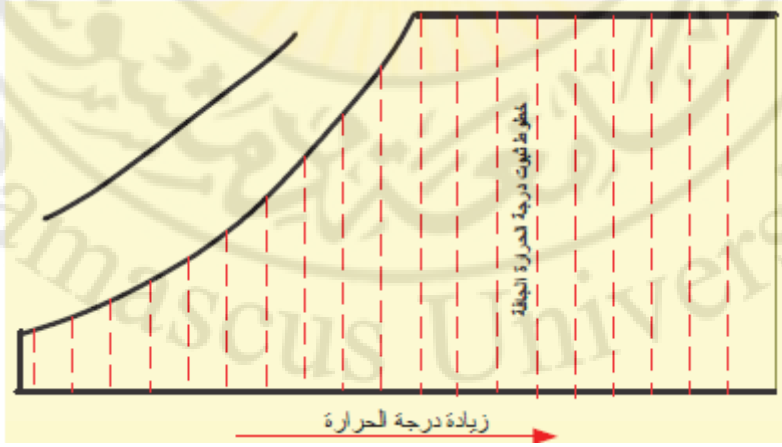
$$h = h_a + \omega h_{fg} = c_p T + \omega h_{fg}$$

3-3- المخطط السايكومتري:

المخطط السايكومتري أداة تسهل تحديد خصائص الهواء الرطب عند الضغط الجوي عند مختلف أحوال التبريد والتدفئة كما أنها تسهل وتوضح عمليات التكييف المختلفة.

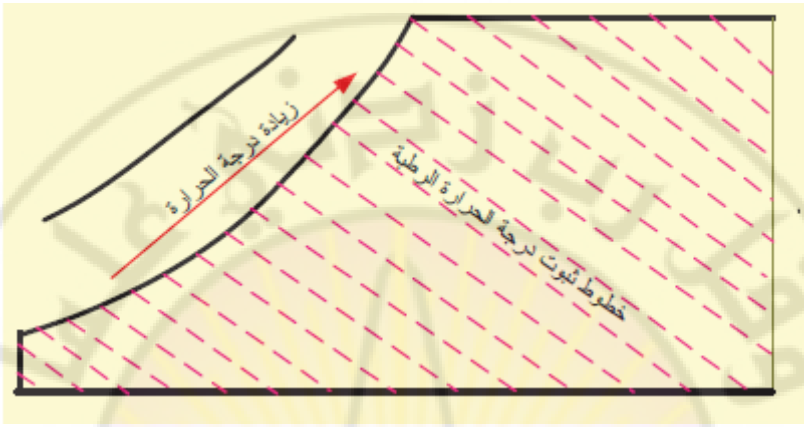
يحتوي المخطط السايكومتري على سبع خواص للهواء هي:

1- خطوط درجة الحرارة الجافة: الشكل(3-3)



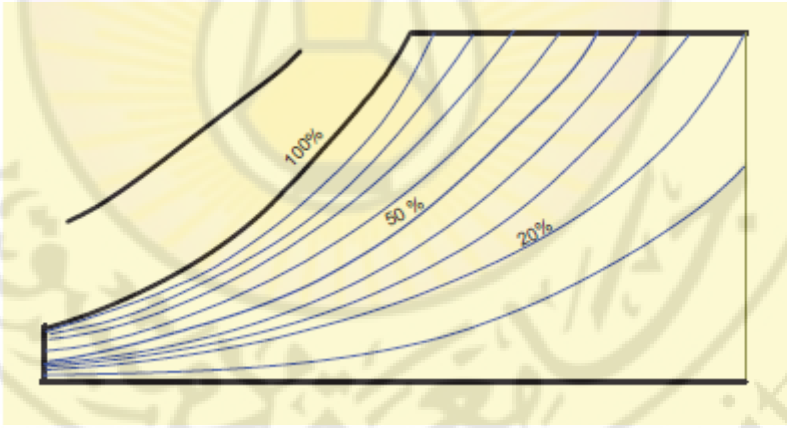
الشكل (3-3) خطوط درجة الحرارة الجافة على المخطط السايكومتري

2- درجة الحرارة الرطبة: الشكل (3-4)



الشكل (3-4) خطوط درجة الحرارة الرطبة على المخطط السايكومتري

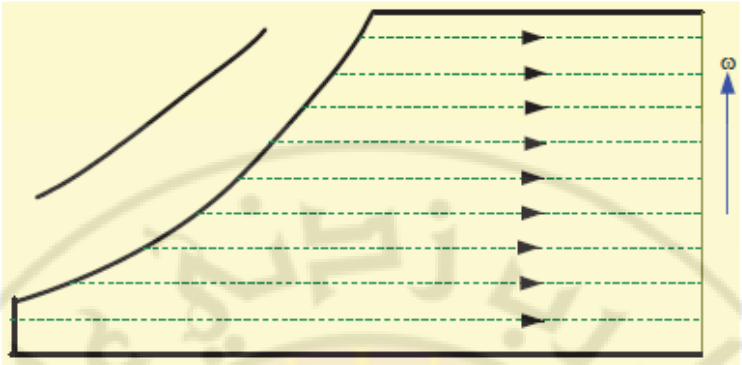
3- الرطوبة النسبية RH :الشكل (3-5)



الشكل (3-5) خطوط الرطوبة النسبية على المخطط السايكومتري

4- الرطوبة النوعية (w) :

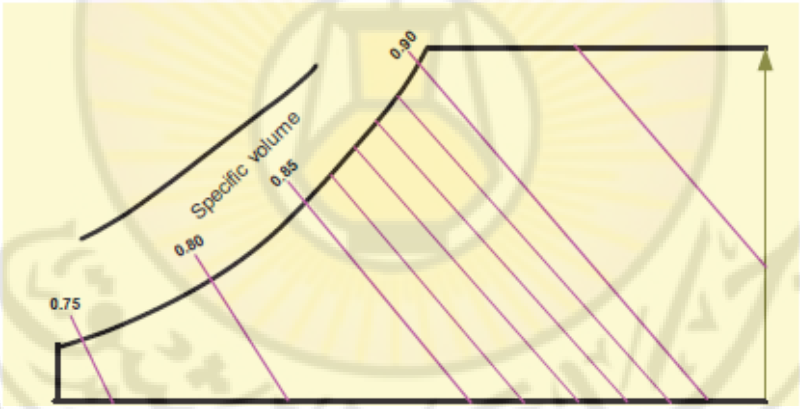
غالباً ما تكون وحدة الرطوبة النوعية هي Kg/Kg وهي تعني كمية الرطوبة (الماء) الموجودة في كتلة kg من الهواء الجاف وقد تعطى في بعض الاحيان بوحدة g/kg نسبة لصغر كتلة الماء الموجودة في الهواء كما يبن الشكل (3-6) .



الشكل (3–6) خطوط الرطوبة النوعية على المخطط السايكومتري

5- الحجم النوعي (v)

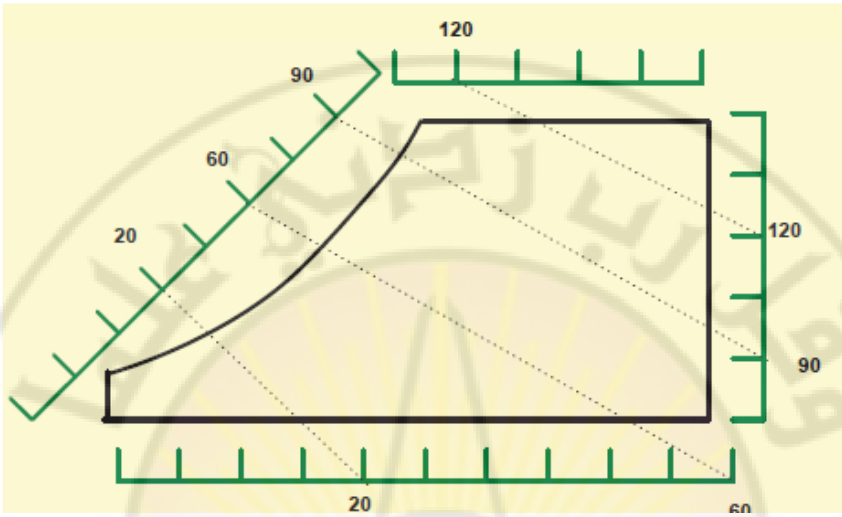
وهو بوحدة m^3/kg وهو أقل من الواحد مبين في الشكل (3–7)



الشكل (3–7) خطوط الحجم النوعي على المخطط السايكومتري

6- طاقة الانتالبي:

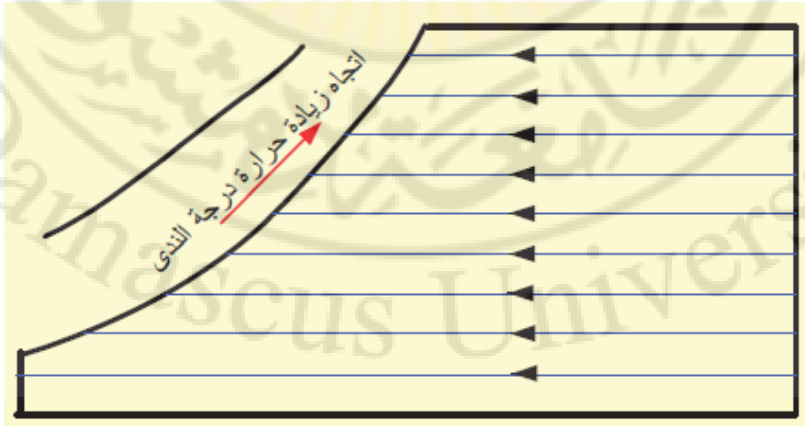
خطوط الانتالبي توجد على أطراف المخطط السايكومتري وفي كثير من الكتب تعتبر خطوط درجة الحرارة الرطبة هي نفسها خطوط طاقة الانتالبي ولتحديد قيمة الانتالبي لنقطة ما في المخطط يجب أن يتطابق رقمان لهما نفس القيمة عند القراءة كما يظهر في الشكل (3–8) مثلاً:



الشكل (3–8) خطوط الانتالبي على المخطط السايكومتري

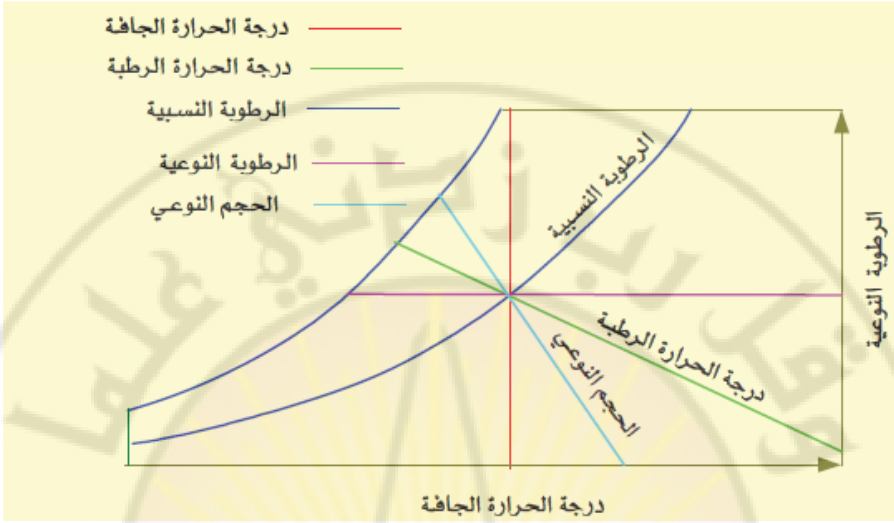
7- درجة الندى Dew Point

كما ذُكر سابقاً فإن درجة الندى هي درجة الحرارة التي عندها يتكثف بخار الماء الموجود في الهواء، ويمكن قراءتها عند خط الإشباع من قراءات درجة الحرارة الرطبة أو الجافة وهي تقع على اليسار أفقياً كما يشير السهم إلى ذلك الشكل (3–9)



الشكل (3–9) خطوط درجة حرارة نقطة الندى على المخطط السايكومتري

يبين الشكل(3-10) خمس من مكونات المخطط السايكومتري:



الشكل (3-10) خواص الهواء الرطب على المخطط السايكومتري

لتحديد خاصية الهواء عند أي حالة يجب معرفة اثنتين من الخواص الست السابقة.

3-4- الراحة الحرارية

جسم الإنسان من ادق الأجهزة التي تتحكم في درجة الحرارة. فعندما ترتفع درجة حرارة الجسم بمقدار بسيط عن معدل حرارة الجسم العادي، يقوم نظام التحكم بتمديد الاوعية الدموية الدقيقة التي تقع تحت الجلد مباشرة حيث يقوم الجسم عن طريق الحمل بنقل كمية كبيرة من الحرارة من داخل الجسم إلى السطح، عندئذ ترتفع حرارة الجلد وبالتالي يزداد معدل انتقال الحرارة بسرعة عندئذ يبدأ الجسم بالتعرق للتخلص من كمية كبيرة من الحرارة الكامنة في الجلد عن طريق تبخر العرق ومن ثم يبرد الجسم أكثر وكذلك درجة حرارة الدم تحت الجلد.

عندما تبدأ حرارة جسم الإنسان تنخفض قليلا عن المعدل الطبيعي تبدأ الأوعية الدموية بالانكماش وبالتالي يقل معدل جريان الدم الواصل إلى الجلد الخارجي. عليه تقل كمية الحرارة المفقودة بواسطة الجلد.

عليه يكون وظيفة أي نظام تكييف هواء هو مساعدة الجسم في معدل التخلص من كمية الحرارة الزائدة.

يمكن القول بأن الحرارة التي ينتجها الجسم من تناوله للأطعمة، تعادل تلك الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الخارج تم كتابة معادلة لتلك الحرارة بواسطة فانقر FANGER كما يلي:

$$\dot{Q} = \pm Q_{skin} \pm Q_{respiration}$$

$$\dot{Q} = (\pm \dot{Q}_C \pm \dot{Q}_R \pm \dot{Q}_E)_{skin} \pm (\dot{Q}_C \pm \dot{Q}_E)_{respiration}$$

حيث نجد أن الجسم يكسب (+) أو يفقد (−) الحرارة عن طريق الجلد (Q_{skin}) أو عن طريق التنفس $(Q_{respiration})$ ويكونان عن طريق الحمل (Q_C) أو الإشعاع (Q_R) أو التنفس (Q_E) كما أن وجود الملابس على جسم الإنسان له تأثير على انتقال الحرارة بالحمل ةالإشعاع وكذلك التبخر زيادة على ذلك فإن حركة الإنسان له تأثير على كمية الحرارة التي يستخرجها الجسم نتيجة الأيض

العوامل الأساسية التي تؤثر على راحة الإنسان هي:

هناك ست عناصر تؤثر على راحة الإنسان منها عناصر بيئية وهي:

1- درجة الحرارة الجافة (dry blub temperature)

2- متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (mean radiant temperature)

3- الرطوبة النسبية

4- سرعة الهواء

وهناك عنصران شخصيان هما:

1- العزل نتيجة الملابس

2- مستوى حركة الشخص

1- درجة الحرارة الجافة للهواء (.db)

وهذا ننظر إلى مقدار درجة الحرارة ونوعيتها (رطبة أو جافة) كما يجب الانتباه هنا إلى موقع (الارتفاع عن أرضية الحيز المكيف) الذي يعتمد عند قراءة مثل هذه الحرارة فمثلا يجب وضع مقياس الحرارة على ارتفاع بين 30 – 36 درجة من أرضية الحيز المكيف أما مقدار درجة الحرارة التي تعطي الراحة فهي تعتمد على الرطوبة وسناتي لها لاحقاً.

ونعرف درجة الحرارة المؤثرة بأنها درجة الحرارة عند الإشباع.

(عند 100 % رطوبة نسبية) والتي تعطي نفس الإحساس بالدفء لمختلف درجات الحرارة والرطوبة عندما تكون سرعة الهواء 15- 25 fpm .

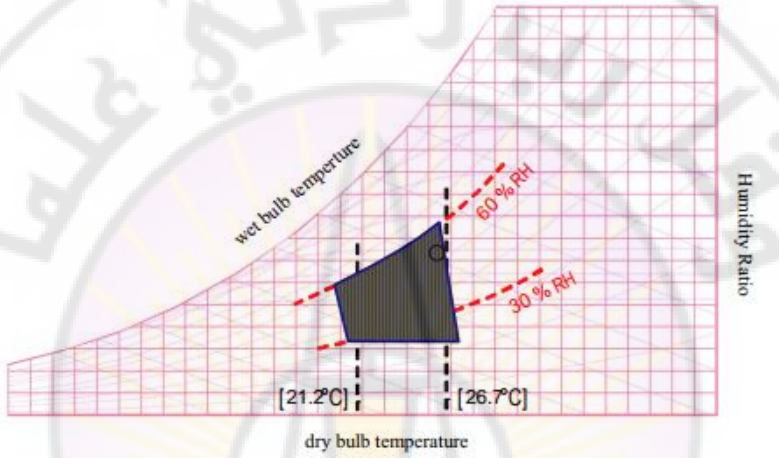
ووجد أن درجة الحرارة المؤثرة في الشتاء هي 20 درجة مئوية كما أن التوافقيات التالية هي التي تعطي الراحة للإنسان في الشتاء:

الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة	
	°F	°C
10	78	25.6
20	76	24.4
30	75	23.9
40	74	23.3
50	73	22.8
60	72	22.2
70	71	21.7
80	70	21.1

أما في الصيف فدرجة الحرارة هي 24 درجة مئوية كما أن التوافقيات التالية هي التي تعطي الراحة للإنسان في الصيف :

الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة	
	°F	°C
25	80	26.7
30	79	26.1
40	78	25.6
50	77	25.0
60	75	23.9
70	74	23.3

ومن ثم تم إنشاء خريطة الراحة الحرارية عند مختلف درجات الحرارة والرطوبة وخريطة منطقة الراحة تعطي العلاقات المختلفة بين درجات الحرارة والرطوبة التي يشعر فيها الشخص البالغ بالراحة وهو في حالة مستريح أو يزاول نشاطا خفيفاً ويرتدي ملابس عادية عند هواء منخفض السرعة كما هو مبين بالشكل (3-11).



الشكل (3-11) منطقة الراحة الحرارية

1- سرعة الهواء

وجد إنه في حالة زيادة درجة الهواء فإنه يلزم الزيادة في سرعة الهواء. الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة، التبريد والتكييف (ASHREA)توصي بسرعة 30 ft/minللهواء صيفاً وشتاءً

2- الرطوبة النسبية

كما يوضع الجدولين السابقين فإن قيم الرطوبة النسبية المناسبة لوجود الأشخاص وشعورهم بالارتياح الحراري يجب أن تتراوح ما بين 40% و 60%

3- متوسط درجة الاشعاع

كثيراً ما يشعر الأشخاص الذين يكونون بجانب الجدران الباردة أو الأسطح الزجاجية ببرودة أكثر بالرغم من أن حرارة الوسط المحيط في حدود منطقة الراحة.

أما العنصران الشخصيان وهما:

4- العزل نتيجة الملابس

الملابس الحقيقية تجعلك مرتاحا في يوم قد يكون حاراً أو بارداُ وهي تعمل على عزل الجسم عن درجة الهواء الخارجي ففي الشتاء يستحسن زيادة العزل (ملابس ثقيلة)، أما في الصيف فالملابس البيضاء والخفيفة (تقابل سمك وطبيعة العازل) هي الأفضل (يستحسن الملابس القطنية الطبيعية)

5- مستوى نشاط الشخص

كما أشير سابقاً ، يحافظ الإنسان على درجة حرارته عن طريق توليد حرارة الأيض داخل الجسم، فقدان الحرارة للخارج وثالثاً اكتساب الحرارة. والحرارة المتولدة من الشخص تعتمد على نوع النشاط بالنسبة للشخص حيث وجد إن متوسط كمية الحرارة المتولدة من الشخص العادي النائم تقريباً 87 واط والذي يعمل في مكتب 115 واط أما الذي يزاول رياضة كرياضة كرة السلة مثلاً فكمية الحرارة المتولدة في هذه للحالة تساوي 440 واط. زيادة النشاط الجسماني يؤدي إلى زيادة الرطوبة في الجسم نتيجة العرق والذي بدوره يعمل على تبريد الجسم.

كما أن الهواء الداخلي يجب أن يكون خالياً من الأتربة والروائح الكريهة، كما أن نسبة ثاني أكسيد الكربون يجب أن لا تزيد عن 100 ppm اذا يلزم استعمال فلاتر للهواء، وهذا ماي عرف بكفاءة الهواء الداخلي (indoor air quality)

3-5- الشروط المناخية لمعامل الصناعات النسيجية

تعد عملية التكييف عملية أساسية في صناعة الغزل والنسيج وذلك من أجل جودة الإنتاج حيث أن خيوط النسيج تمتص الرطوبة وبالتالي يجب تأمين رطوبة متناسبة مع درجة الحرارة المطلوبة لضمان عدم انقطاع الخيوط أثناء عملية التصنيع ويبين الجدول ا(3-1) القيم الموصى بها للرطوبة النسبية لمصانع ومعامل النسيج

الجدول (3-1) القيم الموصى بها للرطوبة النسبية لمصانع ومعامل النسيج

المادة	القطن قبل الغزل حاويات مواد خام	تحضير لعملية الغزل عملية الغزل مصنع غزل	عمليات تحضير عمليات نسيج أنوال	مصنع نسيج فقط
نوعية الخيط	الرطوبة النسبية للهواء			
قطن	50-60%	48-55%	60-65%	75-80%
صوف	65%	65-75%	65-70%	65-70%
خيوط مركبة كيميائية	50-60%	55-65%	60-70%	60-70%

ويبين الجدول ا(3-2) درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء معامل صناعة النسيج

الجدول ا(3-2) درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء معامل صناعة النسيج

نوع العملية	درجة الحرارة °C	الرطوبة النسبية %
القطن		
آلات الغزل	22-25	40-50
عمليات التحضير قبل الغزل	22-25	50-55
التخزين	22-25	45-55
قبل عملية الغزل	22-25	50-55
شد الخيوط والغزل	22-25	60-70
عمليات النسيج (أنوال)	22-25	75-80
الحالة الحدية للغزل	22-25	90-95
الكتان		
عمليات تحضير	18-20	80
قبل عملية الغزل	20-25	50-65

غزل	24-27	65-75
نسيج	27	65-70
الصوف		
عمليات تحضير	27-29	60
قبل الغزل	27-29	65-70
غزل	27-29	50-60
نسيج	27-29	60-70
تجهيزات	24	50-60
الحرير		
عمليات تحضير	27	60-65
غزل	24-27	65-70
نسيج	24-27	75-60
الحرير الصناعي		
قبل الغزل – غزل	21-25	65-75
نسيج	25-24	65-60

6-1-مهام تقنيات التكييف في مصانع النسيج

1- الرطوبة النسبية للهواء

حيث أن ارتفاع الرطوبة النسبية للهواء تؤمن متانة نسج الخيوط وبذلك تكتسب الخيوط المتانة الكافية لعمليات التصنيع مما يجنبها الانقطاع أثناء عملية النسيج وأيضاً يساعد على التخفيض من كمية الغبار والزغب الناتج من عملية التصنيع

2- درجة حرارة الهواء

يجب المحافظة على درجة الحرارة الموصى بها ويجب تدفئة المصنع في فصل الشتاء من أجل ثبات درجة الحرارة وتجنب تكاثف بخار الماء داخل صالة المصنع

3- تنقية الهواء

يجب تنقية هواء المصنع من أجل الحفاظ على أداء العاملين وكذلك أداء الآلات وسيشرح ذلك ضمن الفصلين الحادي والثاني عشر

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

معالجة الهواء الرطب

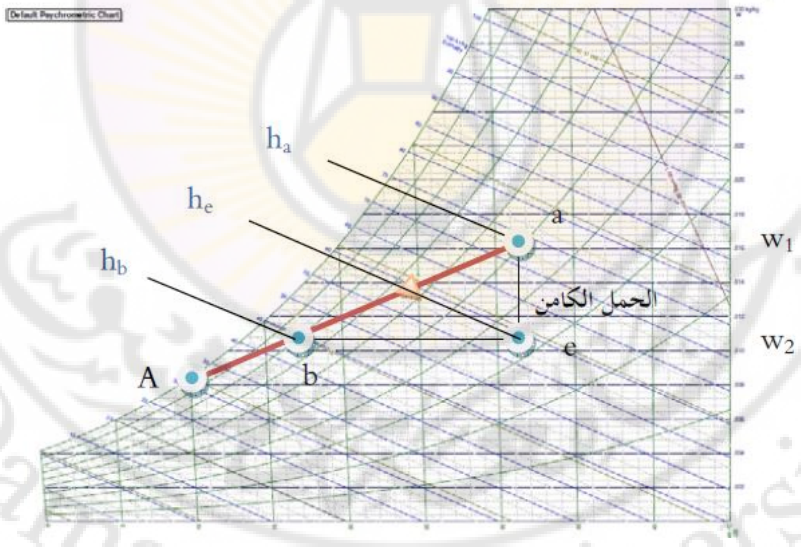
الإجراءات التي تجري على الهواء وتمثيلها على المخطط السايكومتري:

4-1- التبريد

يقسم التبريد إلى نوعين وهما التبريد المحسوس والتبريد مع إزالة الرطوبة

4-1-1- تبريد مع إزالة الرطوبة

إذا مر الهواء على سطح بارد درجة حرارته أقل من درجة حرارة نقطة الندى للهواء فإنه يبرد وتنخفض درجة حرارته الجافة حتى تصل إلى درجة حرارة نقطة الندى يصبح عندها الهواء مشبع ويبدأ بخار الماء الموجود بالهواء بالتكاثف. مع انخفاض درجة الحرارة للهواء حتى تصبح درجة حرارة الهواء مساوية لدرجة حرارة السطح. تسمى هذه العملية تبريد مع تجفيف الهواء كما هو موضح بالشكل (4-1).



الشكل (4-1) تمثيل عملية التبريد مع إزالة الرطوبة على المخطط السايكومتري

استطاعة وشيعة التبريد أو كمية الحرارة المأخوذة من الهواء $Q_{CC} = \dot{m}(h_a - h_b)$

كمية الرطوبة المأخوذة من الهواء $\Delta W = \dot{m}(w_a - w_b)$

وتكون العملية مؤلفة من جزأين

a➞e وهي اجراء كامن أي تغيير حالة الهواء دون تغير درجة حرارته الجافة

e➞b هي تبريد محسوس و تمثل تخفيض حرارة الهواء

كمية الحرارة الكامنة المأخوذة من الهواء $Q_{CCL} = \dot{m}(h_a - h_e)$

كمية الحرارة المحسوسة المأخوذة من الهواء $Q_{CCS} = \dot{m}(h_e - h_b)$

كمية الحرارة الكلية $Q_{CC} = Q_{CCS} + Q_{CCL}$

مردود وشيعة التبريد $\eta = \frac{t_a - t_b}{t_a - t_A}$

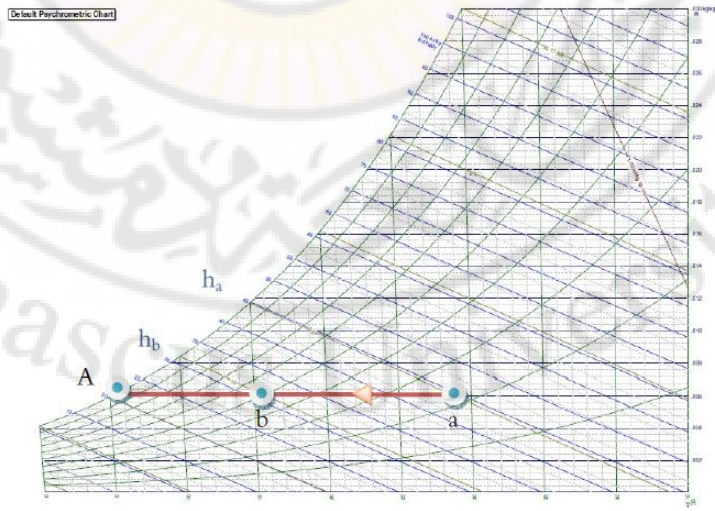
معامل التحويل للوشيعة $BF = 1 - \eta$

كمية الماء اللازمة للوشيعة $\dot{m}_W = \frac{Q_{CC}}{C_W \times \Delta t_W}$

حيث أن t_A هو درجة حرارة سطح الوشيعة

4-1-2- التبريد المحسوس

هي عملية تخفيض درجة حرارة الهواء دون أي تغير في مضمون الرطوبة للهواء موضح بالشكل (4-2)



الشكل (4-2) تمثيل عملية التبريد المحسوس على المخطط السايكومتري

استطاعة وشيعة التبريد أو كمية الحرارة المأخودة من الهواء $Q_{CC} = \dot{m}(h_a - h_b)$

كمية الرطوبة المأخودة من الهواء تساوي الصفر

كمية الحرارة الكامنة المأخودة من الهواء تساوي الصفر

كمية الحرارة المحسوسة المأخودة من الهواء تساوي كمية الحرارة الكلية المأخوذة

$$Q_{CC} = Q_{CCS}$$

مردود وشيعة التبريد $\eta = \frac{t_a - t_b}{t_a - t_A}$

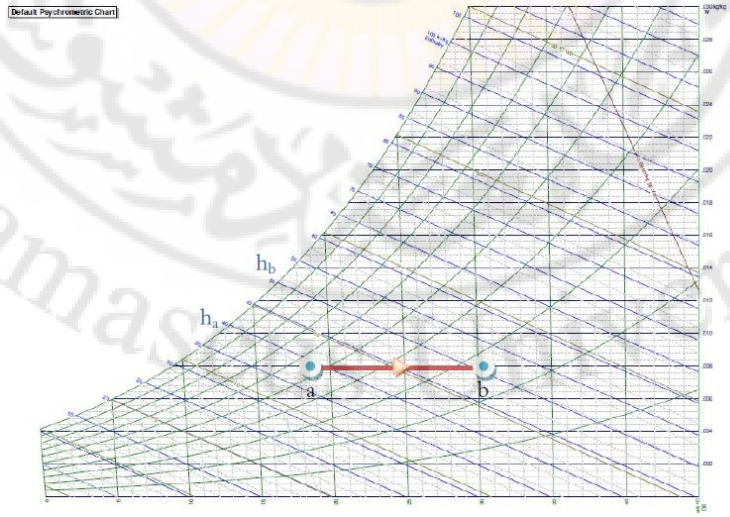
معامل التحويل للوشيعة $BF = 1 - \eta$

كمية الماء اللازمة للوشيعة $\dot{m_W} = \frac{Q_{CC}}{C_W \times \Delta t_W}$

حيث أن t_A هو درجة حرارة سطح الوشيعة

4-2- التسخين

تسمى عملية رفع درجة حرارة الهواء الجافة دون أي تغير في محتوى الرطوبة [W] للهواء بالتسخين المحسوس وتمثل على المخطط السايكومتري بخط أفقي نحو اليمين المبين في الشكل (4-3)



الشكل (4-3) تمثيل عملية التسخين على المخطط السايكومتري

a b

استطاعة وشيعة التسخين أو كمية الحرارة المضافة للهواء

$$Q_{HC} = \dot{m}(h_b - h_a) = \dot{m} \times C_w(t_b - t_a)$$

كمية الماء اللازمة للوشيعة $\dot{m}_W = \dfrac{Q_{HC}}{C_W \times \Delta t_W}$

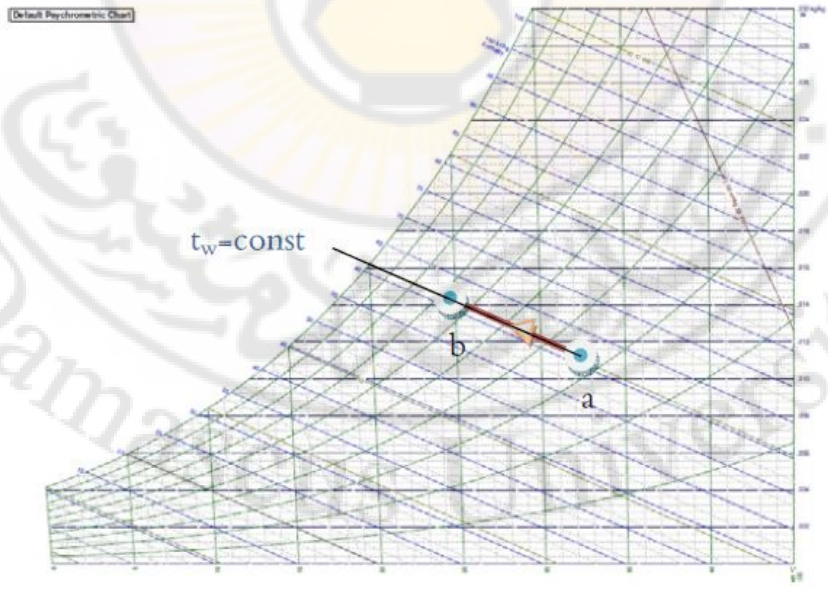
4-3- الترطيب

4-3-1- ترطيب الماء

وتسمى مرطبة أديباتية أو غسالة هواء ويكون الإجراء عند tw =const كما هو في اشكل (4-4) حيث يتم بخ الماء على الهواء فيتم حمل جزء من الماء بالهواء فترتفع محتوى الرطوبة للهواء

وتحسب كمية الماء المضافة للهواء من العلاقة $\Delta W = \dot{m}(w_b - w_a)$

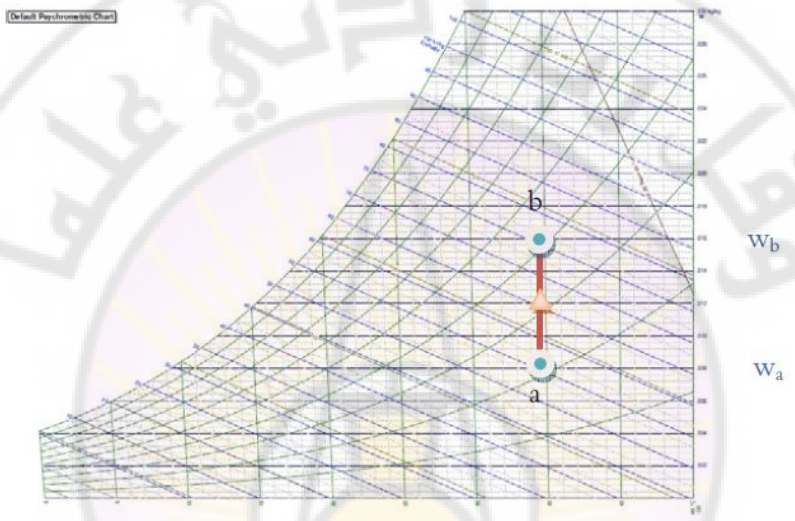
ويعطى مردود المرطبة بالعلاقة $\eta = \dfrac{t_a - t_b}{t_a - t_{\varphi=100\%}}$



الشكل (4-4) تمثيل عملية ترطيب الماء على المخطط السايكومتري

4-3-2- ترطيب البخار

وهي عملية الترطيب تحت درجة حرارة جافة أي زيادة نسبة الرطوبة للهواء w مع بقاء درجة الحرارة الجافة ثابته موضح في الشكل (4-5)



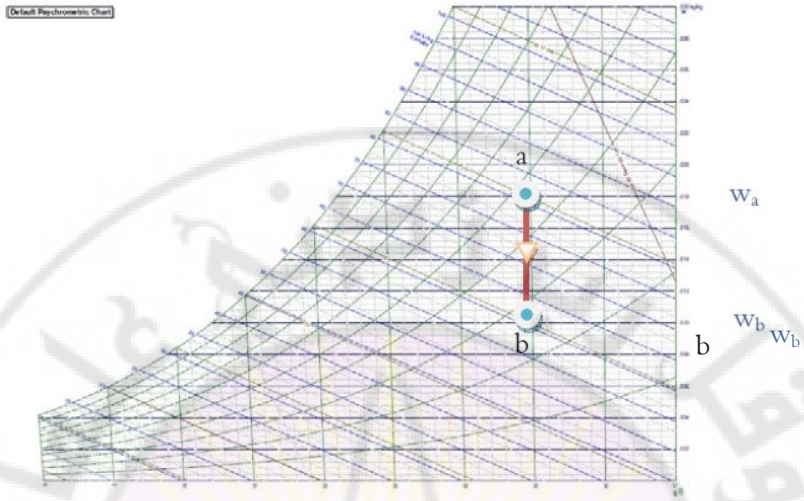
الشكل (4-5) تمثيل عملية ترطيب البخار على المخطط السايكومتري

ويستخدم لتحقيق هذه العملية مرطبة بخارية يمكن أن تولد البخار باستخدام سخان كهربائي أو باستخدام مولد بخار

وتحسب كمية البخار المضافة للهواء من العلاقة $\Delta W = \dot{m}(w_b - w_a)$

4-4- التجفيف

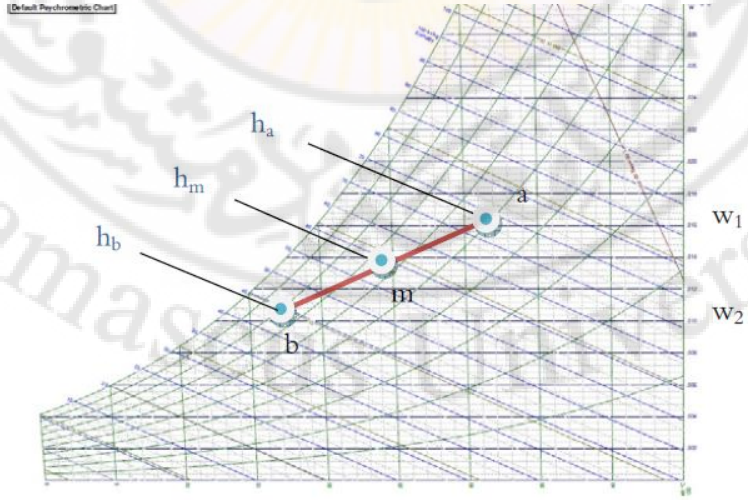
التجفيف هو تخفيض نسبة الرطوبة ويمكن تحقيق ذلك بتبريد الهواء مع إزالة الرطوبة منه ومن ثم إعادة تسخينه حتى درجة الحرارة المطلوبة أو عن طريق تجفيفه باستخدام مواد شرهة للرطوبة مثل السيلكا جل أو غيرها من المواد كما هو في الشكل (4-6)



الشكل (4–6) تمثيل عملية التجفيف على المخطط السايكومتري

5- المزج

يتم عادة مزج الهواء الجديد مع الهواء المعاد بهدف توفير الطاقة فبدلاً من طرد كامل الهواء إلى الجو الخارجي يتم مزج جزء منه مع الهواء الجديد وبالتالي نحصل على مزيج بدرجة حرارة أخفض صيفاً وأكبر شتاء من درجة حرارة الهواء الخارجي موضح بالشكل (7-4)



الشكل (4–7) تمثيل عملية المزج على المخطط السايكومتري

ويكون تدفق الهواء الكلي هو مجموع تدفقي الهواء الممزوجين $\dot{m}_m = \dot{m}_a + \dot{m}_b$ حيث:

$\dot{m}_a$ تدفق الهواء القادم من النقطة a

$\dot{m}_b$ تدفق الهواء القادم من النقطة b

$\dot{m}_m$ تدفق الهواء الكلي

ويمكن حساب درجة حرارة المزيج من العلاقة التالية:

$$t_m = \frac{m_a \times t_a + m_b \times t_b}{m_m}$$

كما يمكن تطبيق العلاقة نفسها على أي بارامتر آخر كالانتالبي ودرجة الحرارة الرطبة والرطوبة إن لزم الأمر

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الخامس

تصنيف أنظمة التبريد وتكييف الهواء

تصنف أنظمة تكييف الهواء بالطرق المستخدمة في التحكم في التدفئة والتهوية والتكييف للمكان المكيف وأهمها: أن يركب نظام التكييف المركزي في مكان مركزي بالنسبة للمبنى بعيداً عن الأنظار (في السطح، أو في القبو أو في طابق خدمة يخصص لهذا العرض) وأن يخدم أماكن تحتاج إلى تحكم منفصل وتسمى المناطق، تعرّف المنطقة (Zone) بأنها أي مساحة تحتاج إلى تحكم حراري (ثرموستاتي) مستقل للهواء الوارد إليها. أما الغرفة (Room) فتعرف بأنها مساحة ذات جدران تفصلها عن المساحات الأخرى وقد تحتاج أو لا تحتاج الغرفة إلى تحكم حراري مستقل للهواء الوارد إليها. تنقسم أنظمة التكييف إلى نوعين رئيسين، الفرق بينهما هو طريقة نقل طاقة التكييف إلى وحدات المراوح الموجودة في الغرف. في النوع الأول وهو الأكثر انتشاراً، يتم تبريد أو تسخين الماء وضخه إلى وحدات الفانكويل ويتم فيها التبادل الحراري بين الماء وهواء الغرفة ثم يرجع الماء إلى معدات التكييف حاملاً معه الحمل الحراري للمبنى الذي تم امتصاصه. النوع الثاني يتم تكييف الهواء نفسه وضخه إلى الغرف، ثم يعاد الهواء الناتج بعد التبادل الحراري مرة أخرى إلى معدات التكييف. والفرق الرئيسي بين النظامين هو أن انابيب الماء التي تصل بين معدات التكييف ووحدات المراوح في النظام الأول أصغر حجماً بكثير وأقل تكلفة من مجاري الهواء المستخدمة في النظام الثاني. في المباني المتوسطة الحجم (3 إلى 4 طوابق) قد يفضل استخدام نظام تكييف الهواء، بدلاً من تكييف الماء كونه أبسط في الصيانة ويمكن تقسيم المبنى إلى أجزاء بحيث يتحكم في كل جزء بمعزل عن الآخر.

تصنف هذه الأنظمة حسب نوعية المائع الحامل للحرارة إلى المكان المتواجد به النظام إلى الأماكن المراد تكييفها:

5-1- نظام هوائي كلي (All air system)

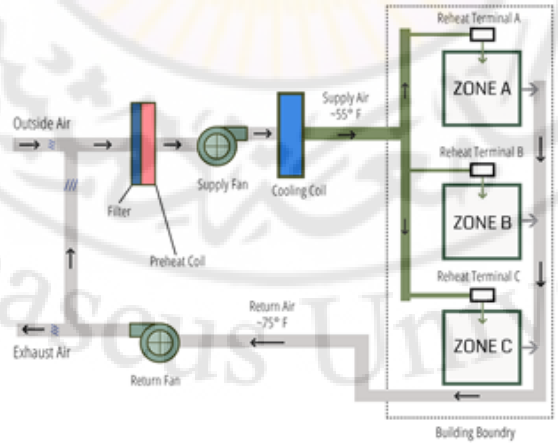
يتم في هذا النظام استخدام الهواء كوسيط لنقل طاقة التكييف من محطة مركزية إلى الأماكن المراد تكييفها، ويمكن استخدام الهواء الخارجي بنسبة تتراوح بين الصفر إلى 100 % وهذا يتيح استخدام الهواء الخارجي كوسيلة للتبريد عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي منخفضة وبذلك يمكن الاستغناء عن التبريد الميكانيكي في هذه الأوقات. وتصنف أنظمة الهواء الكلي تبعا لطريقة التحكم لكل منطقة في تغيير الحمل الحراري الذي يتغير من ساعة إلى ساعة حسب تحرك الشمس وتغير درجة حرارة الهواء الخارجي والإضاءة وكثافة الأشخاص وعوامل أخرى.

5-1-1- نظام حجم هواء ثابت ودرجة حرارة متغيرة (Constant Air Volume & Variable Temperature System)

يتم التحكم في هذه الأنظمة بواسطة:

1- ايقاف وتشغيل الوحدة كما في وحدة التكييف المجمعة.

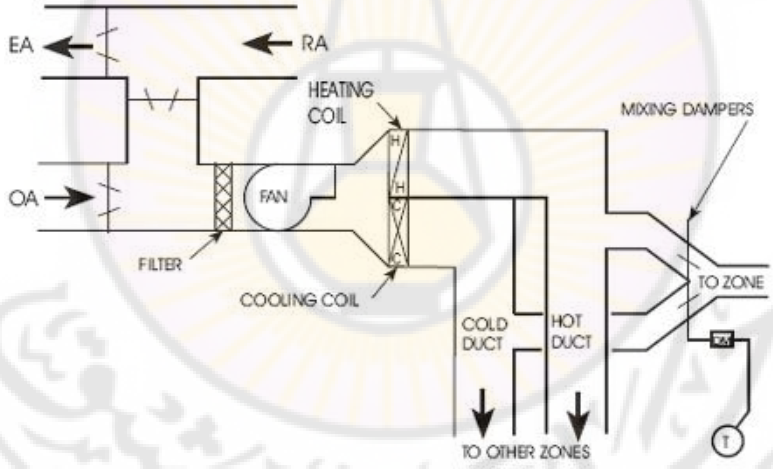
2- بتغيير درجة حرارة الهواء الداخل للمنطقة وذلك بإعادة تسخين الهواء (reheat system)الذي يغذي كما في الشكل(5-1)



شكل (5-1) نظام اعادة التسخين (حجم هواء ثابت ودرجات الحرارة متغيرة)

- تستخدم طريقة إعادة التسخين في المباني ذات مناطق متعددة وأحمال حرارية غير متساوية.
- يتحكم ثرموستات كل منطقة في مقدار إعادة التسخين بالمنطقة تبعاً للتغير في الحمل الحراري للمنطقة

3- بتغذية الهواء البارد والهواء الساخن خلال مجاري هوائية منفصلة بواسطة نظام المجاري الثنائية (Dual duct system) حيث يعمل الترموستات على مزج الهواء في صندوق المزج (MIXING BOX) وبالتالي التحكم في درجة حرارة الهواء الذي يغذي المنطقة كما في الشكل (5-2)

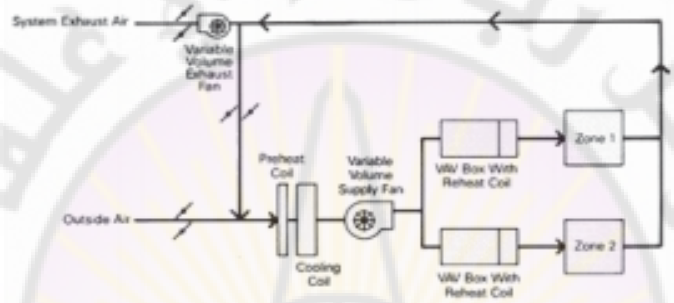


شكل (5-2) نظام مجاري الهواء الثنائية

- يناسب الغرف التي يتغير فيها الحمل تغيراً كبيراً
- امكانية التدفئة لبعض المناطق والتبريد في المناطق الأخرى
- مركزية الخدمة والصيانة.
- زيادة التكلفة الأولية نتيجة استخدام مجريين منفصلين للهواء.

5-1-2- نظام حجم هواء متغير وثبات درجة الحرارة (Variable Air Volume & Constant Temperature System) (VAV)

يتم تغيير الأحمال الحرارية عن طريق تغيير تدفق الهواء خلال الوحدة الطرفية (terminal unit) الموجودة داخل المكان المكيف كما في الشكل (5-3)



الشكل (5-3) نظام حجم الهواء المتغير (VAV)

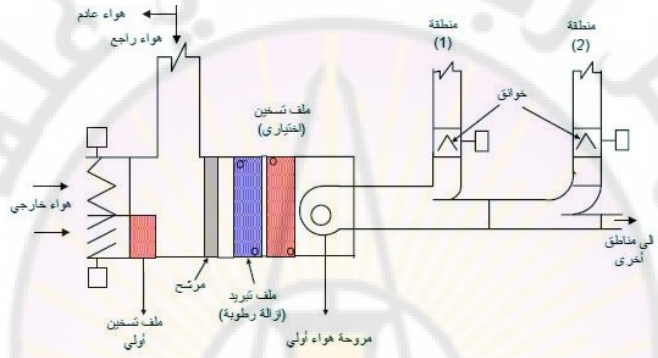
- يتحكم في خواص الهواء وذلك بتنظيم كمية الهواء الذي يغذي المناطق المشغولة
- التحكم المنفصل لدرجة حرارة المناطق المنفصلة
- الكلفة الأولية والتشغيلية المنخفضة
- مستوى ضجيج منخفض
- موفر للطاقة ولكن استهلاك الطاقة يزداد أثناء التدفئة

5-1-3- نظام متعدد المناطق ذات الهواء الكلي

يتم تقسيم المبنى المراد تكييف هوائه إلى عدة مناطق بحيث يكون الحمل في كل منه ثابتاً تقريباً. تستخدم وحدة إرسال هواء (AHU) لمنطقة واحدة ولها شبكة مجاري هواء تخص كل منطقة. فمثلاً يمكن اعتبار المكاتب الكبيرة المفتوحة كمنطقة واحدة ويمكن استخدام نظام الهواء الكلي لخدمة مناطق محددة ذات حمل حراري شبه ثابت مثل

المخـازن، المكاتـب الداخليـة (غـير المعرضـة لتقلبـات الطقـس الخـارجي وكـذلك معـدل انشغالها ثابت) والمصانع التي تتطلب تحكماً دقيقاً لدرجة حرارة الهواء ورطوبته، وكذلك المبـاني ذات المنـاطق المتعـددة مثـل المبـاني المكتبيـة، المـدارس الجامعـات، المعامـل، المستشفيات، والفنادق.

يوضح الشكل (5-4) وحدة ارسال الهواء



شكل (5-4) وحدة إرسال الهواء

- تحتوي على وشيعة تبريد، ووشيعة تسخين وفلتر ومرطبة
- الهواء المكيف يصل إلى الأماكن المراد تكيفها عن طريق مجاري هوائية
- يمكن استخدامها لتكييف مساحات محددة مثل المكاتب والأمكن التي تتطلب تحكم دقيق لدرجة الحرارة ورطوبته.
- يمكن استخدامها لخدمة مناطق متعددة لكل منها متطلبات خاصة بها من حيث درجة الحرارة والرطوبة ودرجة نقاء الهواء

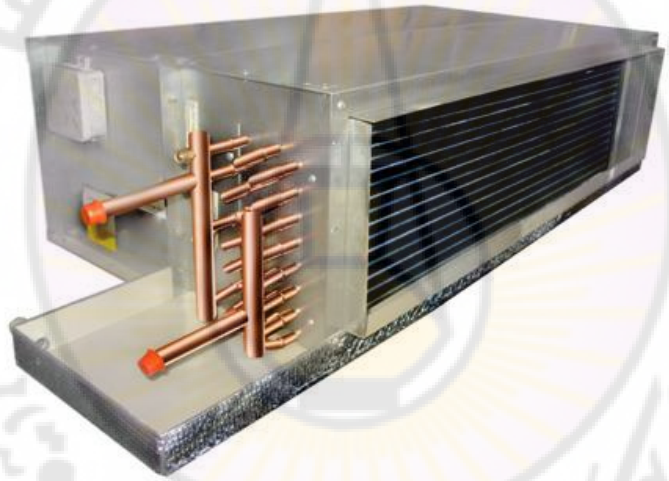
5-2- نظام مائي كلي (All water system)

يستخدم الماء كوسيط لنقل طاقة التبريد أو التسخين من المحطة المركزية إلى الأماكن المراد تكييفها. يمتاز هذا النظام بانخفاض المساحة التي يشغلها من مساحة المبنى وكذلك إمكانية التحكم في كل غرفة بمفردها وانخفاض تكاليف التشغيل. ومن عيوبه أن الصيانة

تتم داخل الأماكن المكيفة ولا يمكن التحكم في نسبة الرطوبة بدقة. يستخدم هذا النظام بكثرة في الفنادق والمباني السكنية والمكاتب الإدارية ولا يفضل استخدامه في المستشفيات لإمكانية انتشار البكتريا في مواسير المياه وتأثر تهوية الغرف بسرعة الرياح في حالة استخدام فتحات جدارية للتهوية

5-2-1- وحدة وشيعة – مروحة Fan – coil unite

يوضح الشكل (5-5) مثال على وحدة وشيعة – مروحة



الشكل (5-5) وحدة وشيعة – مروحة

- يستعمل أنابيب الماء الحارة للتدفئة وأنابيب المياه الباردة للتبريد
- يمر هواء من المنطقة على وشيعة التدفئة أو التبريد وثم يعود إلى المنطقة
- يتم التحكم في درجة الحرارة بشكل منفرد في كل غرفة بواسطة التحكم في معدل تدفق المياه خلال الوشيعة أو التحكم بسرعة المروحة
- متطلبات الصيانة عالية ويجب أن تتم في الغرفة المكيفة

5-2-2- وحدة تدفئة أرضية بالإشعاع Radiant floor heating

شكل (5-6) يوضح وحدة تدفئة أرضية بالإشعاع

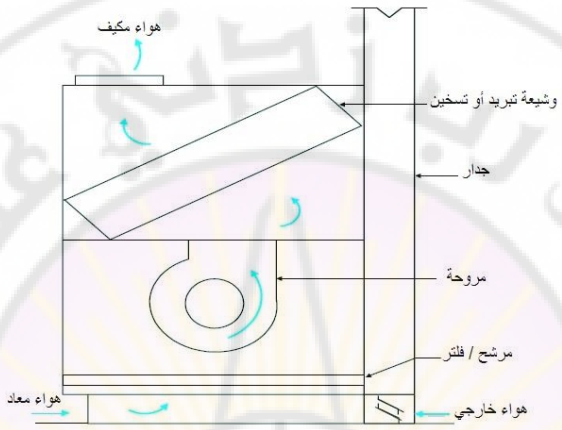
- تتضمن مرجل وملحقاته مع شبكة أنابيب لإشعاع الحرارة في المنطقة
- تكلفة تركيب عالية
- تكاليف التشغيل والصيانة منخفضة
- عدم استخدام أي أجزاء ميكانيكية متحركة في الألواح المشعة

5-3- نظام مائي – هوائي (Water – Air System)

في هذا النظام يستخدم كل من الماء والهواء كوسيط لنقل طاقة التكييف من محطة توليدها المركزية إلى الأماكن المراد تكييفها، تعرف دارة الهواء في هذا النظام بدائرة الهواء الأساسية أما دارة الماء تسمى دائرة الماء الثانوية. يستخدم هذا النظام للمناطق المتطرفة في المباني والتي يكون معظم الحمل الحراري لها ناتج عن الحرارة المحسوسة وكذلك لا تتطلب

هـذه المنـاطق تحكـم دقيـق في نسـبة الرطوبـة. يسـتخدم هـذا النظـام بكثـرة في الفنـادق، والمدارس، والمستشفيات، والأبنية الفاخرة، والمباني المكتبية

5-3-1- نظام الهواء والماء باستخدام وحدات وشيعة – مروحة



شكل (5-7) يوضح نظام الهواء والماء باستخدام وشيعة–مروحة

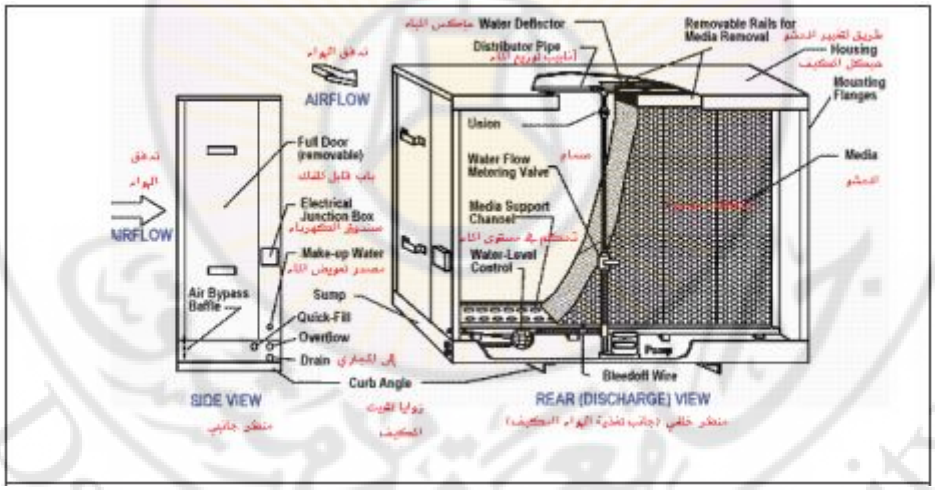
- يتكون النظام من أنبوبين أحدهما ينقل المياه إلى الأماكن المراد تكييفها يسمى الذاهب، والثاني للمياه الراجعة من الأماكن المكيفة (الراجع)
- يتم تغذية الملف بالماء البارد، أو الساخن، أو يتم خلط جزء من المياه الساخنة وجزء من المياه الباردة للحصول على درجة الحرارة المناسبة لتغذية المياه الثانوية إلى المناطق والغرف.

5-4- نظام التكييف لمنطقة واحدة

5-4-1- المكيفات الصحراوية

هو عبارة عن مروحة تمرر الهواء على مادة على هيئة شبكات قشية كما في الشكل (5-8) يتساقط عليها الماء فيبرد الماء قليلاً، حيث يستهلك جزء من الطاقة الحرارية الموجودة في الهواء لتبخير الماء وهكذا يدخل الهواء إلى الغرفة أكثر برودة وأكثر رطوبة من الهواء الخارج فيلطف جو الغرفة. هذه المكيفات رخيصة الثمن وتستهلك طاقة كهربائية

صغيرة مقارنة بالمكيفات الجدارية ولكنها لا تصلح في المناطقة الساحلية عالية الرطوبة وذلك لأن الهواء يبرد كثيراً لان كمية تبخر الماء ستكون قليلة بسبب تشبع الهواء ببخار المار ولأن الرطوبة تكون عالية مما يجعل الجو غير مريح. ولقد تم استخدامها في المناطق الصحراوية فقط لأنها تخفض درجة حرارة المكان بضعة درجات فقط عن الحرارة الخارجية (بمقدار يزيد عن درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي خمس درجات) وهذا يجعل المكان غير مريح للإنسان كذلك فإنها تحتاج إلى عناية مستمرة لأن الكلس والمواد الأخرى العالقة بالماء تترسب عبر الشبكات القشية التي يمر عليها الهواء فتسد مساماتها وثقوبها مما يصعب مرور الهواء خلالها. وهي ذات حجم كبير بالقياس إلى الوحدات الجدارية، وكذلك هي عرضة للصدأ باستمرار بسبب تواجد الماء داخلها.



شكل (5–8) المكيف الصحراوي

5–4–2– وحدات التكييف الجدارية

في هذا النوع من المكيفات يتم تقسيم دائرة التبريد إلى جزأين أحداهما خارج المبنى والآخر داخله وتربط بينهما أنابيب التوصيل والأسلاك:

تعرف وحدة التبخير بالوحدة الداخلية وتشتمل على وشيعة تبريد ومروحة , وأحياناً سخان كهربائي كما يبين الشكل (5-9)

شكل (5-9) المكونات الأساسية للوحدة الداخلية

تعرف وحدة التكثيف بالوحدة الخارجية وتشمل على الضاغط ومكثف هوائي كما في الشكل (5-10)

شكل (5-10) المكونات الاساسية للوحدة الخارجية

الوحدة المنفصلة أهدأ من وحدة النافذة المجمعة لأن الضاغط الذي هو مصدر كبير للضوضاء يوجد خارج المكان المراد تكييفه. وهذا الحل مناسب للمباني الصغيرة لكنه لا يصلح للمباني الكبيرة متعددة الطوابق لأن اطوال الأنابيب التي توصل الوحدة الخارجية بالوحدة الداخلية يجب ألا تزيد عن طول معين ولحل هذه المشكلة يعمد بعض الناس إلى وضع الضواغط في الشرفات أو تعليقها على كراسي معدنية تثبت في واجهات المباني وينتج عن هذه تشوهات الواجهات مثل الذي يحدث في حالة وحدات النافذة المجمعة.

5-4-3- وحدات التكييف النافذة (المجمعة)

تستخدم وحدات التكييف الجدارية وسيط التبريد (الفريون مثال R22) في امتصاص الحرارة من هواء الغرفة وطردها إلى الخارج وذلك في فصل الصيف وتستخدم السخانات الكهربائية أو الدارة العكسية لتدفئة هواء الغرفة في فصل الشتاء ويتم توزيع الهواء المكيف بواسطة مروحة وهي أكثر وسائل التكييف استخداماً في المباني الصغيرة والمتوسطة. هذا النوع يستهلك طاقة كهربائية عالية وثمنها عال نسبياً ولكن تكلفتها التأسيسية تعتبر منخفضة بالمقارنة مع الانظمة الأخرى. يمكن تشغيل الوحدة في الغرفة المطلوب تكييفها وإغلاقها عندما تنتهي الحاجة إليها دون التأثير على الوحدات الموجودة في الغرف الأخرى، وهذا يعطي مرونة في التشغيل ويوفر في استهلاك الطاقة. أما مساوئها فمعروفة أيضاً، وأهمها الضجيج الذي تصدره هذه الوحدات لأن الضاغط، مصدر الضجيج، يوجد داخل صندوق الوحدة. تبرز مؤخرة الوحدة من الجدار الخارجي ليتمكن من تبريد مكثف الوحدة وهذا يجعل المظهر الخارجي للمباني غير مريح للعين وغير جميل كما هو مبين في الشكل (5-11).

شكل (5–11) وحدة تكييف الهواء النافذة

- صمم لكي يركب خلال الجدار.
- النظام هواء كلي في وحدة واحدة
- الكلفة الأولية أقل 20 % إلى 50 % عن النظام المركزي
- تكاليف تشغيل منخفضة
- يتطلب فضاء أقل ما يمكن
- ليس مناسباً للمناطق الكبيرة
- الكلفة الاولية المنخفضة والتركيب السريع
- الموثوقية العالية والأداء الثابت
- يستخدم في كل من التدفئة والتبريد
- التحكم الفردي لدرجة الحراري

عيوب ومميزات المكيف المنفصل ومقارنته بالمكيفات المجمعة

هناك عيوب كثيرة للمكيفات المجمعة:

1- الصوت العالي نسبيا للأجهزة

2- زيادة استهلاك الكهرباء.

3- تشوه الشكل الجمالي لوجهات المباني.

4- تضعف القدرة الأمنية للمكان الموجودة فيها.

5- لا يمكن التحكم في نسبة الرطوبة عن طريقها.

6- كثيرة التقطير المائي نتيجة تكاثف البخار على المبخر فيها.

ولكن ليس معنى هذا أنها غير صالحة فهي تعمل حتى بكفاءة عالية ويباع منها الكثير وتنتج الشركات الكثير منها وذلك لأن مميزات وخواص جيدة مثل:

1- سهولة صيانتها

2- لا تحتاج إلى فني متمرس في عمليات الصيانة

3- رخيصة الثمن مما يجعلها في متناول الجميع.

4- سهولة نقلها

5- إذا تعطل الجهاز يكون المكان غير المكيف محدود.

مما سبق فإن مميزات وعيوب المكيف المجمع كثيرة وكان لابد من تطويرها فجاء المكيف المنفصل بمجموعة من المزايا الحديثة ولكن هناك بغض العيوب له تنتظر حلول ومن مزايا المكيف المنفصل الآتي:

1- انخفاض مستوى الصوت والضوضاء به إلى حد كبير جداً.

2- امكانية اختيار تيار ثلاثي الطور في الوحدات ذات السعات الكبيرة مما يخفض الحمل على الكابلات الكهربائية.

3- امكانية زيادة سعة الوحدات لتلائم الأماكن الكبيرة والمتعددة.

4- لا تشوه الصفة الجمالية للمباني أو الأماكن المركبة بها ولا تأخذ حيزاً كبيراً من المبنى فيمكن وضعها بالأسقف.

5- إمكانية تركيبها في الأماكن الضيقة مثل المناور.

6- أنها توفر الأمن والحماية للأماكن الخاصة مثل البنوك وغيرها.

7- اقتصادية في استهلاك الكهرباء

8- امكانية برمجتها للعمل لساعات محددة وأيام محددة.

9- أنها لا تشوه المكان من الداخل لاتخاذها نفس اللون وديكور المكان وكذلك لا تشغل حيزاً في هذا المكان

ولكن مازال هناك العديد من العيوب بها مثل:

1- أنها لا تجدد نسبة من الهواء كما هو في المكيف الشباك

2- ارتفاع الثمن النسبي للجهاز في الأسواق

3- عدم سهولة صيانتها واحتياجه إلى فني متمرس خصوصاً في الأجهزة الحديثة التي تحتوي لوحات تحكم إلكترونية

4- صعوبة تصريف المياه المتكاثفة منها.

5- ارتفاع تكلفة صيانتها وارتفاع أسعار قطع غيارها.

6- صعوبة صيانة الوحدات الخارجية إذا كانت في المناور أو على جدران الخارجية للمباني العالية

5-5- المضخة الحرارية

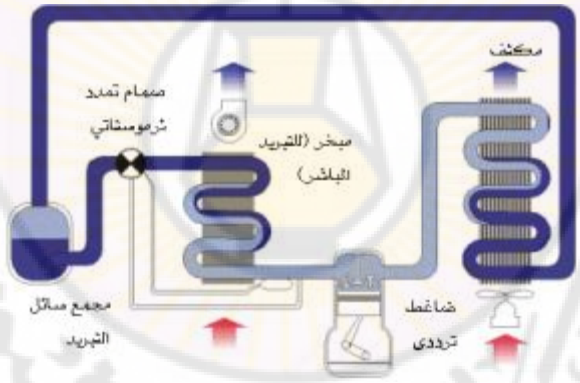
تعد المضخة الحرارية جهاز تكييف مع بعض التعديلات البسيطة ووظفتها ضخ الطاقة الحرارية من موقع إلى موقع آخر. ففي فصل الصيف، نضخ الحرارة من داخل المبنى إلى خارجه وتضخ الحرارة من الخارج شتاءً باستخدام الدورة التبريدية العكسية حيث تعمل الوشيعة الداخلية كمبخر صيفاً ومكثف شتاءً. والعكس تماماً شتاءً , ولقد انتشر استخدامها كجهاز تكييف لترشيدها في استهلاك الطاقة وتستخدم في المساكن والفنادق والمحلات التجارية والمصانع وتصنف حسب الوسط الذي يتواجد فيه الوشيعة الخارجية فإذا كان في الهواء فيطلق عليها مضخة حرارية (هواء – هواء) وإذا كان الوسط الخارجي الماء مثلا فيطلق عليها مضخة حرارية (هواء – ماء) ويمكن أن يكون الوسط الخارجي هواء أو ماء أو تربة أو طاقة شمسية أو حرارة عادم ومن الممكن أن تكون المضخة الحرارية متكونة من وحدتين منفصلتين، وحدة داخلية ووحدة خارجية، أو تكون وحدة مجمعة بذاتها

ومن ميزاتها:

- تركيبه سهل واقتصادي
- تحكم مستقل في درجة حرارة الغرفة
- كمية الحرارة المكتسبة تبلغ عدة أضعاف العمل الميكانيكي المبذول
- مستوى تكاليف التشغيل عال في المناطق التي يكون فصل الشتاء بها بارداً

5-6- نظم التمدد المباشر

هو نظام تكييف مباشر لتبريد الهواء ويتكون من مبخر (تبريد مباشر) ومكثف وضاغط بالإضافة إلى أجهزة تحكم وأمان مختلفة كما هو موضح في الشكل (5-12) ويتم تركيب المبخر في الغرفة المطلوب تكييفها، توضع باقي الوحدات خارج الغرفة.



شكل (5-12) المضخة الحرارية ذات النظام التمدد المباشر

تشمل أنظمة التمدد المباشر كل من وحدة النافذة ووحدة التكييف المنفصلة والمضخة الحرارية.

5-7- نظام تدفق متغير لوسيط التبريد

نظام وسط بين نظام الماء ونظام الوحدات المنفصلة حيث يمكن تشغيل عدد كبير من الوحدات الداخلية بوحدة تكثيف خارجية واحدة، مع امكانية تمديد مواسير(انابيب)

وسيط التبريد بين الوحدة الخارجية والوحدة داخلية حتى 100 متر، مع بعض الضوابط الأخرى لأطوال الأنابيب حسب الشركات كما هو مبين في الشكل (5-13)

ومن ميزات هذا النظام ما يلي:

- تشغيل أكثر من وحدة داخلية بواسطة ضاغط واحد.
- إمكانية تركيب وحدات داخلية بتصاميم مختلفة
- انخفاض تكلفة الصيانة الدورية
- امكانية التحكم في درجة جرارة كل الغرف على حدا من خلال التحكم بسرعة عمل المروحة أو ايقاف أي وحدة اختيارياً أو تكوين مجموعات من الوحدات الداخلية يتم التحكم بحرارتها وكأنها وحدة واحدة
- التوفير الكبير في التكاليف التشغيلية ومصروف الكهرباء

شكل(5-13) نظام تدفق متغير لوسيط التبريد

الفصل السادس

الأحمال التبريدية

حساب الأحمال التبريدية بطريقة "ASHREA Fundamental 1981"

إيجاد شهر وساعة التصميم:

يتم إيجاد شهر وساعة التصميم بإجراء مقارنة بين الأحمال الحرارية المحسوبة على أن يكون فيها الحمل الحراري أعظمياً وغالباً ما تكون فترة الظهيرة الواقعة بين الساعات(10-12-14-16) وتكون ساعة التصميم هي تلك التي تعطي الحمل الأعظمي للبناء.

بعد تحديد شهر وساعة التصميم يتم البدء بحساب عناصر الربح الحراري وذلك من أجل تحديد الأحمال الحرارية في كافة غرف البناء.

6-1- مصادر الكسب الحراري:

6-1-1- أحمال تبريدية محسوسة

وهي مصادر الكسب الحراري التي تتسبب في ارتفاع درجة حرارة الحيز المراد تكيفه ومن مصار الكسب الحراري المحسوس:

- الإشعاع الشمسي على عناصر البناء
- الكسب الحراري من أماكن مجاورة غير مكيفة
- الإنارة
- الأشخاص
- التجهيزات الكهربائية
- التهوية وتسرب الهواء

6-1-2- حمل تبريدي كامن

وهي مصادر الكسب التي تعمل على رفع رطوبة المكان ولا تتسبب بارتفاع درجة حرارته وتسمى كامنة لأنها تحتاج إلى طاقة تبريدية لمعالجتها إلا أن تحسسها بمقاييس درجة الحرارة غير ممكن ومصادر الحمل الحراري الكامن هي:

- الأشخاص
- التهوية وتسرب الهواء
- تجهيزات تعمل على ضخ رطوبة ضمن المكان
- شلالات أو برك ماء صغيرة داخل المكان يتم تبخر قسم منها

6-2- الحمل التبريدي

يتألف الحمل التبريدي من المركبات التالية:

1- الربح الحراري من المصادر الخارجية

2- الربح الحراري من المصادر الداخلية

3- الربح الحراري من التهوية والتسرب

6-2-1- حساب الحمل التبريدي الناتج عن المصادر الخارجية:

هذا الحمل هو عبارة عن تسربات حرارية بالحمل أو الإشعاع عبر السطوح المختلفة للمكان المكيف سطح – جدران – نوافذ.

أ- الربح الحراري من الأسقف المعرضة للشمس:

يمكن حساب هذا الربح وفق العلاقة التالية:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

U : عامل النفوذ الحراري الكلي من خلال الأسقف

A : مساحة السقف

CLTD : الحمل التبريدي الناتج عن فرق درجة الحرارة ويتم الحصول عليه من مرجع ASHRAE – 81 وفقاً لنوعية السقف والتوقيت الشمسي المطلوب.

(Table 5) و السقف رقم 9 هو الأنسب من حيث التركيبة المعمارية في بلادنا.

إلا أن شروط استخدام هذا الجدول مباشرة هي:

– أن يكون السطح أسود اللون.

– درجة الحرارة الخارجية العظمى 35 درجة مئوية.

– ومتوسط درجة الحرارة الخارجية 29.4 درجة مئوية.

– ومعدل تغير درجة الحرارة اليومية 11.6 درجة مئوية.

– درجة الحرارة الداخلية 25.5 درجة مئوية.

خلافاً لهذه الشروط هناك معادلة يمكن من خلالها إيجاد قيمة CLTD المصححة $[(CLTD)_{corr}]$ وفق العلاقة:

$$(CLTD)_{corr} = [(CLTD + LM)\ K + (25.5 - tr) + (\ tav - 29.4)]F$$

حيث:

LM : معامل التصحيح لخط العرض ويعطى من (Table 9) بدلالة الشهر.

K : معامل تصحيح اللون. K= 1

F : معامل التهوية. F= 1

tr : درجة الحرارة الداخلية المعتبرة.

tav : متوسط درجة الحرارة اليومية الخارجية وتعطى وفق العلاقة:

$$tav = \frac{t7 + t14 + 2Xt21}{4}$$

ب- الربح الحراري من الجدران المعرضة للشمس:

ويعطى من العلاقة:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

حيث:

CLTD: الحمل التبريدي الناتج عن فرق درجة الحرارة ويتم الحصول عليه من (Table 7) من نفس المرجع السابق بدلالة الاتجاهات والتوقيت الشمسي

ويعطى الحمل التبريدي بعد التصحيح بالعلاقة

$$(CLTD)corr = (CLTD + LM)\ K + (25.5 - tr) + (\ tav - 29.4)$$

حيث كذلك:

LM: معامل التصحيح لخط العرض ويعطى من (Table 9) بدلالة الشهر.

K: معامل تصحيح اللون. K= 1

tr: درجة الحرارة الداخلية المعتبرة.

tav: متوسط درجة الحرارة اليومية الخارجية وتعطى وفق العلاقة السابقة :

ج- الربح الحراري من الزجاج:

وهو مكون من مركبتين:

- مركبة حملية
- مركبة إشعاعية

حيث يعطى الحمل التبريدي للمركبة الحملية وفق العلاقة:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

CLTD: الحمل التبريدي الناتج عن فرق درجة الحرارة ويتم الحصول عليه من (Table 10) بدلالة:

التوقيت الشمسي ويعطى الحمل التبريدي بعد التصحيح بالعلاقة

$$(CLTD)corr = CLTD + (25.5 - tr) + (\ tav - 29.4)$$

ويعطى الحمل التبريدي من الزجاج بالإشعاع وفق العلاقة:

$$Q = A \times SC \times MSHGF \times CLF$$

SC : معامل التظليل ويؤخذ يساوي 1

MSHGF: عامل أكبر ربح حراري شمسي ويؤخذ لمدينة دمشق عند خط عرض قدره 32

ويعطى من الجدول Table 11 بدلالة الشهر والاتجاه.

CLF: معامل الحمل التبريدي من الزجاج دون تظليلي داخلي ويعطى من Table 13 بدلالة الاتجاه والتوقيت الشمسي.

6-2-2- حساب الحمل التبريدي الناتج عن المصادر الداخلية:

6-2-2-1- الحمل التبريدي الناتج عن الأشخاص:

حيث يتم تحديد عدد الأشخاص المتوقع في كل غرفة أو صالة أو قاعة حسب استعمال المكان ثم يتم تحديد الربح المحسوس والكامن للأشخاص بحسب النشاط الذي يقومون به في الأماكن المكيفة وتم اختبار هذه القيم من جداول (ASHRAE) والقيم المختارة مبينة في الجدول القادم.

الربح الحراري الكامن:

$$Ql = No \ .LatHG$$

No : عدد الأشخاص

LatHG : الربح الحراري الأعظمي الكامن للأشخاص.

الربح الحراري المحسوس:

$$Qs = No \ . SensHG \ . CLF$$

SensHG : الربح الحراري الأعظمي من الأشخاص المحسوس ويعطى من الجدول بدلالة نوعية العمل الذي يقوم به الأشخاص.

CLF : عامل الحمل التبريدي للأشخاص وتعطى هذه القيمة بدلالة الفترة الزمنية بين دخول الأشخاص وساعة التصميم والفترة الزمنية لمكوث الأشخاص في المكان المكيف

6-2-2-2- الحمل التبريدي الناتج عن الإضاءة:

ويعطى بالعلاقة:

$$Q = inPut \cdot CLF \cdot A$$

inPut : شدة الإضاءة

A : مساحة الغرفة (m^2)

CLF : عامل الحمل التبريدي ويعتمد على عدد ساعات التشغيل ويؤخذ (1)

6-2-2-3- الحمل التبريدي الناتج عن التقسيمات الداخلية

ويعطى بالعلاقة: $q = A \cdot U \cdot \Delta T$

A : مساحة سطح التقسيمات الداخلية.

U : عامل النفوذ الحراري الكلي عبر التقسيمات الداخلية.

ΔT : فرق درجات الحرارة بين المكان المكيف والمكان الداخلي المجاور حيث تؤخذ درجة حرارة المكان المجاور اعلى من درجة حرارة المكان المكيف بـ 10 درجة:

$$24+10=34\ C$$

6-2-3- الحمل التبريدي الناتج عن التهوية والتسرب:

ويعطى الحمل التبريدي المحسوس الناتج عن التهوية بالعلاقة:

$$q_s = (C \cdot n \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t)/3600$$

n : عدد مرات تبدل الهواء بالساعة

ρ : كثافة الهواء

V: حجم العنصر

°C: الحرارة النوعية للهواء

ΔT : فرق درجات الحرارة بين الوسط المجاور والمكان المكيف

أما الربح الحراري الكامن الناتج عن التهوية والتسرب:

$$q = \rho \cdot V \cdot n \, (w_r - w_o) \, l_w$$

ρ : كثافة الهواء

n : عدد مرات تبدل الهواء بالساعة = 1مرة

w_r : هي نسبة الرطوبة التصميمية الخارجية و نجدها من المخطط السايكومتري

w_o : هي نسبة الرطوبة التصميمية الداخلية و نجدها من المخطط السايكومتري

l_w : الحرارة الكامنة لتبخر الماء وتساوي 2454 kJ/kg

الفصل السابع

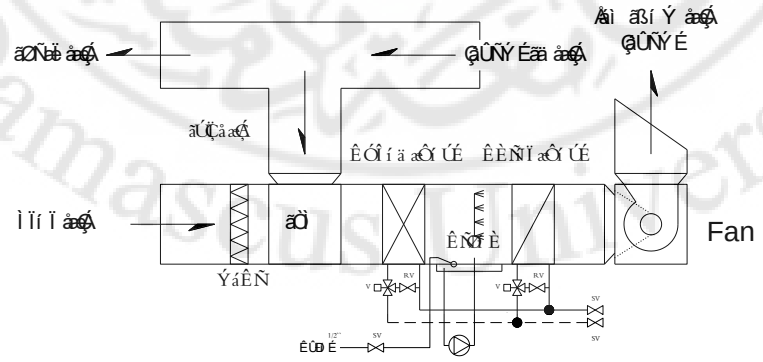
وحدات إرسال الهواء

7-1- مكونات وحدة إرسال الهواء:

توجد انواع مختلفة من وحدات إرسال الهواء التي تستخدم في عمليات تكييف الهواء المركزي حيث يتم اختيار العناصر المكونة لها حسب الغرض المطلوب منها (تدفئة فقط أو تبريد فقط أو ترطيب الهواء أو ازالة الرطوبة أو جميع الوظائف أو جزء من الوظائف هذه وعادة يتم تجميعها في المكان الذي يستخدم لتكييف هواءه.

وتتكون عادة من غلاف خارجي مقاوم للصدأ ويركب داخله العناصر المكونة لوحدة مناولة الهواء مثل وحدة المروحة، وشيعة التبريد، حوض لتجميع الرطوبة المتكاثفة وحيث انه يتم تجميع مكوناتها حسب الطلب فإن أحجامها تختلف من أحجام صغيرة إلى أحجام كبيرة وبتركيبات تتيح إضافة وشائع تسخين وأجهزة لإزالة أو إضافة الرطوبة وفلاتر هواء, صناديق لمزج الهواء , وأجهزة للاستفادة من الطاقة التي تهدر مع الهواء المطرود وهذا يتيح تشغيلها لتكييف الهواء على مدار السنة ولتخدم عدة مناطق لها متطلبات مختلفة من حيث درجات الحرارة الداخلية والرطوبة النسبية

يبين الشكل (7-1) مكونات وحدة إرسال الهواء:



الشكل (7-1) مكونات وحدة إرسال الهواء

وهذه المكونات هي:

- معير لدخول الهواء الجديد
- معير لدخول الهواء المعاد
- صندوق أو غرفة المرج
- فلتر
- وشيعة تبريد
- وشيعة تسخين أو وشيعتين
- مرطبة ماء أو بخار
- مروحة

7-1-1- مأخذ الهواء الجديد:

يجب اختيار مأخذ الهواء النقي عند نقطة استراتيجية بحيث لا تسحب الغبار أو القذارة أو الأبخرة من الشارع أو الرائحة من المطابخ والمباني المحيطة، ويجب ان يكون الهواء المسحوب نقياً بقدر الامكان.

7-1-2- الفلتر:

الفلتر عنصر دائم في جميع أجهزة التكييف حيث ينقي الهواء من الغبار تمهيداً لإدخاله للغرف مكيف ونظيف لأن الهواء عادة يحتوي على ذرات غبار صغيرة جداً (10 ميكرون) يتم استخلاصها من الهواء بواسطة مرشحات جافة من الشاش الخاص أو نسيج القطن أو الصوف أو بعض انواع الورق والبولي بورتان الرغوي إلى أن تصبح نقاوة الهواء مللي جرام غبار بالمتر المكعب . كما تستخدم القوة الطاردة في تنقية الهواء للغرف الخاصة بالمستشفيات. يعد فرق الضغط بين مدخل ومخرج الفلتر مقياس لإتساخ الفلتر وتحديد وقت استبداله أو تنظيفه.

7-1-3- صندوق المزج

هو عبارة عن حجرة يتم بها مزج جزء من الهواء الراجع من الغرف المكيفة لغرض إعادة دوران جزء من الهواء خلال المبنى وذلك لغرض تقليل الحمل وتكاليف التشغيل ويتم مزج جزء من هذا الهواء الراجع الذي يكون بارداً في الصيف وساخناً في الشتاء مع الهواء النقي المسحوب من خارج المبنى. نسبة خلط تتم بواسطة معيرات مزج بسيطة أو أجهزة تحكم اوتوماتيكية تتحكم في نسبة فتح أو اغلاق المعيرات (الدنابر) التي تتحكم في سحب كمية من الهواء الراجع وسحب كمية من الهواء النقي بالنسبة المطلوبة قبل أن يمر المزيج على عناصر وحدة الإرسال لمعالجته.

7-1-4- وشيعة التسخين الأولية

في البلاد البادرة تكون درجة حرارة الهواء الخارجي في الشتاء تحت الصفر المئوي في البلاد البادرة ولمنع تجميد عناصر الوحدة يستخدم هذا العنصر لرفع درجة حرارة الهواء المسحوب من الخارج إلى درجة حرارة عادة حوالي 16 درجة مئوية وللتأكد من الحصول على السعة الكلية للتدفئة من الوحدة، ويركب بين فلتر الهواء أو عنصر المزج ومدخل وحدة إرسال الهواء، يحذف هذا العنصر في البلاد أو المدن ذات درجات الحرارة المعتدلة في فصل الشتاء تتألف هذه الوشيعة عادة من صفين من الأنابيب.

7-1-5- وشيعة التسخين

يتم تسخين الوشيعة بالبخار أو الماء الساخن أو بمقاومة كهربائية وتتألف وشيعة التسخين بالبخار أو بالماء الساخن من أنابيب رفيعة متوازية مصفوفة في صفوف، ويوضع عادة على هذه الأنابيب ريش (زعانف) لزيادة سطح التبادل الحراري. يحتاج المسخن الكهربائي مكاناً صغيراً، ولكن تكون تكاليف التشغيل مرتفعة إلا إذا اكانت الكهرباء متاحة بتكاليف منخفضة جداً، تتصف ملفات التسخين عملياً بالخصائص الأتية:

سرعة دخول الهواء إلى الوشيعة: 2.5-3.8 m/s

درجة حرارة خروج الهواء من الوشيعة عادة تكون في حدود 49-21 درجة مئوية.
درجة حرارة الماء تكون في حدود 70-90 درجة مئوية في الضغط المنخفض وحتى 150 درجة مئوية في الضغط المتوسط والمرتفع.
سرعة الماء في حدود 0.6-2.1 m/s
معدل تدفق الماء يقدر على أساس انخفاض درجة حرارته 10-20 درجة مئوية بالنسبة للماء ذي الضغط المنخفض ويكون انخفاض درجة الحرارة 33-56 درجة مئوية للماء ذو الضغط المتوسط والمرتفع
هبوط ضغط الهواء عبر الوشيعة في حدود 50-125 باسكال وحتى 250 باسكال في التطبيقات الصناعية.
هبوط الضغط في جهة الماء قد يعادل عمود ماء بارتفاع 3 متر.
ضغط البخار في حالة ملفات التسخين بالبخار في حدود 0.33-1.72 بار.
عدد ملفات التسخين يكون عادة 2-4 صفوف من الأنابيب

7-1-6- وشيعة التبريد

لا تختلف وشيعة تبريد الهواء عن تلك المستعملة لتسخين الهواء من حيث شكلها. يستخدم عادة سائل مضخوخ بمضخة مثل الماء البارد العادي أو محلول ملحي حيث يتم تبريد هذه السوائل خارج وحدة المعالجة عن طريق جهاز تبريد ميكانيكي كالشيلر، تتصف ملفات التبريد بالخصائص التالية:
سرعة الهواء عبر الوشيعة في حدود 3-7.6 m/sec
شروط دخول الهواء 43-16 درجة حرارة جافة , ودرجة حرارة رطبة في حدود -10 27 درجة
شروط خروج الهواء: درجة حرارة جافة بحدود 9 درجات مئوية ومشبع تقريباً. ويتغير هذا الشرط في عملية التبريد المحسوس وفق متطلبات التشغيل.

هبوط ضغط الهواء عبر الملف في حوالي 60-190 باسكال.

درجة حرارة الماء 5-13 درجة مئوية

سرعة الماء 0.6-2.1 m/sec

معدل تدفق الماء: يحسب على أساس ارتفاع درجة حرارة الماء داخل الملف 4-7 درجات مئوية

عدد صفوف انابيب الملف 8-4 وحتى 12 في ملفات التجفيف

7-1-7- وشائع التمدد المباشر

هو مبخر وحدة التبريد نفسه إذ تجري بداخله عملية تمدد وتبخر وشيط التبريد فيبرد الهواء بشكل مباشر داخل وحدة المعالجة

وحسب درجة حرارة الندى للهواء ودرجة حرارة سطح وشيعة التبريد فإن الوشيعة قد يكون جافة اثناء عملية التبريد أي لا يحصل تكثف لبخار الماء وبالتالي فإن الوشيعة تبرد الهواء تبريداً محسوساً عن طريق خفض درجة حرارته وقد تكون الوشيعة أو جزء منه مبللاً أي يحصل فيه تكثف وعندها فإن الوشيعة تبرد الهواء وتجففه أي تبرده تبريداً محسوساً وكامناً.

7-1-8- المراوح

تستخدم مراوح الطرد المركزي عادة في وحدات إرسال الهواء وخاصة عندما وجود مجاري هواء طويلة لنقل الهواء المكيف إلى مختلف أجزاء المبنى.

7-1-9- المرطبة

يعمل جهاز تكييف الهواء خلال فصل الشتاء علاوة على قيامه بتدفئة المكان بزيادة كمية الرطوبة للهواء الموجود داخل المكان بطريقة آلية حيث أنه خلال فصل الشتاء يكون الهواء الخارجي أكثر جفافاً , وتكون الرطوبة النسبية داخل الأماكن المكيفة تكون

مثالية عندما تكون 50% حيث أن هذه النسبة تعمل على وقاية الجسم من الأمراض التي ينقلها الهواء، يمكن ترطيب الهواء بإضافة الماء او بخار الماء إليه .

عنصر الترطيب يكون عبارة عن غرفة يتم خلالها معالجة الهواء وذلك بمروره تحت رذاذ مياه البخاخات، يمكن بخ الماء من شبكة أو أكثر من البخاخات باتجاه واحد أو باتجاهين مختلفين، وتتألف غرفة ترطيب الهواء من جسم غير قابل للصدأ وحوض لجمع الماء والبخاخات ومصافي رذاذ الماء وتجهيزات أخرى، تتميز البخاخات عن بعضها بنعومة زذاذ الماء أي فتحة البخ وضغط بخ الماء. تستعمل بخاخات البخ الناعم غلى استخدام مصافي ناعمة جداً لتنقية الماء لضمان عدم انسداد البخاخات، أما الأنظمة التي تعمل بالبخار فهي تستخدم في الصناعة إذ تعطي رائحة غير مرغوبة في الأماكن المكيفة كما تستوجب استخدام مصايد البخار، أما الماء المستخدم في أجهزة الترطيب الأخرى فيجب أن يكون بشكل عام نقية ومعالجة.

7-1-10- اختيار المكان المناسب لتركيب وحدة إرسال الهواء:

للحوصل على الكفاءة المطلوبة من وحدة إرسال الهواء يجب أن يتوفر في المكان المختار لتركيبه الشروط التالية:

- أن يكون مصدر الكهرباء قريب من المكان
- ألا يكون هناك أي عائق لانسياب الهواء الداخل إليه والخارج منه
- أن تكون بعيدة عن تأثير الرياح القوية المباشرة لكيلا تعوق سرعة المروحة أو حركة هواء الوحدة
- أن تكون بعيدة عن الأمطار واشعة الشمس المباشرة
- ألا تتسبب الازعاج نتيجة الصوت الصادر عنها أو الهواء الساخن الخارج منها
- أن يكون مكان التركيب (السقف أو الأرضية) يكفي لتحمل وزنها بحيث لا يحدث اهتزازات عنها

- أن تكون بعيدة عن الهواء الساخن الصادر عن وحدة أخرى
- أن يكون حولها مساحة تكفي لأعمال الصيانة (الفك أو التركيب)
- إذا كانت الوحدة ستركب على السقف فيجب عمل قاعدة من الحديد بحيث تكون قوية لتحمل الوحدة وأن تكون لها قواعد مطاطية تحت الأرجل لامتصاص الاهتزازات ومنع الصوت
- في حال تركيب أكثر من وحدة على خط صرف واحد للماء المتكاثف يجب عمل زاوية ميل في خط الصرف للمساعدة على سرعة تصريف الماء جيداً
- تركيب جزء من مجرى الهواء مبطن بمادة ماصة للصوت عند مخرج المروحة أو على كل من جانبيها وتكون منخفضة الضوضاء مثبتة بعد الوصلات المرنة.

7-1-11- صيانة الوحدة

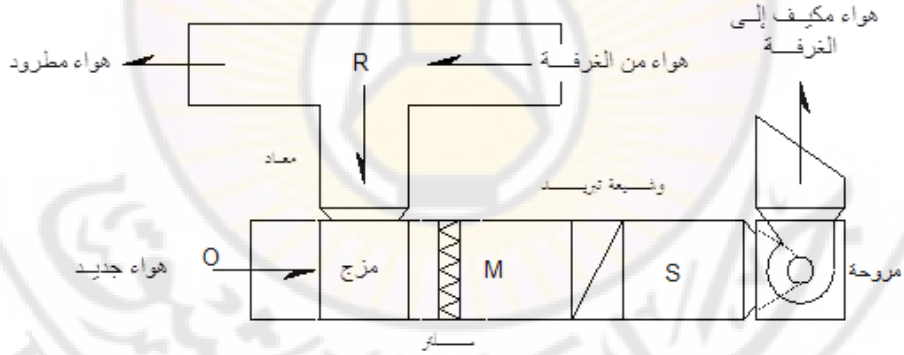
تحتاج جميع معدات التكييف إلى صيانة دورية لكيلا تعطل فجأة وكذلك لإطالة عمرها الافتراضي في العمل وتتلخص أهم عناصر الدورية كالآتي:

- يتسبب تراكم الأتربة على فلاتر الهواء في زيادة مقاومة الانسياب، وينتج عن ذلك إجهاد محرك الهواء، وكذلك انخفاض في تدفق الهواء المكيف وهذا يؤدي إلى انخفاض أداء معدات تكييف الهواء. يساعد استخدام مقياس هبوط الضغط عبر الفلتر على تحديد حالة اتساخه وعلى اتخاذ قرار تنظيفه أو استبداله.
- يجب معالجة المياه المستخدمة في المكثفات التبخيرية وأبراج التبريد وأجهزة الترطيب والمياه المبردة والمياه الساخنة وذلك لمنع التآكل وانسداد الأنابيب.
- مراقبة زيت التزييت مع مراعاة خطورة إضافة كمية أكثر مما يلزم من زيت التزييت
- تنظيف مصافي المياه

- يجب المحافظة على نظافة الغلاف الخارجي لجميع عناصر وحدة إرسال الهواء وذلك للحفاظ على التوازن للمراوح وبالتالي الحد من الاهتزازات وكذلك تحسين التبادل الحراري بين وشائع التسخين أو التبريد أو المكثفات والهواء
- يجب مراجعة صلاحية نشاط التوصيل الكهربائي ونهايات الأطراف الموصلة باللوحة الكهربائية ويراعى عدم وجود تآكل بها أو ارتفاع حرارتها
- يجب التأكد من سلامة نشاط التلامس للمرحلات الكهربائية وسلامة ملفاتها
- يجب أن يتم الاحتفاظ بسجل للتشغيل حتى يتمكن مراقبة أداء الوحدة واكتشاف أي انخفاض في الكفاءة أو أي مشكلة في مراحلها الأولية.

7-2- تصميم وحدة إرسال الهواء صيفاً

يبين الشكل (7-2) أجزاء وحدة المعالجة



الشكل (7-2) وحدة المعالجة المستخدمة صيفاً

خطوات العمل:

1 – تحديد الحمل الحراري المحسوس والكامن:

(Q_L , Q_S)

2 – تحديد الشروط التصميمية الخارجية والداخلية:

الشروط الخارجية: ويتم تحديدها من جدول الشروط التصميمية الخارجية الفصل 1

الشروط الداخلية: ويتم تحديدها من جدول الشروط التصميمية الداخلية وحسب الراحة الحرارية الفصل 1

3 – حساب التدفق الكتلي لهواء التغذية m_s

$$Q_S = m_s \cdot c_p \cdot (t_r - t_s)$$

Q_S – الحمل الحراري المحسوس (W)

m_s – التدفق الكلي الكتلي لهواء التغذية (kg/s)

C_p – السعة الحرارية للهواء 1026 (J/kg.deg)

t_s – درجة حرارة هواء التغذية ونختارها ضمن المجال t_s =12- 18 C^0

4 – حساب التدفق الحجمي للهواء الجديد V_0

$$V_0 = \frac{N \cdot P}{3600}$$

P – عدد الاشخاص

N – كمية الهواء التي يحتاجها الشخص الواحد بالساعة (m^3/h)

ويتم تحديد حاجة الشخص حسب المكان من الجدول (7-1):

الجدول (7-1) كمية الهواء التي يحتاجها الشخص الواحد بالساعة (m^3/h)

المكان	التدخين	للشخص الواحد				قيمة دنيا نسبة إلى المساحة	
		قيمة موصى بها		قيمة دنيا		لكل CFM	لكل m^3/h
		CFM	m^3/h	CFM	m^3/h	Ft^2	m^2
شقة عادية	بعض	20	34	15	25	-	-
شقة فاخرة	بعض	30	51	25	42	0.33	6
أماكن بنوك	قليل	10	17	7.5	13	-	-
دكان حلاقة	كثير	15	25	10	17	-	-
كوافيرة	قليل	10	17	7.5	13	-	-
مخابز وأفران	كثيف جداً	50	85	30	51	-	-
محلات العصير	كثيف	30	51	25	42	-	-
كريدورات	-	-	-	-	-	0.25	4.6
مستودع	لا يوجد	7.5	13	5	8.5	0.05	0.92
غرفة مدير	أكثر ما يمكن	50	85	30	51	-	-
مخازن أدوية	كثير	10	17	7.5	13	-	-
معامل	لا يوجد	10	17	7.5	13	0.10	1.83

ردهة تسلية	لا يوجد	10	17	7.5	13	–	–
كراج	–	–	–	–	–	1	18.3
مشفى غرفة عمليات	–	–	–	–	–	2	36.6
مشفى غرفة مرضى	–	30	51	25	42	0.33	6
جناح مشفى	–	20	34	15	25	–	–
غرفة فندق	كثيف	30	51	25	42	0.33	6
مطبخ (مطعم)	–	–	–	–	–	4	73.2
مطبخ (منزل)	–	–	–	–	–	2	36.6
مخابر	بعض	20	34	15	25	–	–
غرفة اجتماعات	كثيف جداً	50	85	30	51	1.25	23
مكتب (عام)	بعض	15	25	10	17	–	–
مكتب (خاص)	لا يوجد	25	42	15	25	0.25	4.6
مكتب (خاص)	كثير	30	51	25	42	0.25	4.6
مطعم	كثير	12	21	10	17	–	–

(كفيتريا)							
مطعم (صالة الطعام)	كثير	15	25	12	21	–	–
دكان بيع بالتجزئة	لا يوجد	10	17	7.5	13	–	–
مسرح	لا يوجد	7.5	13	5	8.5	–	–
مسرح	بعض	15	25	10	17	–	–
تواليت (سحب)	–	–	–	–	–	2	36.6

5 – حساب التدفق الكتلي للهواء الجديد m_0

$$m_0 = \frac{Vo}{vo}$$

m_0 – التدفق الكتلي للهواء الجديد (kg/s)

v_0 الحجم النوعي للهواء الجديد (m3/kg) من المخطط السايكومتري

6 – حساب التدفق الكتلي للهواء المعاد m_r

$$m_r = m_s - m_0$$

m_r – (kg/s)

7– حساب RRL خط عمل الغرفة:

$$RRL = \frac{\text{الحمل المحسوس}}{\text{الحمل الكلي}}$$

$$RRL = \frac{Qs}{Qtot}$$

خط عمل الغرفة يصل بين النقطة r الممثلة للمواصفات الداخلية للمكان المكيف والنقطة s الممثلة لمواصفات هواء التغذية

8 – نحدد نقطة المزج بين الهواء الجديد والهواء المعاد على المخطط السايكومتري:

$$t_m = \frac{mo \,.\, to + mr \,.\, tr}{ms}$$

على المخطط البسايكومتري نرفع خط عمودي من t_mليتقاطع مع الخط الواصل بين النقطة r والنقطة o ليتحدد لدينا نقطة المزج M

9 – نحدد نقطة التغذية S

الممثلة لمواصفات هواء التغذية على المخطط السايكومتري وذلك تبعاً لدرجة الحرارة المحددة مسبقاً وخط عمل الغرفة RRL الذي يصل بين النقطة r والنقطة s كما سبق ذكره

نتيجة التقاطع يتحدد لدينا النقطة s

10 – يكون عمل وشيعة التبريد هو تبريد الهواء من نقطة المزج M الى النقطة S

11 – حساب استطاعة وشيعة التبريد:

$$Q_{cc} = m_{tot} \,.\, (h_m - h_s)$$

Q_{CC} – استطاعة وشيعة التبريد (W)

m_{tot} – التدفق الكتلي الكلي(تدفق هواء التغذية) (kg/s)

h_m – انتالبي نقطة المزج (J/kg) من المخطط السايكومتري

h_s – انتالبي هواء التغذية (J/kg) من مخطط السايكومتري

12 – حساب تدفق مياه التبريد في الوشيعة:

$$Q_{CC} = m_w \,.\, c_p \,.\, \Delta t$$

m_w – تدفق مياه التبريد (kg/s)

C_p – السعة الحرارية للماء 4180 (J/kg .deg)

Δt – الفرق بين درجة حرارة الماء عند الدخول والخروج من وشيعة التبريد وعادة تكون

$$\Delta t = (12 - 7) = 5\ c^0$$

13 – تحديد درجة حرارة سطح وشيعة التبريد tA :

تتحدد النقطة A من تقاطع خط عمل وشيعة التبريد (الواصل بين النقطة M والنقطة S) مع خط الاشباع على المخطط السايكومتري

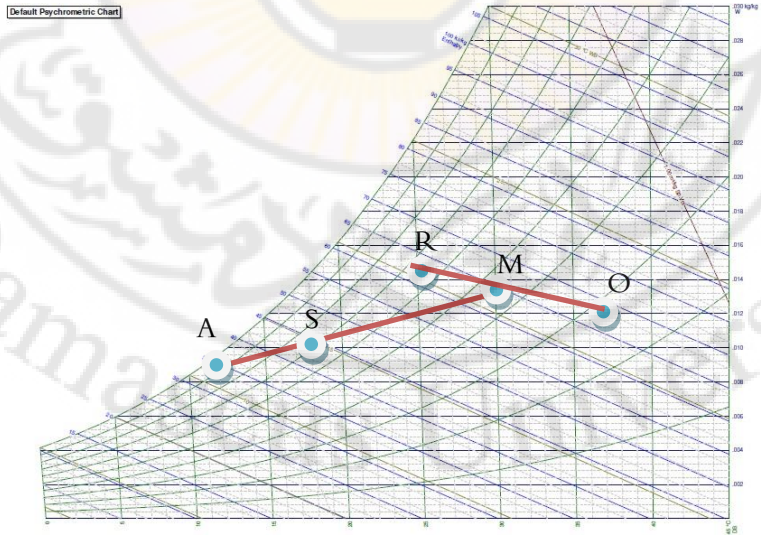
14 – حساب عامل تحويل وشيعة التبريد:

$$BF = \frac{ts - tA}{tm - tA}$$

15 – حساب المردود:

$$= 1 - BF^{n}$$

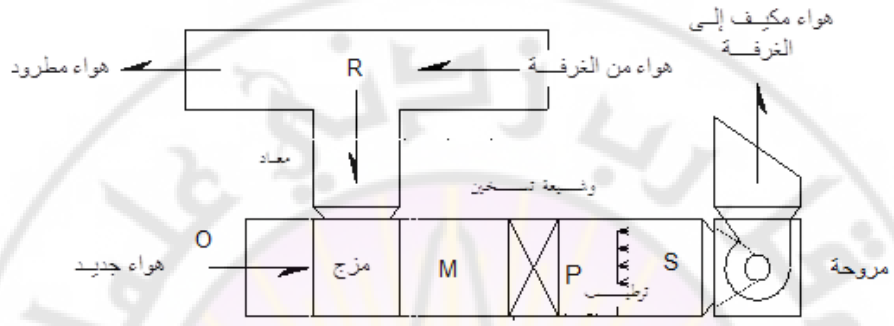
يبين الشكل (7–3) تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري



الشكل (7–3) تمثيل العمل الصيفي على وحدة المعالجة

7–3– تصميم وحدة إرسال الهواء شتاءً

يبين الشكل أجزاء وحدة المعالجة



الشكل (7–4) وحدة المعالجة المستخدمة شتاء

خطوات العمل:

1 – تحديد الحمل الحراري المحسوس والكامن:

(Q_L , Q_S) ويكون الحمل الكامن غالباً معدوم شتاءً

2 – تحديد الشروط التصميمية الخارجية والداخلية:

الشروط الخارجية: ويتم تحديدها من جدول الشروط التصميمية الخارجية الفصل 1

الشروط الداخلية: ويتم تحديدها من جدول الشروط التصميمية الداخلية وحسب الراحة الحرارية الفصل 1

3 – يتم تصميم مجاري الهواء على اساس الحمل الصيفي لذلك عند الانتقال الى العمل الشتوي تعتبر التدفقات الكتلية للهواء ثابتة اي تكون معلومة لدينا

ملاحظة:

يمكن عند الانتقال من العمل الصيفي الى العمل الشتوي تخفيض التدفق الحجمي للهواء الجديد (V_0) وزيادة التدفق الحجمي للهواء المعاد (V_r) بحيث يبقى تدفق الحجمي لهواء التغذية (V_s) ثابتا وذلك لتخفيض مقدار الطاقة المصروفة في وشائع التسخين.

4 – نحدد نقطة المزج بين الهواء الجديد والهواء المعاد على المخطط السايكومتري

$$t_m = \frac{mo \cdot to + mr \cdot tr}{ms}$$

على المخطط السايكومتري نرفع خط عمودي من t_m ليتقاطع مع الخط الواصل بين النقطة r والنقطة o ليتحدد لدينا نقطة المزج M

من المخطط السايكومتري نحدد نسبة الرطوبة للنقطة m

$$W_m = (kg/kg)$$

5 – نحدد النقطة ؛ الممثلة لحالة الهواء بعد وشيعة التسخين

$$(W_P = W_m \ , \ t_P)$$

t_P – درجة حرارة الهواء بعد وشيعة التسخين

W_P – نسبة الرطوبة حيث أن عملية تسخين الهواء من النقطة m الى النقطة z تتم بثبات نسبة الرطوبة

6 – حساب استطاعة وشيعة التسخين:

$$Q_{HC1} = m_s \cdot c_p \cdot (t_P - t_m)$$

Q_{HC} – استطاعة وشيعة التسخين (W)

m_s – التدفق الكتلي لهواء التغذية (kg/s)

C_p – السعة الحرارية للهواء 1026 (J/kg.deg)

7 – حساب تدفق مياه التسخين في الوشيعة:

$$Q_{HC1} = m_{w1} \cdot c_p \cdot \Delta t$$

m_{w1} – تدفق مياه التسخين (kg/s)

C_p – السعة الحرارية للماء 4180 (J/kg .deg)

Δt – الفرق بين درجة حرارة الماء عند الدخول والخروج من وشيعة التسخين وتؤخذ عادة $\Delta t = (90 - 70) = 20\ c^0$

8 – حساب RRL خط عمل الغرفة:

$$RRL = \frac{\text{الحمل المحسوس}}{\text{الحمل الكلي}}$$

$$RRL = \frac{Qs}{Qtot}$$

خط عمل الغرفة يصل بين النقطة r الممثلة للمواصفات الداخلية للمكان المكيف والنقطة s الممثلة لمواصفات هواء التغذية

ويكون خط عمل الغرفة شتاءً غالباً أفقي بسبب إهمال الحمل الحراري الكامن

9 – حساب درجة حرارة التغذية:

$$Q_S = m_s \cdot C_p \cdot (t_s - t_r)$$

Q_S – الحمل الحراري الشتوي للمكان المكيف

10– نحدد نقطة التغذية S:

الممثلة لمواصفات هواء التغذية على المخطط السايكومتري وذلك تبعا لدرجة الحرارة وخط عمل الغرفة RRL الذي يصل بين النقطة r والنقطة s كما سبق ذكره

نتيجة التقاطع يتحدد لدينا النقطة s

11 – بعد تحديد النقطة S نحدد النقطة S الممثلة لحالة الهواء بعد المرطبة وذلك كما يلي:

بعد خروج الهواء من وشيعة التسخين يدخل الى مرطبة مائية ليتم الترطيب بثبات درجة الحرارة الرطبة $Tw_S = tw_P$

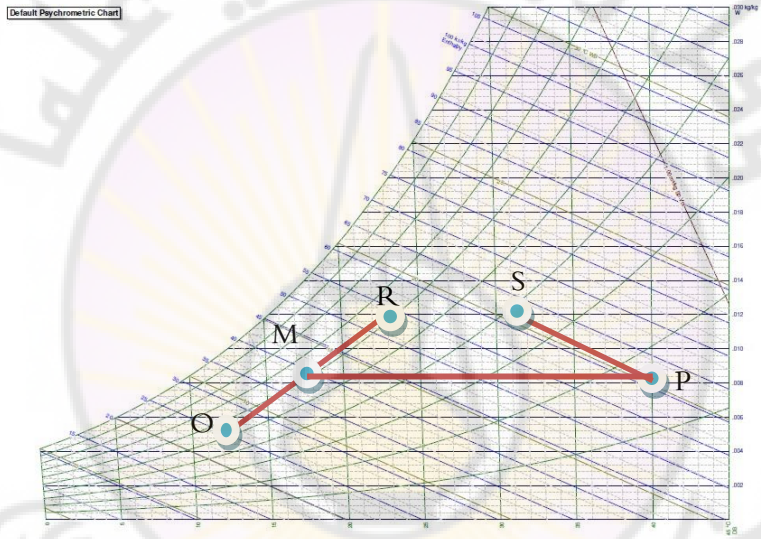
بعد المرطبة يدخل الهواء إلى الحيز المكيف

12 – حساب كمية الماء اللازم للمرطبة:

$$M = m_s \cdot (W_F - W_Z) \cdot 3600$$

M – كمية الماء اللازم للمرطبة (kg/h)

يبين الشكل (7-5) تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري

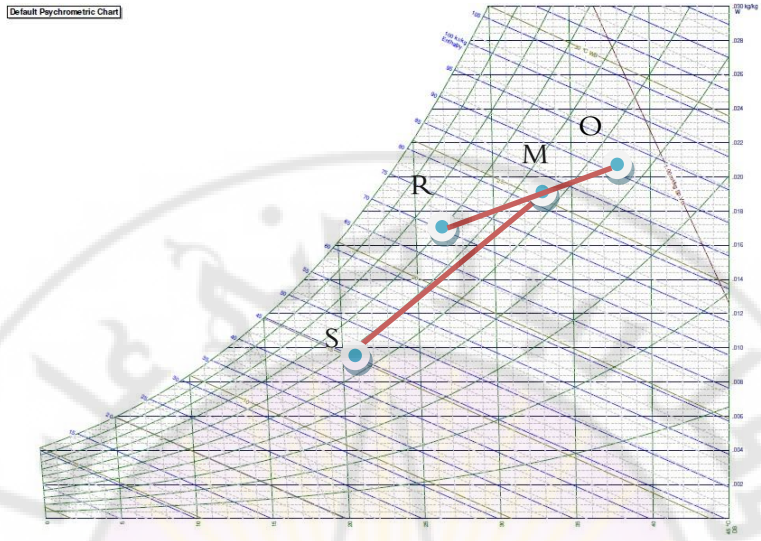


الشكل (7-5) تمثيل العمل الشتوي على وحدة المعالجة

7-4- تصميم وحدة إرسال الهواء في المناطق الساحلية

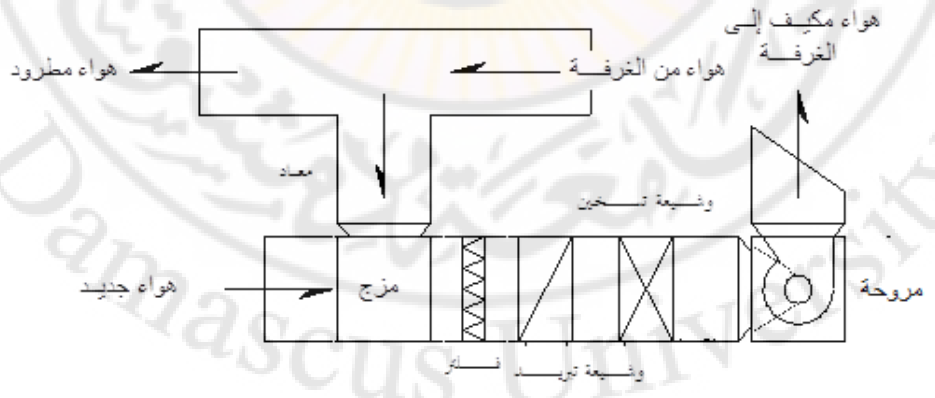
يختلف تصميم وحدة المعالجة في المناطق الساحلية قليلاً حيث أنه وبسبب الرطوبة المرتفعة لا يقطع امتداد إجراء التبريد الواصل من نقطة المزج M وإلى النقطة S منحني الإشباعي وبالتالي لا يوجد وشيعة تبريد تستطيع تحقيق الإجراء المطلوب

كما يبين الشكل (7-6)

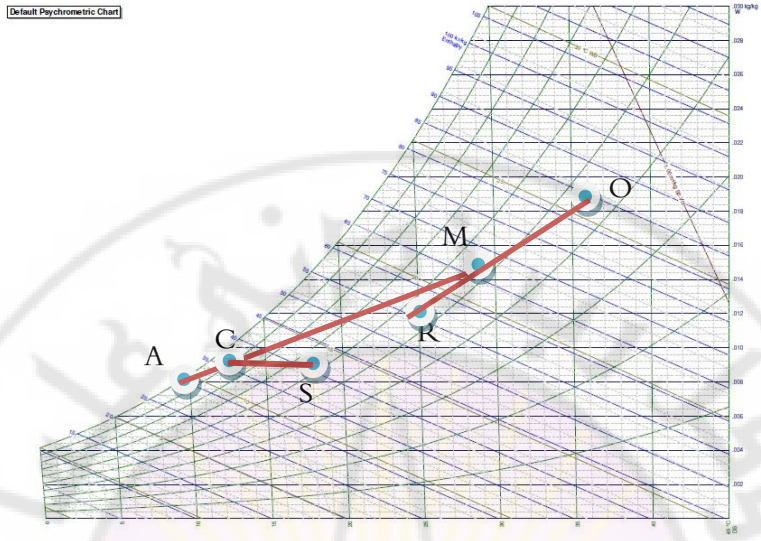


الشكل (7–6) تمثيل العمل الصيفي على وحدة المعالجة

وبالتالي نعمل على تبريد الهواء إلى درجة حرارة أخفض من درجة الحرارة المطلوبة للتغذية ومن ثم نستخدم وشيعة تسخين لرفع درجة حرارة الهواء إلى درجة الحرارة المطلوبة للتغذية ويضاف إلى وحدة المعالجة المستخدمة صيفاً وشيعة تسخين كما يبين الشكل (7–7)



الشكل (7–7) وحدة المعالجة المستخدمة في المناطق الساحلية

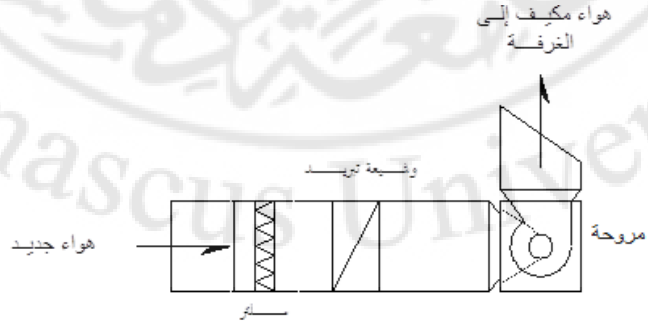


الشكل(7–8) تمثيل العمل الصيفي على وحدة المعالجة في المناطق الساحلية

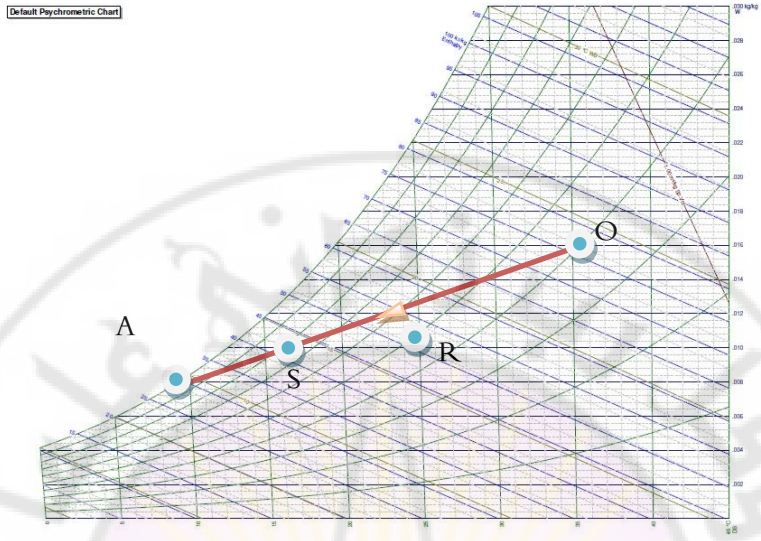
-مع ملاحظة عدم وجود اختلاف على تصميم الوحدة في فصل الشتاء عن التصميم العادي الوارد في الفقرة 7-3

7–5– تصميم وحدة إرسال الهواء بهواء خارجي فقط

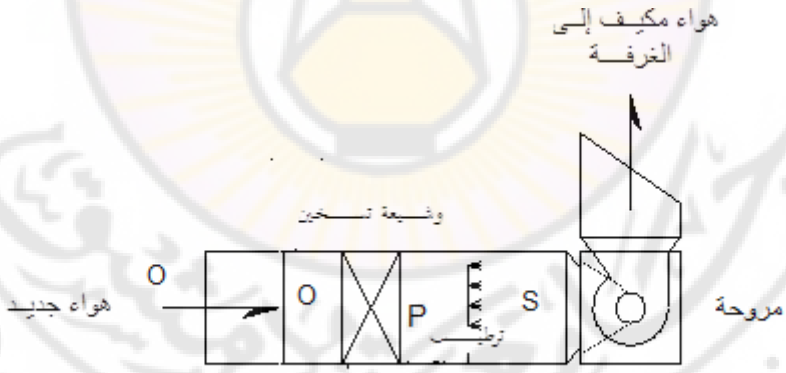
في بعض الأحيان نحتاج لأن يكون كامل الهواء الداخل إلى الحيز المكيف هواء جديد كالمشافي وبعض معامل الصناعات النسيجة وفي حالات أخرى حيث نحسب تدفق الهواء الجديد M_o فنجد أنه أكبر من تدفق الهواء الكلي Ms وبالتالي يجب أن يكون الهواء الجديد هو الهواء الكلي ويكون تصميم وحدة المعالجة صيفاً كما في الشكل(7-9)



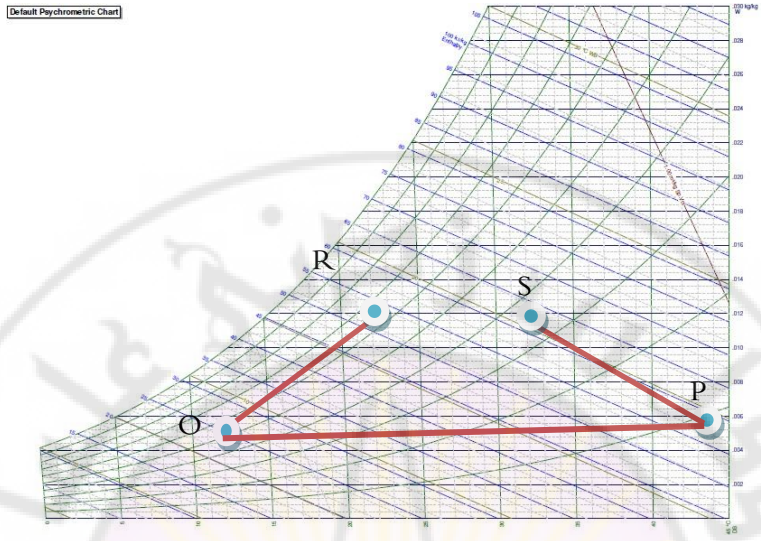
الشكل (7–9) وحدة المعالجة بهواء جديد فقط صيفاً



الشكل (7–10) تمثيل العمل الصيفي لوحدة معالجة بهواء جديد فقط



الشكل (7–11) وحدة المعالجة بهواء جديد فقط شتاءً



الشكل (7–12) تمثيل العمل الشتوي لوحدة معالجة بهواء جديد فقط

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

التكييف المركزي وتجهيزاته

8-1- المراوح

8-1-1- استخدام المراوح:

كل شخص ملم بالمراوح يراها في الاستعمال اليومي، مثل مراوح المكتب أو الأنواع المتطورة التي يراها في محركات الطائرات، بين هذه الأنواع مدى كامل من المراوح المختلفة متوفرة للمصممين لتلبية متطلباتهم المعيّنة.

من الواضح الوظيفة الرئيسية لمروحة أن تنقل هواء من مكان لآخر ولتنفيذ بعض الوظائف مثل تبريد بعض الأجهزة الكهربائية والالكترونية، جمع الغبار من سجادة، تجفيف بعض المنتجات على خط إنتاج أو تهوية مكان.

أثناء تحريكها للهواء قد يكون من الضروري أن تسخّن، تبرّد، ترشّح أو ترطبه كجزء من العملية.

لذا، فإن المروحة تكون عادة من "نظام" والمحتويات أو تركيب هذا النظام سيكون عنده تأثير مباشر على أداء المروحة، وعلى قدرته لإنجاز هدف المصممين.

من المعروف أن أي شيء يساهم في إعاقة التدفق الحر للهواء يفرض مقاومة للتدفق، الذي يجب على المروحة أن تتغلب عليه، مثلاً دولاب به أجهزة الكترونية تحتاج إلى التبريد، أو مجرى الهواء الذي يحتوي عنصر تدفئة وعنصر تبريد وفلتر، كل هذا يحدد التدفق إلى درجة ما، هذا التقييد المعروف بمقاومة النظام (أو هبوط في الضغط)، هو جزء حيوي من إجراء اختيار المروحة لكي يضمن أنّ المروحة المختارة يمكن أن تتغلب على مقاومة النظام وفي نفس الوقت تحريك الحجم المطلوب للهواء.

سيكون أمراً سهلاً ملائمة مروحة كبيرة جداً لكن، التكلفة، حجم الهواء ومستوى الضجيج المسموح به يجب أن تشكل معاً معايير اختيار المروحة.

وعليه فإن المروحة تعتبر مضخة للهواء والغازات وتخلق فرق ضغط يسبب جريان الهواء والغازات وتعتبر المراوح أحد العناصر المهمة لأنظمة تكييف الهواء والتهوية.

تستخدم المراوح في نظام تكييف الهواء لمنح الهواء طاقة حركية للتغلب على مقاومات الهواء أثناء مروره على الأجزاء المختلفة في نظم التكييف مثل وشائع التبريد والتسخين، والمرطبات، وفلاتر الهواء. بالإضافة إلى إيصال الهواء المكيف من أماكن توليدها إلى الأماكن المطلوب تكيفها أو تجديد هوائها.

المعلومات التي يجب الحصول عليها قبل اختيار المروحة:

- تدفق الهواء المطلوب.
- الضغط المطلوب للتغلب على مقاومات نظام التكييف وشبكة توزيع الهواء.
- كثافة الهواء والتي يتغير قيمتها على ارتفاع المكان بالنسبة لسطح البحر وكذلك على درجة حرارة الهواء.
- نوع الخدمة التي يقدمها نظام التكييف.
- المواد والغازات التي يتم طردها عن طريق نظم التكييف والتهوية.
- درجات الحرارة التي تعمل فيها المراوح.
- نوع المروحة.
- طريقة إدارة المروحة (مباشر من المحرك الخاص بها أو بواسطة السيور).
- مدى مستوى الضجيج المسموح به في الأماكن التي سيصل إليها الهواء المكيف.
- عدد المراوح
- اتجاه الدوران.
- اتجاه خروج الهواء من المروحة.

- موقع المحرك الكهربائي.
- العمر الافتراضي للمروحة.

8-1-2- أنواع المراوح :

تصنف المراوح من حيث نوع التصريف إلى نوعين أساسيين:

8-1-2-1- مراوح محورية (axial fans)

تكون غالبية الطاقة المضافة إلى الهواء الخارج منها في اتجاه محور دوران المروحة وعمودي على الريش. يفضل استخدامها عندما يكون المطلوب ضخ حجم هواء كبير مع فرق ضغط صغير حيث أن وجود مقاومة خارجية كبيرة ستؤدي إلى قدر كبير من الانزلاق على الريش.

وكذلك تستخدم في أنظمة التكييف غير المتصلة بمجاري الهواء، يوضح الشكل (8-1) الأنواع الثلاثة الأكثر استعمالاً للمراوح المحورية:

1. مراوح الدفع (Propeller fans):

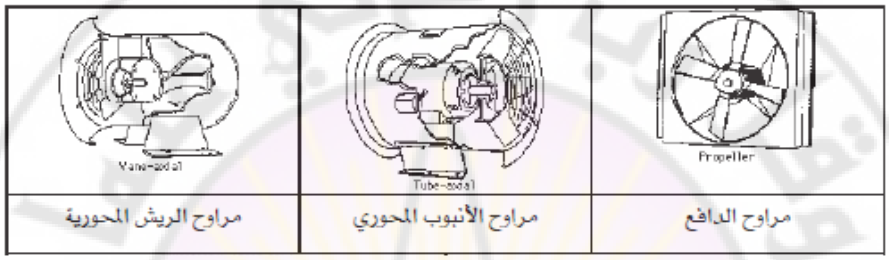
يدور القلب الدوار للمروحة داخل علبة حلقية بمحرك كهربائي، وهي مروحة بسيطة ذات ريشتين وأكثر، تستخدم في المكيفات الجدارية والمنفصلة ونظام وشيعة – مروحة وتركب على الجدران أو الأسقف وكذلك تستخدم لطرد الهواء من الحمامات والمطابخ، وهي أقل تكلفة من مراوح الطرد المركزي ولكن لا تستخدم عادة لدفع الهواء خلال مجاري الهواء حيث يكون فقد الضغط كبير.

2. مراوح الأنبوب المحوري (Tube axial fans):

يدور القلب الدوار للمروحة داخل أسطوانة بمحرك كهربائي وعدد ريشها يتراوح بين 4 إلى 8 ريش تستخدم لضغوط مرتفعة قليلاً ولا تستخدم عادة في نظم تكييف الهواء حيث إن توزيعها للهواء غير منتظم.

3. مراوح الريش المحورية (vane axial fans):

تعتبر تطورياً لمراوح الأنبوب المحوري حيث يتم إضافة ريش توجيه للهواء داخل الأسطوانة خلال مجاري الهواء الخاصة لنقل الهواء المكيف وهي منخفضة في تكلفتها الأولية عن مراوح الطرد المركزي ولكن مستوى الضجيج الصادر عنها أكبر.



الشكل (8–1) أنواع المراوح المحورية

8–1–2–2– المراوح ذات القوة النابذة (الطاردة) :

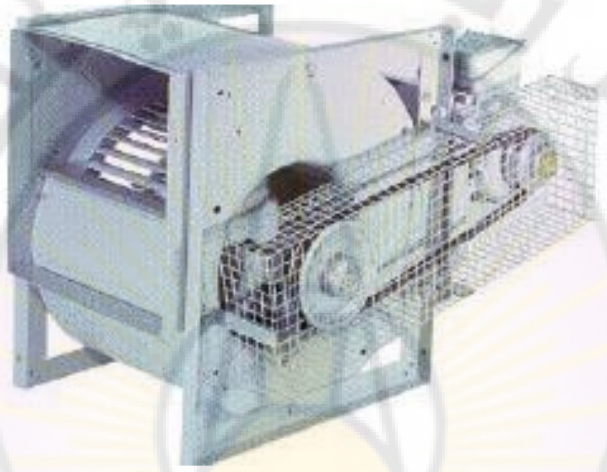
تتألف هذه المراوح من ثلاثة أقسام رئيسية: المحور، الريش، والهيكل ذو الشكل الحلزوني بالإضافة لقاعدته التي يستند عليها المحور، تحت تأثير القوة الطاردة الناتجة عن دوران المحور فإن الهواء يدفع باتجاه فتحة الدفع ويترك خلفه انخفاضاً في الضغط فيدخل الهواء إلى فتحة السحب.

الشكل (8–2) مروحة طاردة مركزية ذات وصل مباشر مع المحرك

تصنيف مراوح الطرد المركزي

1- طريقة إدارة المروحة:

- وصل مباشر مع المحرك كهربائي كما في شكل (8-2).
- وصل غير مباشر بالمحرك بواسطة سيور كما في شكل (8-3).



الشكل (8-3) يتم إدارة المروحة عن طريق سير

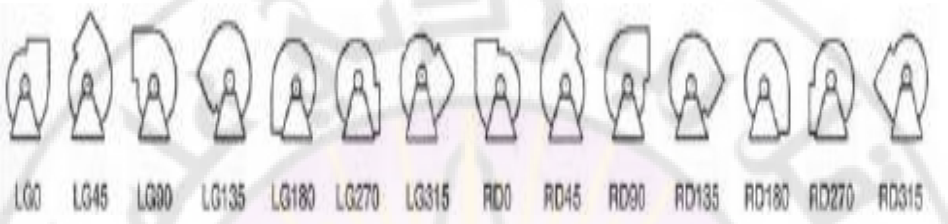
2- مستوى الضغط:

- مراوح ذات ضغط منخفض حتى 100 مم ماء.
- مراوح ذات ضغط متوسط حتى 250 مم ماء.
- مراوح ذات ضغط عال أكبر من 250 مم ماء.

يمكن التمييز بين المراوح المتوسطة وعالية الضغط عن منخفضة الضغط من خلال عرضها الزائد بالنسبة لقطرها وشكل ريش المحور، تستعمل عادة مراوح منخفضة أو متوسطة الضغط في أنظمة التكييف أو التهوية، تستعمل المراوح ذات الضغط العالي في نقل المواد بالهواء كالغبار أو الغازات والمواد الملوثة للجو.

3- **اتجاه خروج الهواء:**

عادة يكون خروج الهواء من المروحة في الاتجاه الأفقي، ولكن يمكن أن يكون خروج الهواء في أي اتجاه حسب اتجاه مجاري الهواء كما هو مبين في الشكل (8-4)

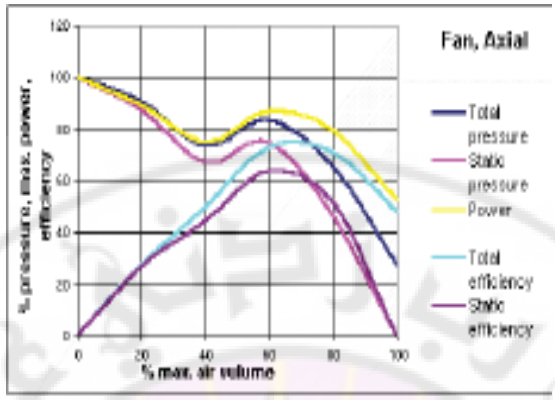


الشكل (8-4) المواضع المختلفة لاتجاه خروج الهواء لمراوح الطرد المركزي

8-1-3- أداء المراوح (Fan performance) :

يتم نشر هذه المنحنيات بواسطة مصنعي المراوح طبقاً لمواصفات عالمية لاختبار المراوح وهي توضيح العلاقة بين معدل تدفق الهواء (volumetric flow rate) الناتج من المروحة وكل من الضغط الاستاتيكي (static pressure)، والضغط الكلي (total pressure)، والقدرة المغذية للمروحة أو الاستطاعة (power)، والمردود (static efficiency).

يوضح شكل (8-5) أداء مروحة محورية ويلاحظ أن ينخفض كل من الضغط ، والاستطاعة في البداية مع زيادة تدفق الهواء حتى يصلا إلى نقطة صغرى عند حوالي 40% من القيمة العظمى من التدفق للمروحة ثم يزدادان إلى نقطة عظمى عند حوالي 60% ثم ينخفضان مرة أخرى، بينما يزداد المردود حتى يصل إلى قيمته العظمى عند حوالي 60% ثم ينخفض بعد ذلك.

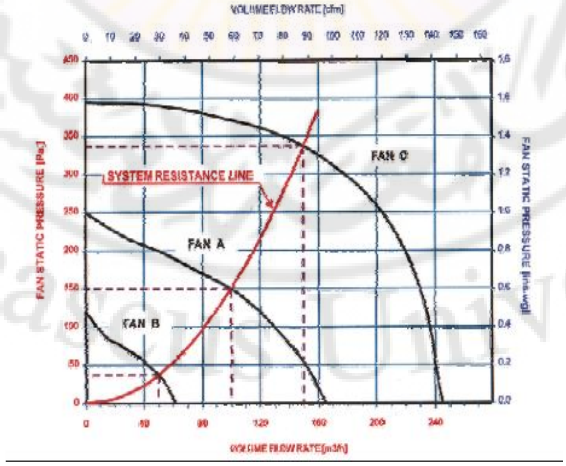


شكل (8–5) منحنيات أداء المراوح المحورية

8–1–3–1– علاقة أداء المروحة بشبكة توزيع الهواء :

يكون للنظام الناتج من ربط المروحة بشبكة توزيع الهواء المكيف خصائص أداء مشتركة تتوقف على خصائص الأداء لكل من المروحة والشبكة كل على حدة. العامل الأكثر أهمية للمصمم لاعتبار علاقة القانون التربيعي بين الضغط والتدفق ضمن النظام.

يعرض منتجو المراوح أداء منتجهم على شكل منحنيات توضح العلاقة بين الضغط وتدفق الهواء كما في الشكل (8–6). يبين هذا حجم الهواء ضد مقاومة للتدفق وبمعنى آخر: تولد المروحة ضغطاً، يستطيع التغلب على مقاومة النظام.



شكل (8–6) علاقة أداء المروحة بشبكة توزيع الهواء

8-1-4- قوانين المراوح:

هي مجموعة العلاقات التي تبين مقدار التغير في خصائص الأداء عند تغير سرعة المروحة وحجمها أو تغير خواص الهواء عن الخواص الأساسية المعروفة وفي حال ربط المروحة بشبكة ثابتة ومعينة:

- يتناسب معدل التدفق للمروحة (V) مع سرعة الدوران أو عدد دورات المروحة.
- يتناسب ضغط المروحة (P) مع مربع سرعة الدوران.
- تتناسب القدرة اللازمة للمروحة (P_p) مع مكعب سرعة الدوران.
- يتناسب معدل التدفق مع مكعب قطر المروحة.
- يتناسب ضغط المروحة مع مربع قطرها.
- تتناسب القدرة اللازمة للمروحة مع قطرها للأس الخامس.
- يتناسب كل من سرعة دوران المروحة، ومعدل التدفق، والقدرة اللازمة لها عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافة الهواء.

يتضح من هذه القوانين أنه لزيادة معدل التدفق لمروحة ما يلزمه زيادة سرعة المروحة، وزيادة قطر المروحة للأس الثالث. ولهذا يفضل استخدام أكثر من مروحة على التوازي لزيادة معدل التدفق.

8-1-4-1- استطاعة المروحة:

القدرة الميكانيكية للمروحة اللازمة عند محورها تحسب بالعلاقة الآتية:

$$Pp = Q * \Delta p/\eta$$

P_p القدرة الميكانيكية للمروحة (w)

Q هو معدل تدفق الهواء (m^3/s)

Δp هو مقدار الارتفاع في الضغط خلال المروحة pa

η مردود المروحة.

8-2- المضخات

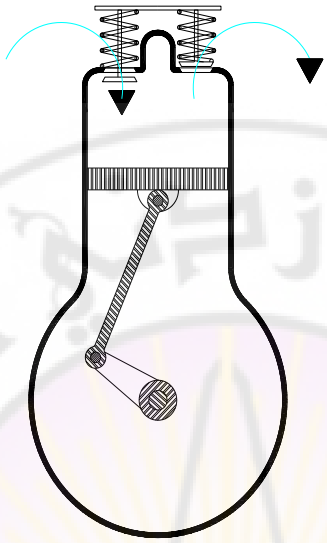
يعتمد عمل جميع المضخات على المبادئ العامة وهي إذا كان مطلوباً من مضخة أن ترفع ماء من بئر، فيجب تفريغ الهواء من حجيرات التشغيل ليدفع الماء بدلاً من الهواء الذي سحب حيث أنه عند حدوث تفريغ جزئي بداخل المضخات فإن ضغط الهواء الجوي سوف يضغط على سطح الماء في البئر ويدفع الماء إلى أعلى في الحجيرات المفرغة، وبذلك يمكن الاحتفاظ بالماء تحت سيطرة الأجزاء المتحركة للمضخة، والتي تقوم بدفعه خلال فتحة الطرد ثم ماسورة التصريف

8-2-1- أنواع المضخات

1- المضخات الترددية:

يكون لها إزاحة موجة وذلك لأن كمية السائل التي تسحبها في شوط السحب، تدفعها في شوط الطرد بالكامل بغض النظر عن مقاومة شبكة مواسير الطرد وهي تتشابه في ذلك مع المضخات الدورانية ويمكن توضيح أدائها كالآتي:

يبين شكل (8-7) مكونات مضخة ترددية مفردة الأداء حيث ينسحب بداخل الأسطوانة حجم من السائل مساوي لإزاحة المكبس خلال صمامات السحب في شوط السحب، ثم يتم تصريف السائل تحت ضغط موجب خلال صمامات الطرد في شوط الطرد.



شكل (8–7) مضخة ترددية مفردة الأداء

فإذا كان المحبس على خط الطرد مغلقاً، ولم يكن هناك صمام أمان ليعمل على التهوية، فسوف يستمر تزايد الضغط بداخلها إلى أن تنفجر ماسورة التصريف، ويتم ضخ كمية من السائل مع كل شوطين للمضخة الترددية لذلك تعتمد كمية التصريف في المضخة الترددية اعتماداً كلياً على سرعتها.

ويمكن على ذلك تغيير كمية التصرف للمضخة بتغيير سرعتها، كما يراعى أن الطرد يتم بكميات متتابعة منفصلة، وكثيراً ما تزود المضخات الترددية بأسطوانتين لكل دافعة (من الجهتين) لجعلها مزدوجة الأداء حيث تكون إحدى الأسطوانتين في شوط الطرد بينما تكون الأسطوانة الأخرى في شوط السحب.

وتمتاز المضخات الترددية بالميزات الآتية:

- بساطة فكرة تشغيلها وسهولة صيانتها.

- تتناسب سعتها مباشرة مع سرعتها.
- يمكنها السحب من أعماق كبيرة.
- يمكنها الضخ إلى ارتفاعات كبيرة ضغوط عالية.
- يعتمد عليها، ويمكنها العمل في ظروف خدمة شاقة.
- موجبة الإزاحة، أي أن كل لفة لابد وأن تؤدي لتصريف كمية معينة من السائل.

2- المضخات الدورانية:

تجمع بين خواص المضخة الترددية في إيجابية التصريف وخواص المضخة المركزية من حيث ثبات التصرف وعدم تباين التدفق ومن هذا النوع المضخات المسننة والمضخات الحلزونية.

- المضخات المسننة

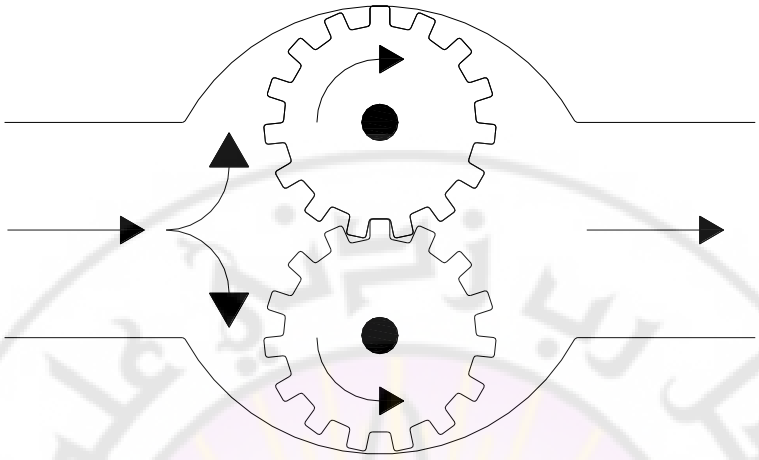
عبارة عن زوج من المسننات معشقة فيما بينها موجودة داخل جسم يؤمن خلوص معين بينه وبين المسننات وتعمل المسننات خلا ل دورانها على نقل السائل في تجاويفها من حجرة السحب إلى حجرة الدفع. كما هو مبين في الشكل (8-8)

الحسنات:

- سهولة التصميم،
- حجم صغير،
- تركب على محور واحد مع المحرك.

السيئات:

- التآكل السريع لعناصر الآلة.



شكل (8–8) المضخة المسننة

- **المضخات الحلزونية:**

تتكون من التروس الحلزونية المتوازية أفقياً والأسنان معشقة مع بعضها، ويجرى تشغيل هذه التروس بخلوصات متناهية في الدقة داخل الغطاء المحيطة بها كما مبين في شكل (8-9).

ويتم تدفق السائل الوارد إلى كل من طرفي الحلزون حيث يتم اصطياده بين سن الحلزون والسطح الداخلي للغطاء، ثم يحمل محورياً مع الحلزون ليتم طرده خلال فتحة التصريف بنفس الطريقة التي تتحرك بها صامولة على مسمار مسنن (قلاووظ).

مزايا المضخات الدورانية:

- تقوم بتصريف السائل في تدفق مستمر.
- موجبة الإزاحة، ولا تستلزم تجهيزات التحضير لبدأ التدوير.
- بسيطة في إنتاجها حيث لا يوجد بها صمامات شفط أو تصريف. (سحب او دفع)
- صيانة أسهل فلا يوجد بها صمامات أو باغات تستلزم الكشف الدوري أو الاستبدال.

عيوب المضخات الدورانية:

- الكفاية الحجمية لهذا النوع أقل من نظيراتها في المضخات الترددية.
- لا تستخدم للموائع ذات الزوجة المنخفضة مثل الماء.

3- المضخات الطاردة المركزية:

تتميز بعدم وجود صمامات أو مكبس أو أذرع حولها حشو مثلما تطلبه المضخة الترددية، وقد أدى ذلك إلى استخدام المضخة الطاردة المركزية لضخ السوائل التي تحمل مواد صلبة.

تعرف هذه المضخات بمولدات الضغط الديناميكي حيث إن انتقال السائل يتم عن طريق تغير في الضغط وذلك بعكس المضخات الترددية أو الدوارة التي يتم فيها انتقال السائل بطريقة الدفع.

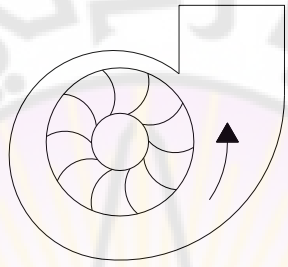
كما أن كمية التصريف في المضخات الترددية أو الدورانية تتوقف على سرعة الدوران فقط، بينما تتوقف في المضخات الطاردة المركزية ليس على الضغط الديناميكي المتولد بواسطتها فقط ولكن يتوقف أيضاً على المقاومات التي تعيق (يواجهها) السائل في مساره.

كمية التصريف تتناسب عكسياً مع مقاومة توزيع السائل، أي أن كلما زادت المقاومة قل التصريف وكلما قلت المقاومة زاد التصريف وذلك مع ثبات القوة المتولدة داخل المضخة.

تعتمد المضخات الطاردة المركزية في توليد الضغط على القانون الأساسي للعطالة: (الجسم الساكن يبقى ساكناً، والجسم المتحرك يستمر في الحركة بنفس السرعة والاتجاه). وإن العناصر الأساسية للمضخة الطاردة المركزية هي:

الدولاب الدائر impeller الذي يستخدم القدرة الميكانيكية لحرف اتجاه الجريان بواسطة الريش blades الموجودة ضمن غلاف دائري أو حلزوني volute، يندفع

المائع نحو المحيط الخارجي تحت تأثير القوة الطاردة المركزية وبنفس الوقت يتم امتصاص المائع عبر مدخل السحب suction inlet نتيجة تناقص الضغط، يتدفق السائل من جميع الاتجاهات إلى الفراغ الحلزوني الشكل حتى يخرج من المضخة. بذلك يتم تحويل القدرة الحركية للجريان إلى قدرة ضغط.

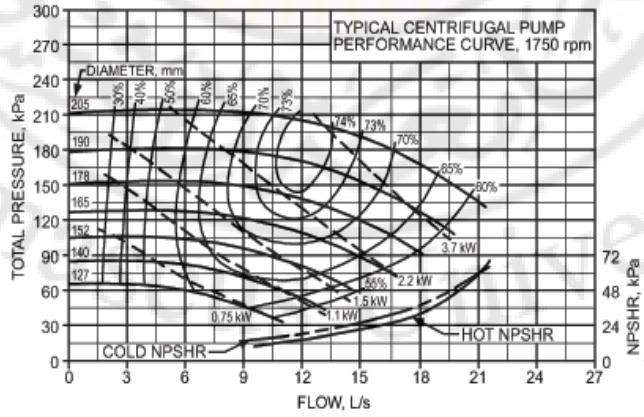


شكل (8–9) مضخة طاردة مركزية

8–2–2– منحنيات الأداء للمضخات:

المنحني المميز للمضخة هو: يبين تغير الضاغط H والقدرة الميكانيكية P ومردود المضخة η مع تغير التدفق.

يعبر هذا المنحني عن المواصفات التصميمية للمضخة فهو يأخذ أشكال مختلفة بحسب نوع المضخة.



الشكل (8–10) المنحنى النموذجي لأداء (المميز) المضخة الطاردة المركزية

يتضح مما سبق أن مضخة الطرد المركزية تعمل على نقل كمية محددة من الطاقة إلى السائل، وإذا كان الضغط الخلفي مرتفعاً على المضخة، فسوف يحتاج السائل إلى طاقة أكبر عما لو كان الضغط الخلفي منخفضاً، وتبعاً لذلك فسوف تمر كمية سائل أقل خلال المضخة إذا زاد الضغط الخلفي عليها، ويتضح ذلك في الشكل (8-10) عند سرعة محددة للمضخة.

نلاحظ أن نقطة تشغيل لمضخة معينة تدار بسرعة معينة، هي إحدى نقط متعددة على هذا المنحنى الذي يحدد سلوك المضخة عند تشغيلها في أحوال مختلفة، فيمكن تشغيل المضخة عند أي نقطة في المنحنى ابتداء من أقصى اليسار حيث يكون صمام الطرد مغلقاً، ولا تصريف للمضخة، إلى آخر نقطة في اليمين حيث أقل ضغط تعمل عنده المضخة.

8-2-3- مضخات الطرد المركزي

تم التعريف بمضخات الطرد المركزي مسبقاً في هذا الفصل ولكن لأهميتها في أنظمة التكييف والتدفئة سنتوسع قليلاً .

1- قوانين الطرد المركزي:

يتأثر أداء مضخة الطرد المركزي بالتغير في سرعة الدوران وقطر (الدفاعة) الريشة حيث:

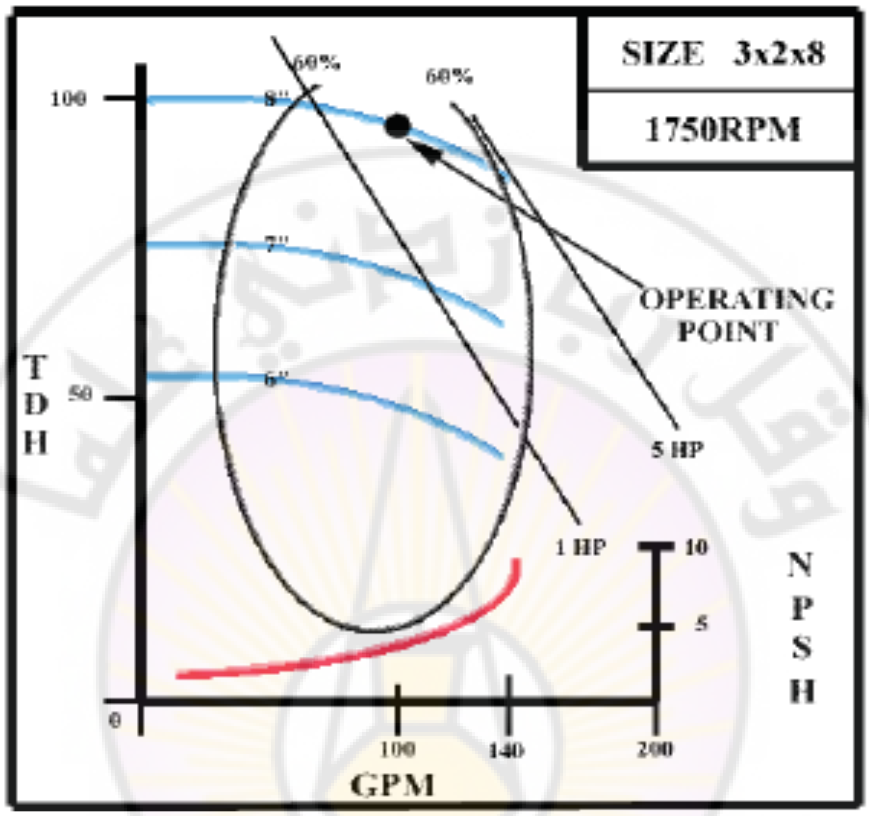
Q: معدل التدفق

D: قطر الريشة.

H: ضغط السائل معبراً عنه بوحدة وزن السائل (TDH).

P: القدرة (الاستطاعة).

N: سرعة الدوران (عدد اللفات في الدقيقة).



الشكل (8–11) منحنيات أداء مضخة طرد مركزية عند أقطار مختلفة للدفاعة

2– قوانين مضخة الطرد المركزي عند ثبات قطر الدفاعة وتغير سرعة دورانها:

- معدل التدفق Flow :

$$Q1/Q2 = N1/N2$$

- الضغط Head :

$$H1/H2 = (N1) \times (N1)/(N2) \times (N2)$$

- القدرة:

$$BHP1/BHP2 = (N1) \times (N1) \times (N1)/(N2) \times (N2) \times (N2)$$

ويمكننا بذلك استنباط منحنيات الأداء من المنحني الأصلي، لتبين منحنيات الأداء عند سرعات مختلفة.

3- قوانين مضخة الطرد المركزي عند ثبات سرعة دورانها وتغير قطر دفاعاتها:

- معدل التدفق Flow :

$$Q1 / Q2 = D1 / D2$$

- الضغط Head :

$$(H1/H2) = (D1) \times (D1)/ (D2) \times (D2)$$

- الضغط Horsepower (BHP) :

$$BHP1 / BHP2 = (D1) \times (D1) \times (D1)/ (D2) \times (D2) \times (D2)$$

4- مردود مضخة الطرد المركزي η

هي النسبة بين الاستطاعة الناتجة P_P إلى الاستطاعة المقدمة للمضخة P_m

$$\eta = \frac{P_p}{P_m}$$

تكافئ استطاعة المضخة الاستطاعة الإجمالية التي يتلقاها التيار الحجمي $Q[\mathrm{m^3/sec}]$ الذي يعبر المضخة وترفعه بمقدار ضاغطها H (الاستطاعة الهيدروليكية أو المفيدة):

$$P_P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

استطاعة محرك المضخة P_m *or* P_{mech} *: Motor Power (Mechanical Power)*

يتم تدوير المضخة بواسطة مصدر قدرة دورانية مثل محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي أو عنفة ، تحسب استطاعة المحرك الكهربائي الذي يدور بسرعة دوران $n[rpm]$ بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{P_{mech}} = \frac{\rho g Q H}{\eta} = M\,\omega = \frac{2\pi n M}{60}\ [\mathrm{watt}]$$

5- أداء مضخة الطرد المركزي عند استخدامها في نظام (شبكة انابيب لتوزيع السائل)

وظيفة المضخة أن تضخ معدل معين من التدفق من السائل على أن تولد ضغطاً يتغلب على المقاومات التي تسبب هبوط في الضغط نتيجة جريان السائل في الانابيب والخزانات وخطوط الاستقبال.

8-3- مبردات الماء (الشيلرات)

8-3-1- أنواع مبردات الماء حسب نوع الضاغط

إن أنواع الضواغط التي عموماً مستعملة في نظم مبردات الماء المستخدمة في أنظمة تكييف الهواء هي:

- الضواغط الترددية (Reciprocating Compressors).
- الضواغط الدورانية (Rotary Compressors) وتنقسم إلى:
  - الضواغط ذات الريش (Vane Compressors).
  - الضواغط اللولبية (Screw Compressors).
- الضواغط الطاردة المركزية (Centrifugal Compressors).

وتختار هذه الضواغط لمبردات الماء حسب الحمل الحراري لنظام تكييف الهواء:

- أقل من 80 طن – تستخدم ضواغط الترددية.
- من 80 إلى 120 طن – تستخدم ضواغط ترددية أو الطاردة المركزية.
- من 120 إلى 200 طن – تستخدم ضواغط لولبية، أو الترددية، أو الطاردة المركزية.
- 200 إلى 350 طن – تستخدم ضواغط لولبية أو الطاردة المركزية.
- وفوق 350 طن – تستخدم ضواغط طاردة المركزية.

1- أنواع المكثفات المستخدمة في مبردات المياه:

هناك نوعان من المكثفات

- مكثف هوائي:

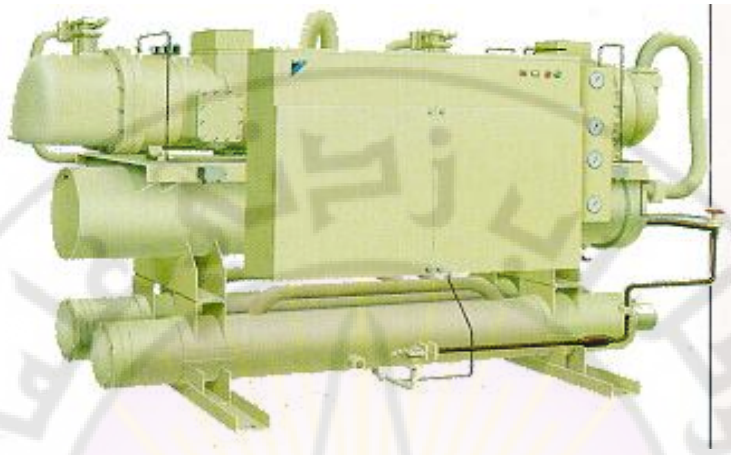
يتم طرح الحرارة إلى الجو الخارجي مباشرة أي أن التبادل الحراري يكون بين وسيط التبريد والهواء الخارجي ولضمان فعالية المكثف يزود بمروحة تعمل مع تشغيل المبرد كما يجب الحفاظ على المكثف نظيفاً للحفاظ على أداء المبرد كما هو مبين في الشكل (8-12)

شكل (8-12) مبرد ماء مزود بمكثف هوائي

- مكثف مائي:

يتم طرح الحرارة إلى الماء بدلاً من الهواء في هذه الحالة يحتاج إلى برج لتبريد الماء وإعادته إلى المكثف وذلك في حالة عدم توفر مصدر طبيعي بوفرة.

كما هو مبين في الشكل (8-13)



الشكل (8-13) مبرد ماء مزود بمكثف مائي

2- **معدات تبريد المياه التي تشمل الضواغط الترددية (Water cooled reciprocating chillers)** :

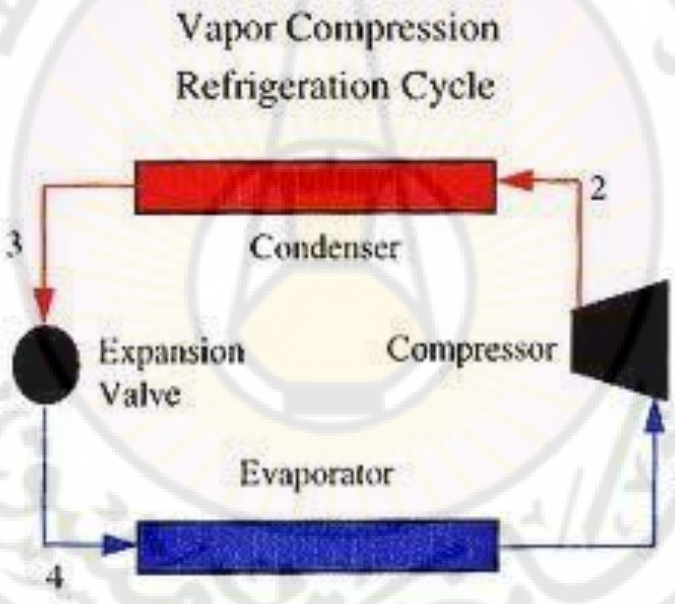
و بما أن عملية التبريد هي نقل للحرارة من الوسط ذي درجة الحرارة الأدنى إلى الوسط ذي درجة الحرارة الأعلى (و هذا ما يعاكس انتقال الحرارة الطبيعي) , و لتحقيق ذلك يجب صرف طاقة إما على شكل عمل كما في الدارة الانضغاطية , و إما على شكل حرارة كما في الدارة الامتصاصية .يتم الحصول على الطاقة اللازمة لعملية التبريد في أنظمة التبريد الانضغاطية بواسطة الضاغط , و تستخدم فيها عدة أنواع من وسائط التبريد منها : (الفريون R12) و (الفريون R22) حيث تقوم بامتصاص الحرارة من المكان المراد تبريده .

في هذه الدارة الانضغاطية:

يدخل سائل التبريد إلى المبخر على شكل خليط من السائل و البخار منخفض الضغط ,تنتقل الحرارة من الوسط المراد تبريده إلى وسيط التبريد مما يؤدي إلى غليانه ثم

يضخ البخار الناتج إلى الضاغط الذي يرفع ضغط و درجة حرارة البخار (يصبح بخار محمص).

ثم يدخل البخار المحمص الى المكثف حيث تنتقل الحرارة إلى الجو المحيط مما يؤدي إلى تكاثف البخار في المكثف ويتحول لطور السائل ثم يدخل هذا السائل ل جهاز التمدد (صمام التمدد) الذي يخفض ضغطه ليلائم ضغط المبخر ويتحول السائل إلى سائل و بخار ثم تعاد الدورة. كما هو مبين في الشكل(8-14)



الشكل (8-14) دورة التبريد الانضغاطية

- وسائط التبريد

تحوي هذه الوسائط في تركيبها على الكلوروفورم كربونات (CFCS) التي تساهم في تحطيم طبقة الأوزون المسؤولة عن امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مما يؤثر سلباً على الكائنات الحية.

لـذا فـإن هـذه الوسـائط التقليديـة تسـاهم في زيادة ظـاهرة الاحتبـاس الحـراري (Global warming). إضافة إلى أن الضاغط يحتاج من أجل تشغيله إلى طاقة كهربائية , إذا تم توليدها من خلال الوقود الأحفوري , فإن ذلك يزيد من إصدارات الغازات الملوثة للبيئة .

الفصل التاسع

مجاري الهواء

9-1- مجاري الهواء:

تستعمل مجاري الهواء لنقل الهواء المعالج من مجموعة إرسال الهواء إلى المكان المكيف وتتألف من مجاري على أشكال مختلفة مربعة أو مستطيلة أو دائرية. وعند تصميم هذه المجاري يجب الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل منها: الفراغ المتوفر لمرور هذه المجاري وطريقة توزيع الهواء ومستوى الضجيج والربح الحراري للمجاري والكلفة التأسيسية وكلفة التشغيل.

يجب حساب كميات الهواء المارة بدقة في كل مجرى وتحديد المقطع المناسب له وذلك لضمان عمل أجهزة التكييف بشكل جيد.

9-2- ضياعات الضغط

9-2-1- الضياعات الطولية

وتعبر هذه الضياعات عن الفقد الاحتكاكي في المجرى ويحسب من العلاقة:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} = P_a * l$$

حيث:

λ : عامل الاحتكاك بالنسبة للضغط الكلي ويتعلق بعدد رينولدز Re

$p_a \left(\frac{p_a}{m} \right)$: انخفاض الضغط المختار (pa/m)

d : قطر الأنبوب (m)

l : طول المجرى

9-2-2- الضياعات المكانية

تعبر الضياعات المكانية عن الفقد الديناميكي وهو الفقد في الضغط الناتج عن المقاومات المحلية الموجودة في الدارة أو المجرى وتشمل هذه المقاومات: الأكواع – تفريعات – النقاصات – فتحة تغذية – فتحة رجوع – وحدة تكييف.

ويحسب هذا الفقد بالعلاقة التالية:

$$\Delta P_z = \varepsilon \frac{\nu^2}{2} \rho = 0.6 \varepsilon \nu^2$$

حيث:

ν سرعة الهواء ضمن المجرى (m/s) .

ρ كثافة الهواء وتساوي ($1.2\ Kg/m^3$) .

ε :معامل مقاومات المكانية .

المقاومات المكانية المستعملة:

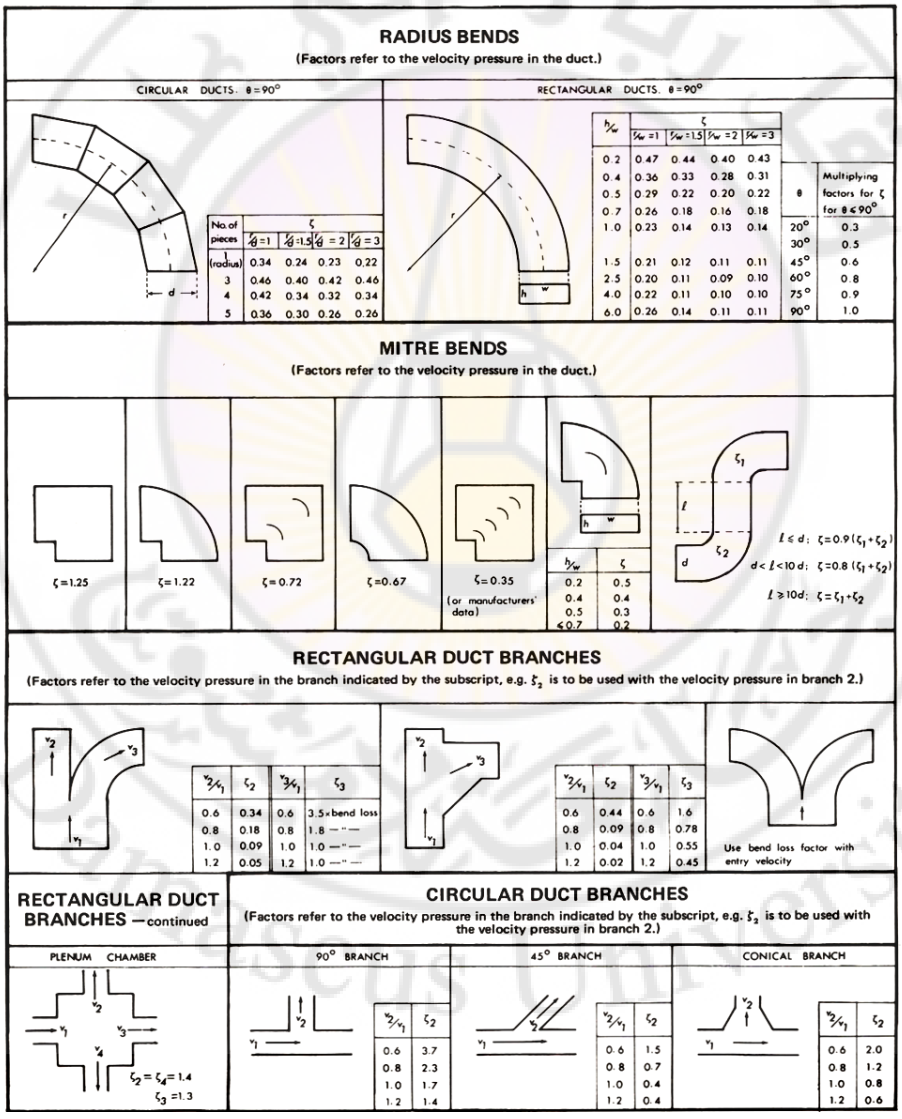
1- نقاصة : تستخدم نقاصات بأشكال وزوايا مختلفة وذلك عند الانتقال من مجرى لآخر ويتم حساب عامل المقاومة المكانية لهذه النقاصات تؤخذ معاملات الفقد من الشكل (9-1) مرجع ASHRAE.

2- الأكواع : تستخدم الأكواع بكثرة في مجاري الهواء ويتم ايجاد المقاومة المكانية لكل منها حسب شكله من مرجع ASHRAE. تؤخذ معاملات الفقد من الشكل (9-1)

3- تفريعة : تعمل على تفريع التيار الرئيسي إلى فرعين وبالعودة إلى المرجع ASHRAE يتم إيجاد المقاومة المكانية ζ بالاعتماد على نسبة السرعتين $\frac{v_2}{v_1}$ أو $\frac{v_3}{v_1}$ حسب كل مجرى.

4–فتحة تغذية وفتحة رجوع: تؤخذ ζ من كتالوجات خاصة وتوصي الدراسة أن تكون سرعة خروج الهواء 3.5m/s وسرعة رجوع الهواء 3.5m/s و $\zeta = 0.5$ والفقد الكلي عبارة عن مجموع الفقد الاحتكاكي والفقد الديناميكي :

$$\Delta P_{tot} = \Delta P + \Delta P_z$$



الشكل (9–1) أنواع الأكواع والنقاصات مع معاملات الفقد الخاصة بها حسب مرجع ر

9-3- طرق تصميم مجاري الهواء:

تستعمل لحساب مجاري الهواء عدة طرق أهمها:

1-طريقة انخفاض ضغط ثابت.

2-طريقة انخفاض السرعة.

1- حساب أبعاد المجاري بطريقة انخفاض ضغط ثابت:

يتم اختيار انخفاض ضغط ثابت لكل متر طولي في شبكة توزيع الهواء وبحيث لا تزيد سرعة جريان الهواء عن الحد المسموح به.

يمكن اختيار قيمة انخفاض الضغط طبقاً لما يلي:

تمديدات مجاري بضغط منخفض: $\Delta P = 0.5 \rightarrow 0.8 \rightarrow 1.2 \ \frac{Pa}{m}$

تمديدات مجاري بضغط متوسط: $\Delta P = 1.6 \rightarrow 2.5 \ \frac{Pa}{m}$

تمديدات مجاري بضغط عالي: $\Delta P = 4 \ \frac{Pa}{m}$

وبمعرفة كمية الهواء في كل مقطع يتم إيجاد قطر المجرى من مخطط اختيار مقطع مجاري الهواء.

بعد تعيين وحساب جميع المقاطع الرئيسية والفرعية نحسب انخفاض الضغط الكلي لأبعد نقطة عن المروحة وهذا يكون الضغط الكلي المطلوب من المروحة ويساوي

$$\Delta P_{tot} = \Delta P * (L1 + L2)$$

حيث L1 طول المجرى الرئيسي (m)

L2 الطول المكافئ للوصلات الموجودة في المجرى (m)

إن انخفاض الضغط الكبير يسبب سرعة هواء كبيرة وبالتالي أبعاد صغيرة وهذه يؤدي للحاجة إلى مروحة ذات ضغط مرتفع، أما إذا كان انخفاض الضغط صغير فينتج عن ذلك سرعات هواء صغيرة وأبعاد مجاري كبيرة ومروحة ذات ضغط منخفض، وبالتالي

يدخل هنا عامل الاقتصادية من أجل الحصول على القطر الاقتصادي لمجرى الهواء وبذلك يتعلق انخفاض الضغط بنوع جهاز التكيف وبالتدفق الأعظمي للهواء وبعدد ساعات التشغيل.

2- طريقة انخفاض السرعة :

تستعمل هذه الطريقة عند حساب مجاري الهواء لأجهزة التكييف والتهوية التي تعمل بضغط منخفض

والجدول (9_1) يعطي القيم الموصي بها للسرعة في مجاري الهواء:

الجدول (9_1) يبين بعض القيم الموصي بها للسرعة في مجاري الهواء

نوع الجهاز	السرعة بالمتر/ثانية			
	المجرى الرئيسي		المجاري الفرعية	
تكييف بضغط منخفض في الأبنية	السرعة الموصى بها	السرعة العظمى	السرعة الموصى بها	السرعة العظمى
المسكونة	3.5-4.5	6	3	5
العامة	5-6.5	8	3-4.5	6.5
الصناعية	6-9	11	4-5	9
تكييف بضغط عال	8-12.7	25-30	10	22.3

تعتمد هذه الطريقة على اختيار سرعات مناسبة لجميع أجزاء الشبكة بشكل متناقص من المقطع الرئيسي إلى المقطع الفرعي ويتم اختيار السرعات بناء على خبرة المهندس المصمم وطبقاً للقيم التي توصي بها الشركات الصانعة بعد أن نأخذ بالحسبان طول المجرى والتدفق

والكلفة والضجيج ومن معرفة التدفق الحجمي والسرعة المناسبة للهواء يتم حساب مقطع المجرى من معادلة الاستمرار ثم نحسب انخفاض الضغط في أجزاء الدارة وتجمع الضياعات الكلية التابعة للدارة الأبعد لتحديد ضغط المروحة ويجب علينا موازنة الدارات عن طريق زيادة أو تنقيص السرعات

9-4- مراحل التصميم

إن تصميم مجاري الهواء يتضمن:

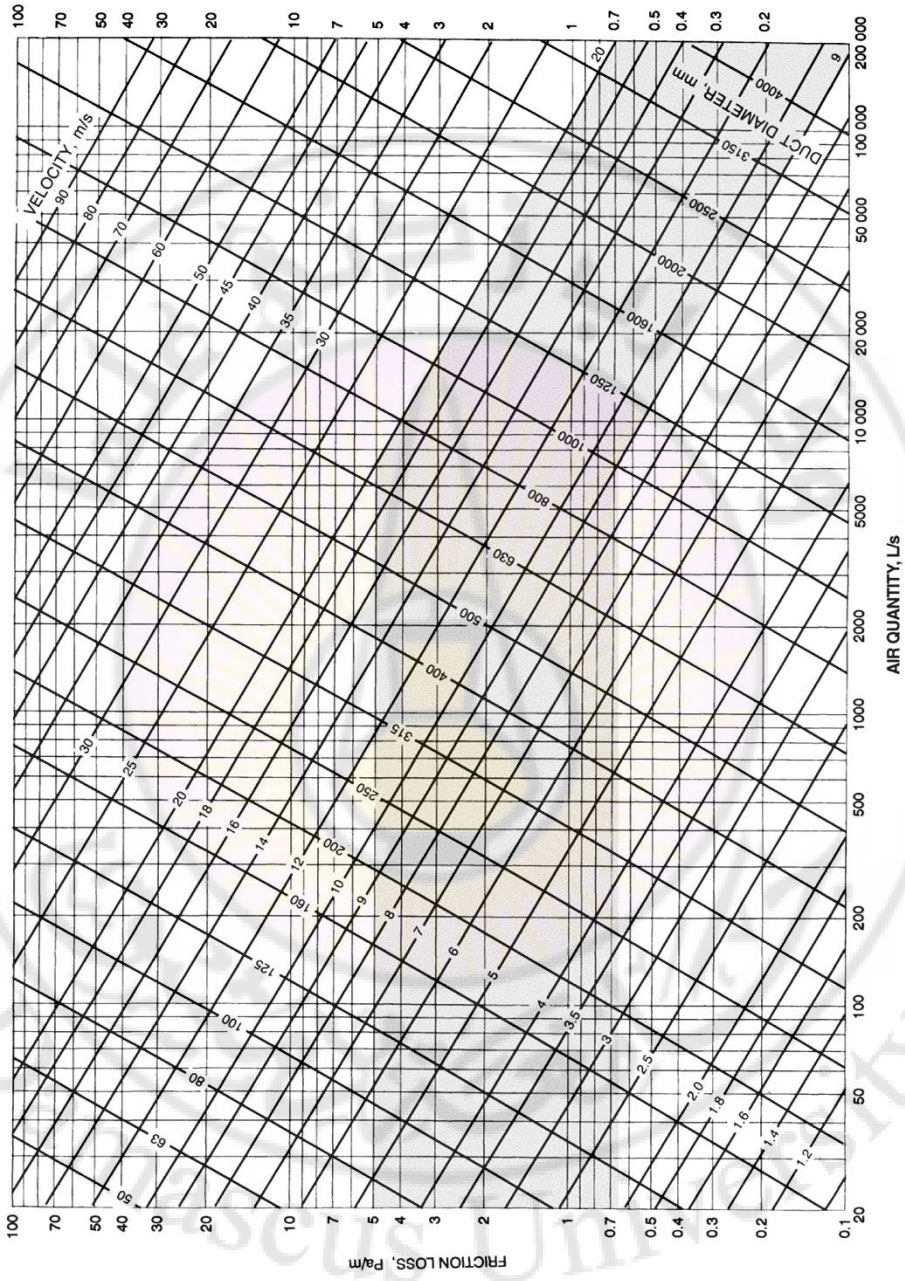
1- حساب أبعاد المجرى، أي حساب القطر بالنسبة للمجاري الدائرية وحساب الطول والعرض بالنسبة للمجاري المستطيلة أو المربعة.

2- إيجاد مقاومة المجاري.

3- حساب ضغط المروحة

9-4-1- حساب أبعاد مجاري الهواء

يتم حساب أبعاد المجرى بمقاطعة التدفق المطلوب مروره مع انخفاض الضغط التصميمي أو السرعة الموصى بها وذلك وفقاً للطريقة المتبعة ويبين الشكل (9-2) المخطط اللازم لإيجاد قطر المجرى الدائري .



الشكل (9–2) المخطط اللازم لإيجاد قطر مجرى الهواء الدائري بدلالة كمية تدفق الهواء وانخفاض الضغط

ومن ثم يتم تحويل القطر الدائري إلى مستطيل بدلالة أحد أبعاد المجرى لاعتبارات تصميمية أهمها المسافة الفاصلة بين السقف الحقيقي والسقف المستعار وعملية التحويل مبينة بالشكل (9-3)

Table C4.30. Equal volume flow rate, pressure drop and surface roughness
Read diameters above stepped line up to top scale and diameters below stepped line down to bottom scale

Dimen. of side, b	Dimension of side of duct, a																				Dimen. of side, b
	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	
100	110	123	134	145	154	163	171	185	199	211	222	232	242	251	260	268	276	284	291	298	100
125	347	138	151	162	173	183	192	209	225	239	251	263	275	285	295	305	314	323	331	339	125
150	385	394	165	178	190	202	212	231	248	264	278	291	304	316	327	338	348	358	368	377	150
175	421	430	440	193	206	218	230	251	269	287	303	317	331	344	357	369	380	391	401	411	175
200	454	464	474	484	220	233	246	269	289	308	325	341	356	371	384	397	409	421	433	444	200
225	485	496	507	517	527	248	261	286	308	328	346	364	380	395	410	424	437	450	462	474	225
250	515	527	538	549	560	570	275	301	325	346	366	385	402	419	434	449	463	477	490	503	250
300	570	583	596	608	620	632	643	330	357	381	403	424	443	462	479	496	512	527	542	556	300
350	620	635	649	662	676	689	701	714	385	412	436	459	481	501	520	539	556	573	589	605	350
400	667	683	698	713	727	741	755	768	794	441	467	492	515	537	558	578	597	616	633	650	400
450	710	727	744	760	776	791	806	820	848	874	496	522	547	571	594	615	636	655	674	693	450
500	751	770	787	804	821	837	853	869	898	927	954	551	577	603	627	650	672	693	713	733	500
550	790	810	828	847	864	882	898	915	946	976	1005	1033	606	633	658	682	706	728	749	770	550
600	827	848	867	887	905	924	941	959	992	1024	1054	1084	1112	661	688	713	738	761	784	806	600
650	862	884	905	925	945	964	982	1001	1036	1069	1101	1132	1162	1191	716	743	769	793	817	840	650
700	896	919	940	962	982	1002	1022	1041	1077	1113	1146	1179	1210	1240	1269	771	798	824	849	873	700
750	928	952	975	997	1018	1039	1059	1079	1118	1154	1190	1223	1256	1287	1318	1347	826	853	879	904	750
800	959	984	1008	1031	1053	1075	1096	1117	1157	1195	1231	1267	1301	1333	1365	1396	1426	881	908	934	800
850	989	1015	1039	1063	1086	1109	1131	1152	1194	1234	1272	1308	1344	1378	1411	1443	1474	1504	936	963	850
900	1018	1044	1070	1095	1119	1142	1165	1187	1230	1271	1311	1349	1385	1421	1455	1488	1520	1551	1582	991	900
950	1046	1073	1100	1125	1150	1174	1198	1221	1265	1308	1349	1388	1426	1462	1498	1532	1565	1597	1629	1659	950
1000		1101	1128	1155	1180	1205	1230	1254	1299	1343	1385	1426	1465	1503	1539	1575	1609	1642	1675	1706	1000
1050			1156	1184	1210	1236	1261	1285	1332	1378	1421	1463	1503	1542	1580	1616	1652	1686	1719	1752	1050
1100				1211	1239	1265	1291	1316	1365	1411	1456	1499	1540	1580	1619	1657	1693	1729	1763	1797	1100
1150					1266	1294	1320	1346	1396	1444	1490	1534	1577	1618	1658	1696	1734	1770	1806	1840	1150
1200						1322	1349	1375	1427	1476	1523	1568	1612	1654	1695	1735	1773	1811	1847	1882	1200
1250							1377	1404	1456	1507	1555	1602	1646	1690	1732	1772	1812	1850	1888	1924	1250
1300								1432	1486	1537	1587	1634	1680	1725	1768	1809	1850	1889	1927	1965	1300
1400									1542	1596	1648	1697	1745	1792	1837	1881	1923	1964	2004	2043	1400
1500										1652	1706	1758	1808	1857	1904	1949	1993	2036	2078	2119	1500
1600											1762	1816	1868	1919	1968	2015	2061	2106	2149	2192	1600
1700												1872	1926	1979	2029	2078	2126	2173	2218	2262	1700
1800													1982	2036	2089	2140	2189	2237	2284	2330	1800
1900														2092	2147	2199	2250	2300	2348	2396	1900
2000															2203	2257	2310	2361	2411	2459	2000
2100																2313	2367	2420	2471	2521	2100
2200																	2423	2477	2530	2582	2200
2300																		2533	2587	2640	2300
2400																			2643	2697	2400
2500																				2753	2500
	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	
Dimen. of side, b	Dimension of side of duct, a																				Dimen. of side, b

$$d = 1{\cdot}265\left[\frac{(ab)^3}{a+b}\right]^{0.2}$$

الشكل (9-3) جدول تحويل القطر الدائري لمجرى الهواء إلى مستطيل

9-4-2- إيجاد مقاومة مجاري الهواء (الدكتات) :

مقاومة المجرى هو عبارة عن مجموع الفقد الحاصل في الشبكة والذي يتألف من فقدين هما: الفقد الاحتكاكي والفقد الدينامنيكي أي الضياعات الطولية والمكانية (راجع الفقرة 9-2)

9-4-3- اختيار مروحة التغذية:

ضغط المروحة هو عبارة عن مجموع المقاومات الداخلية في الشبكة مع الفقد في الدارة الأبعد والمقاومات الداخلية هي عبارة عن انخفاض الضغط الكلي الحاصل في وحدة التكييف والمؤلفة غالباً من وشيعة تبريد ووشيعة تسخين وفلتر وغرفة مزج ودامبر هوائي ومقاومة هذه العناصر يمكن إيجادها من كتالوجات الشركات الصانعة. بعد معرفة الضغط الكلي الاحتكاكي والديناميكي للدارة الأبعد لمجرى التغذية والرجوع وكذلك انخفاض الضغط الكلي في وحدة التكييف يمكن الحصول على ضغط المروحة الكلي اللازم بجمع هذه المقاومات ثم إضافة عامل أمان (10-20 %).

9-5- توزيع الهواء

دراسة توزيع الهواء تتطلب الفهم الصحيح لحركة الهواء الذي يتم تغذيته للغرفة وكذلك معرفة المصطلحات المستخدمة كما هو موضح بالشكل (9-4)

- المدى

عبارة عن المسافة الأفقية التي يقطعها الهواء قبل أن يصل إلى سرعة صغيرة نسبياً (يطلق عليها السرعة الطرفية)

- السرعة الطرفية

هي السرعة عند نهاية المدى.

- السرعة المتخلفة

هي السرعة النهائية التي يصل بها الهواء للأشخاص.

- الانخفاض

هو عبارة عن المسافة الرأسية التي ينخفض بها الهواء البارد عند نهاية المدى

- تفاوت درجة الحرارة

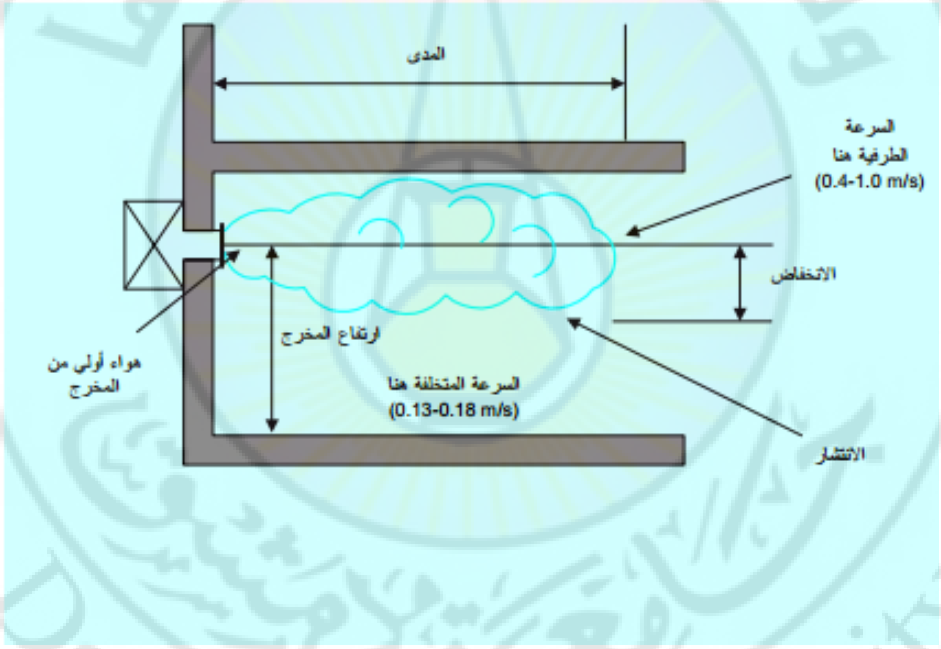
هو الفرق بين درجتي حرارة هواء الغرفة وهواء التغذية

- الانتشار

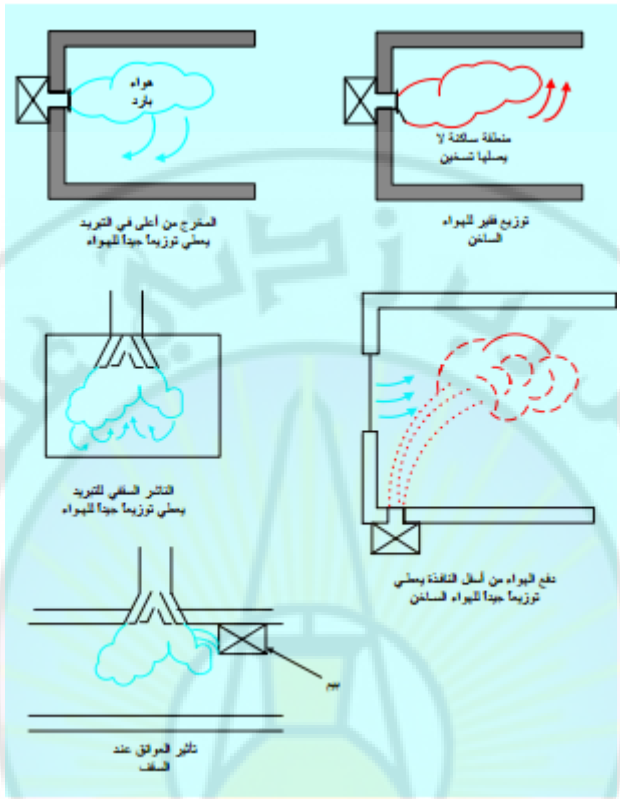
هو عبارة عن التباعد الأفقي لتيار الهواء

- الموقع

يعد موقع جهاز توزيع الهواء في الغرفة ذا أهمية قصوى من أجل الحصول على توزيع جيد للهواء. يوضح الشكل (9-5) التوزيع الجيد والفقير للهواء لبعض أجهزة توزيع الهواء داخل الغرفة.



شكل (9-4) نماذج توزيع الهواء



شكل (9–5) التوزيع الجيد والفقير للهواء داخل الغرف

9–6– أنواع فتحات الهواء (نواشر الهواء)

إن العمل السليم والصحيح لأجهزة التكييف يقع في قسم كبير منه على توزيع الهواء داخل المكان المكيف، إن منطقة العمل بالنسبة إلى الأشخاص هي المنطقة الواجب الاهتمام بها للحصول على راحة حرارية بحيث يجب أن يتحقق:

1– عدم وجود تيارات هوائية عالية للهواء البارد.

2– عدم وجود مناطق يسحب منها الهواء بشكل كبير.

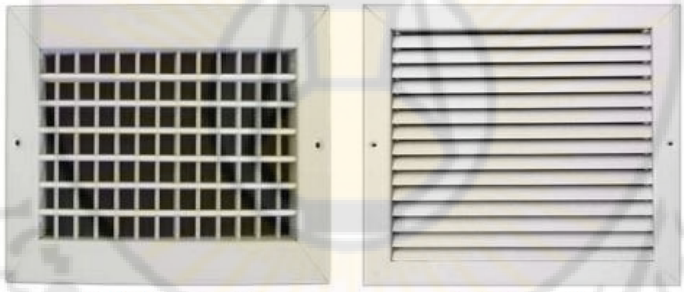
3– يجب ألا يكون هناك فرق كبير في درجات الحرارة بشكل أفقي أو عمودي داخل المكان المكيف ويجب أن يكون هذا الفرق أقل ما يمكن.

يوجد أربع أنواع من أجهزة تغذية الهواء التي تستخدم في توزيع الهواء داخل الأماكن المكيفة بصورة جيدة والأنواع هي:

- الجريلات والحاكمات
- النواشر السقفية
- النواشر المشقوقة
- أسقف التخزين

1- الجريلات والحاكمات:

هي عبارة عن أجهزة تتكون من إطار وقضبان متوازية ثابتة أو متحركة تعمل على التحكم في توزيع الهواء أي ضبط المدى والانتشار. يطلق على الجريلات التي تحتوي على خوانق تحكم مثبتة من الخلف حاكمات كما هو موضح بالشكل (9-6)



شكل (9-6) جريل وحاكم

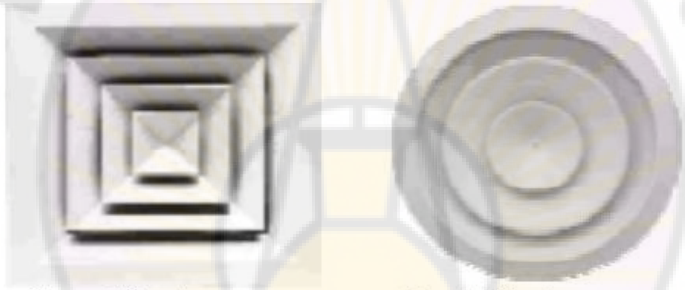
بفضل وضع الجريلات أو الحاكمات أعلى الجدار في حالة التبريد الأمر الذي يساعد على خلط الهواء البارد مع هواء الغرفة بصورة جيدة (لاحظ كثافة الهواء تزداد بانخفاض درجة الحرارة)

أما في حالة التدفئة يتم وضعها أسفل النوافذ في وضع محيطي حيث يقوم بتصريف الهواء الساخن رأسياً إلى الأعلى مما يجعلها تناسب الأجواء الباردة بالإضافة إلى ميزة تكاليف الإنشاء القليلة نسبة لأن أعمال مجاري الهواء في الأرض تكون بسيطة وسهلة.

نادراً ما تستخدم الجريلات في الأسقف نسبة لمظهرها غير المقبول وعليه فإنها تستخدم في مجاري الهواء الراجع وتكون أسفل الجدران.

2- النواشر السقفية

تحتوي عادة هذه الأجهزة على واجهة دائرية أو مربعة تغطي فتحة تغذية الهواء في السقف وتتكون من حلقات متداخلة تسمح بخروج الهواء في طبقات متعددة يجب أن يتفق منظر النواشر السقفية مع تأثيث المبنى ومعدات الاضاءة وأن توضع في مراكز مساحات المخصصة لها الشكل (9-7).



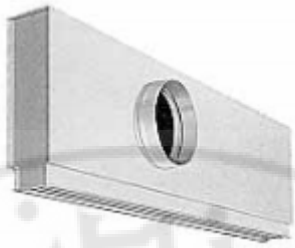
شكل (9-7) نواشر سقفية دائرية ومربعة

يتم تركيبها دائماً في الأسقف. يتم تصريف الهواء أفقياً إذا استخدمت في التبريد. النواشر السقفية الدائرية أو المربعة لها فتحات متساوية وتستخدم لتغطية الغرف المربعة.

بعض أنواع النواشر تستخدم في التدفئة بضبط الهواء ليتم تصريفه رأسياً إلى أسفل وبسرعة عالية.

3- النواشر المشقوقة

وهي عبارة عن خلوص طويلة بينها فتحة أو فتحات طويلة وضيقة وهي مبينة بالشكل (9-8)



شكل (9–8) ناشر مشقوق

تكـون دائمـاً متـوافرة بأشـكال تسـمح باسـتخدامها في الاسـقف أو في الجوانـب بالإضافة إلى أنها أكثر استخداماً في التطبيقات المحيطية حيث تقوم بتصريف الهواء رأسياً من العتبة أسفل النوافذ ويعزى ذلك لاستخدام نوافذ قصيرة وجوانب عريضة من الزجاج في العديد من المباني الحديثة.

4- أسقف التخزين

الأسقف المعلقة التي توجد بها فتحات أو ثقوب خلال كل السقف تقريباً تعمل كمخارج لتغذية الهواء. يستخدم الحيز فوق السقف كوعاء أو خزان كبير للهواء يتم من خلاله توزيع الهواء. يمكن توزيع الهواء بهذه الطريقة توزيعاً منتظماً للمكان المراد تكييفه. كما يمكن استخدام الأسقف التي تستخدم كخزان للهواء الراجع. عملية تصميم وموازنة أنظمة الأسقف التي تستخدم كخزان للهواء تتطلب جهة متخصصة للقيام بها. الشكل (9–9) السقف مبرد.

شكل (9–9) سقف تخزين

تستخدم جميع أجهزة تغذية الهواء (المخارج) التي سبق ذكرها مع الهواء الراجع الجريلات هي الأكثر استخداما نسبة لرخص ثمنها ويمكن تركيبها في أي مكان داخل الغرفة ولكن بالرغم من ذلك من المستحسن وضع أجهزة الهواء بعيداً عن المخارج مع التأكد من احتمال حدوث دائرة مقصرة للهواء , إذا كانت أجهزة الهواء الراجع في الممرات أو في الأماكن متجاورة فيجب تركيب جريلات انتقال أو فتحات توضع في الفواصل أو الابواب او يمكن فتح الأبواب من الأسفل .

أجهزة الهواء الراجع

فتحات رجوع الهواء والسرعات الموصى بها لحساب أبعادها:

إن رجوع الهواء من المكان المكيف يمكن تأمينه بواسطة فتحات رجوع الهواء التي توصل مباشرة إلى المجاري الراجعة أو توصل إلى مكان آخر ومنه إلى مجاري الرجوع. يمكن أن نستعمل نفس نماذج الفتحات التي تستعمل للتغذية مع شفرات موجهة أو بدونها ويمكن أن يضاف إليها منظمات للهواء لتأمين التوازن الهيدروليكي للشبكة.

إن مكان وضع الفتحات لخروج الهواء وسرعة الهواء في فتحات الرجوع تتعلق بالضجيج المسموح به، وبسرعة الهواء في فتحات الرجوع المسموح بها في مجال إقامة الأشخاص وبالضياع الضغطي. ولها تأثير على فروق درجات الحرارة داخل الغرفة ففي المطابخ والمطاعم وأماكن تجمع الناس يفضل وضعها في الأعلى حيث الحرارة المتولدة والغازات تتجمع في أعلى المكان كما أن وضع هذه الفتحات في الأرض أو الجدار مناسب عند خروج هواء التغذية من السقف. ويمكن أيضاً أن توضع في الأبواب ومنها إلى الكوريدورات. ويمكن للمصمم اعتماد الجدول ا(9-2) للسرعة المسموح بها في فتحات الرجوع.ويكون عادة عدد فتحات رجوع الهواء تتعلق بعدد فتحات تغذية الهواء حيث كل 3-4 فتحات تغذية يوضع 1-2 فتحة رجوع وكل 6 فتحات تغذية يوضع 1 فتحة طرد.

الجدول ا(9-2) السرع المسموح بها في فتحات الرجوع.

استعمال المكان للتكييف		السرعة في مقطع الفتحة m/s
التكييف لأجل الراحة الحرارية	في المنطقة فوق وجود الإنسان	4 وأكثر
	في المنطقة حيث يقيم الإنسان (بعيدة عن مناطق الجلوس)	3 – 4
	في المنطقة حيث يقيم الإنسان (بالقرب من مناطق الجلوس)	2 – 3
	فتحة في الباب أو الجدار	1 – 5
	فتحة في أسفل الباب	1.5 – 3
	في بيوت السكن	2
	في الأماكن الصناعية	4 وأكثر

الفصل العاشر

التحكم في أنظمة التدفئة والتكييف

نحتاج منظومات التدفئة والتكييف إلى تعديل الاستطاعة وفقاً لتغير الحمل في المكان المراد تكييفه. فالحمل الحراري يتغير بتغير الظروف الخارجية (درجة حرارة الهواء الخارجي، الإشعاع الشمس ...) أو الظروف الداخلية (عدد الأفراد والإضاءة وفتح الأبواب ...) هذا التغير في الحمل يجب أن يتبعه تعير في استطاعة المنظومة لتحقيق الظروف المثلى للتدفئة أو التكييف ولتحقيق ذلك يجب أن تشمل منظومة التدفئة والتكييف نظام تحكم آلي يستجيب للمتغيرات في ظروف التصميم المطلوبة ويحدث التعديل المناسب في الاستطاعة.

10-1- أهداف التحكم الآلي

من اهم أهداف التحكم الآلي في مجال التدفئة وتكييف الهواء:

- المحافظة على سلامة الأشخاص وذلك بتقليل فرص التدخل اليدوي واحتمالات حدوث الخطأ الشخصي
- المحافظة على ظروف التصميم الداخلية (درجة الحرارة، والرطوبة النسبية وسرعة الهواء ...)
- المحافظة على سلامة التجهيزات وذلك بإيقاف تشغيلها أو إرسال إشارات إنذار عند نجاوز الظروف التصميمية المحددة مسبقاً. الأمر الذي يقلل من تلفها.
- خفض معدل الطاقة اللازمة لأنظمة التكييف وبالتالي تقليل كلفة الطاقة وذلك بتشغيل الوحدات بأعلى كفاءة ممكنة.
- خفض عدد العمال اللازمين لمتابعة أداء أنظمة التدفئة والتكييف وصيانتها بالتالي خفض تكلفة العمالة مما يعود بالفائدة على المؤسسات والمصلحة العامة.

- المساهمة في المحافظة على البيئة وذلك بمراقبة العوامل التي لها تأثير سلبي في المحيط الذي يتعايش فيه الإنسان (نقاوة الهواء والضجيج ...)

10-2- مكونات نظام التحكم الآلي

أهم مكونات نظام التحكم الآلي في مجال التكييف والتبريد:

1- الحاكم ويتكون من جزأين الحساس والمرسل

- الحساس: يتحسس بتغير في الظروف الداخلية للمكان (درجة حرارة، رطوبة...) ويرسل النتيجة (على شكل إشارة كهربائية أو حرارية أو ميكانيكية ...) إلى المرسل ومن أمثلته: حساس درجة الحرارة، وحساس الرطوبة وحساس الضغط

- المرسل: يتسلم إشارة الحساس ويقارنها بنقطة الضبط المحدد سابقاَ، وبحدوث الفرق يرسل اشارة منه إلى الجهاز الموجه.

ومن أنواع الحاكمات: حاكم درجة الحرارة، حاكم الرطوبة، حاكم السرعة ... الخ

2- مصدر الطاقة: ونعني به الطاقة المستخدمة في التحكم الآلي، فيعمل الجهاز الذي يشمل التحكم على تكبير الاشارة المنبعثة من الحاكم -عند اللزوم- ونقلها إلى الجهاز الموجه لكي يتم تأثير التحكم. ومن الأمثلة الطاقة الكهربائية باستعمال أجهزة كهربائية (220 فولت -120 فولت) أو الهواء المضغوط ... الخ

3- الجهاز الموجه: ويسمى أيضاَ أداة التحكم يستلم الجهاز الموجه إشارة الحاكم على حالها أو بعد تكبيرها بمصدر الطاقة ويتفاعل معها للتأثير على وسيلة التحكم ومن الأمثلة: المحابس، ودنابر (بوابات تحكميه) الهواء، والريلايهات الكهربائية ...إلخ

4- وسيلة التحكم: هي الوسيلة التي يتم التحكم فيها بواسطة الجهاز الموجه، كالمحابس والدنابر، لتعديل الظروف الداخلية للمكان المكيف، ومن أمثلة وسائل التحكم: الماء بارد، ماء ساخن، وسيط التبريد، تيار كهربائي

5- المتغير: هو المتغير المطلوب التحكم فيه ومن أمثلة ذلك درجة الحرارة، والرطوبة، والضغط، الإنتالبي ومستوى الصوت ونقاوة الهواء... إلخ.

6- العملية: تشكل العملية الغرض الأساسي من التحكم ومن بين العمليات التي يتم تحقيقها في مجال التدفئة والتكييف: التبريد والتسخين وإزالة الرطوبة .... إلخ

ويتم ترتيب هذه العناصر مجتمعة أو جزءاً منها على طريقتين: -منظومة تحكم ذات دارة مفتوحة

- منظومة تحكم ذات حلقة مغلقة

10-2-1- نظام التحكم ذو الدارة المفتوحة

في هذا النظام ليس للحالة النهائية للمكان المكيف تأثير على عملية التحكم أي أن جهاز التحكم لا يوثر في استطاعة الجهاز مهما كانت الطروف الداخلية للمكان.

وكمثال لنظام التحكم ذو الحلقة المفتوحة طريقة اتشغيل غسالة الملابس. في هذه الآلة لا يوجد مؤشر يدل على مدى نظافة الثياب المغسولة. أي أنه لا يوجد حساس داخل حوض الغسيل يرسل إشارة لجهاز التحكم عن مدى نظافة الثياب المغسولة. فبعد تزويد الغسالة بمواد تنظيف ووضع الثياب المتسخة داخلها تستمر في العمل حتى بعد نظافة الثياب ولا تتوقف إلا بعد انتهاء الزمن المبرمج لفترة الغسيل

10-2-2- نظام التحكم ذو الدارة المغلقة

في نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة، يكون للظروف النهائية للمكان تأثير مباشر في عملية التحكم. أي أن جهاز التحكم يتأثر بالقيمة النهائية للمتغير المراد التحكم به

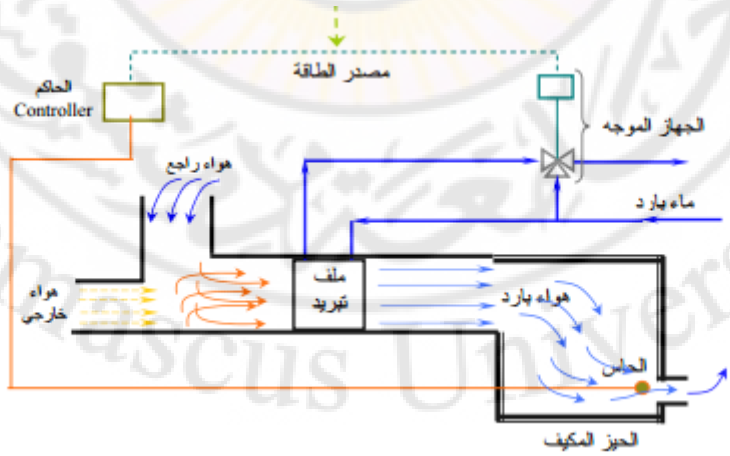
داخل الحيز (درجة الحرارة أو الرطوبة النسبية أو سرعة الهواء ...الخ ويتدخل لتعديل استطاعة نظام التبريد والتكييف.

وكمثال لنظام التحكم ذو الدارة المغلقة، نظام تحكم في تشغيل المكيف الجداري حيث يكون الحساس متوضعاً عند الهواء الراجع من الغرفة فبعد تشغيل المكيف يستمر الضاغط بالعمل وبالتالي في تبريد الغرفة حتى تنخفض درجة الحرارة إلى مستوى معين (محدد مسبقاً) عندها يتدخل جهاز التحكم وبفصل الضاغط فتتوقف دارة التبريد. وبعد توقف الدارة تبدأ درجة حرارة الغرفة في الارتفاع من جديد حتى تصل إلى أعلى قيمة مسموح بها ومضبوطة مسبقاً، عندها يتدخل جهاز التحكم مرة أخرى لإعادة تشغيل الضاغط من جديد وهكذا .... إلخ

في هذه الحالة نقول إن المكيف الجداري يعمل وفق نظام تحكم ذي حلقة مغلقة.

مثال (1)

يبين الشكل (10-1) نظام تحكم ذي حلقة مغلقة يستخدم للتحكم في تكييف غرفة صيفاً باستعمال وشيعة تبريد بالماء البارد.



الشكل (10-1) نظام تحكم ذو دارة مغلقة

في هذا المثال العناصر المكونة لنظام التحكم الآلي هي:

1- الحساس: عنصر حراري مثبت بالحيز المكيف لقياس درجة حرارة الهواء داخل الغرفة

2- المرسل: حاكم درجة الحرارة (ترموستات)

3- مصدر الطاقة: طاقة كهربائية ترسل تحت تأثير الحاكم (توصيل الكهرباء المخصص للتحكم بتأثير إشارة الحساس)

4- الجهاز الموجه: صمام ثلاثي كهرومغناطيسي

5- وسيلة التحكم: ماء بارد

6- المتغير: درجة حرارة الغرفة الداخلية.

7- العملية: تبريد

شرح أداء عناصر التحكم لوظائفها

تكتشف العناصر الحاسة التغير الفعلي للمتغير المراد التحكم به وتتأثر بهذا التغير وتعطي إشارة إلى المرسل فيعمل بدوره على مقارنة إشارة الحساس بنقطة الضبط. وعند حدوث الفرق يرسل إشارة إلى الجهاز الموجه حيث يعمل مصدر الطاقة على تكبيرها عند اللزوم.

تنقل هذه الطاقة عبر وسائل التوصيل (أسلاك كهربائية، أنابيب هواء مضغوط ...إلخ) إلى الجهاز الموجه (صمام، أومحرك دامبر، أو مراوح .. إلخ) حيث تعمل على تشغيله لتعديل وسيلة التحكم (ماء بارد، ماء ساخن، وسيط تبريد، تيار كهربائي) وبالتالي تحقيق العملية المطلوبة تبريد، تسخين، ترطيب ... إلخ

تكتشف العناصر الحساسة التغير الذي حدث فتعطي إشارة للحاكم الذي يقوم بدوره بإرسال إشارة للجهاز الموجه بتغيير قيمة وسيلة التحكم وهكذا ...إلخ

ونلاحظ أن عملية التحكم تنطلق من الحساس لتنتهي عنده من جديد بعد التغيير الذي يطرأ على وسيلة التحكم لذلك نسمي هذا النوع من أنظمة التحكم بالحلقة المغلقة.

10-3- عناصر الإحساس بدرجة الحرارة Temperature sensor

من بين المواد الشائعة الاستخدام للتحسس بدرجة الحرارة:

1- البصيلة blub

2- الشريحة المزدوجة bi – metal

3- المنفاخ blow

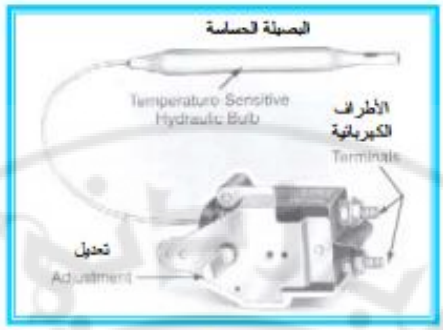
4- المزدوجة الحرارية thermocouple

5- المقاومة الكهربائية المتغيرة مع درجة الحرارة electric resistance

10-3-1- البصيلة blub

تتكون من بصيلة وأنبوبة شعرية مملؤة بسائل أو غاز أو وسيط تبريد عند تعريض البصيلة للحرارة يزداد الضغط داخلها وينتقل الضغط عبر الأنبوب الشعري إلى غشاء معدني مرن يحدث حركة تستخدم مباشرة لفتح أو قفل نقاط التماس الكهربائي أو تحريك أجهزة تعمل على تغيير ضغط الهواء.

وتستخدم البصيلة والأنبوبة الشعرية لقياس درجة الحرارة في مجاري الهواء. وتستخدم أيضاً كعناصر حساسة لدرجة الحرارة متممة للدارات الإلكترونية. يبين الشكل (10-2) الأجزاء المكونة للبصيلة الحساسة.

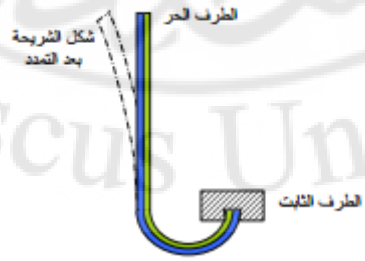


الشكل (10–2) بصيلة حساسة بدرجة الحرارة

10–3–2– الشريحة المزدوجة bi – metal

تتكون الشريحة المزدوجة من معدنين مختلفين في معامل التمدد الطولي الناتج عن الحرارة. يلحم المعدنان لحاماً جيداً عند منطقة الاتصال بينهما، وعندما تتغير درجة حرارة الهواء المحيط بالعنصر الذي له معامل تمدد طولي أكبر يعمل هذا الأخير على تحريك الطرف الحر للشريحة. ويمكن استخدام هذه الحركة لفتح أو قفل نقاط تلامس كهربائي في حالة التحكم الكهربائي أو تغيير في ضغط الهواء عند التحكم بالهواء المضغوط، كما يستخدم مغناطيس دائم على تنظيم حركة الحساس ومنع احتراق نقاط التماس.

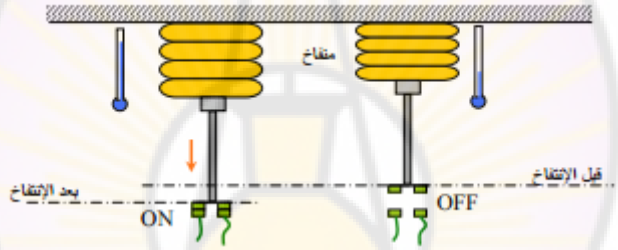
وتستخدم الشريحة المعدنية المزدوجة عادة مع الترموستات المركب على الجدران في الأماكن المكيفة. يبين الشكل (10–3) شريحة معدنية مزدوجة.



شكل (10–3) شريحة معدنية مزدوجة

10-3-3- المنفاخ

يصنع المنفاخ عادة من النحاس الأصفر ويملئ ببخار غير قابل للتكاثف على مدى التحكم ويعمل تغير درجة حرارة الهواء المحيط بالمنفاخ على تمدده أو تقلصه. وتستخدم حركة المنفاخ الناتجة عن تغير درجة الحرارة لفتح أو قفل نقاط التلامس الكهربائي في حالة التحكم الكهربائي أو تغيير في ضغط الهواء عند التحكم بالهواء المضغوط، ويعمل نابض مثبت فوق المنفاخ على تحديد نقطة ضبط ومدى تمدد المنفاخ كما هو مبين في الشكل (10-4). ويستخدم المنفاخ عادة مع الترموستات المركب على الجدران في الأماكن المكيفة

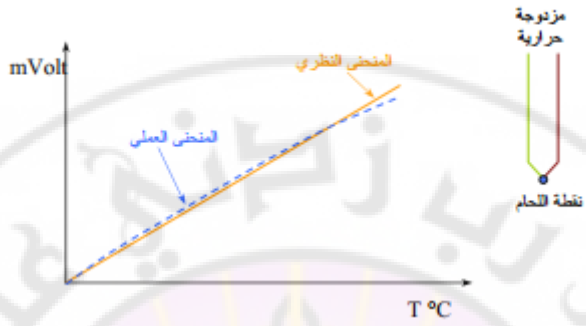


الشكل (10-4) منفاخ حساس

10-3-4- المزدوجة الحرارية

تتكون المزدوجة الحرارية من سلكين معدنين متصلين مع بعضهما بلحام دقيق في طرفيهما، يسمى أحدهما الوصلة الباردة وتكون درجة الحرارة فيه ثابتة والآخر يسمى الوصلة الساخنة. فعند ارتفاع درجة حرارة الوصلة الساخنة يتولد تيار حراري يتولد عنه قوة دافعة كهربائية حرارية يمكن استخدامها للتأثير على ملف ريلي لوصل أو فصل دائرة تحكم وتتغير القوة الدافعة الكهربائية بتغير فرق درجات الحرارة بين الوصلتين الباردة و الساخنة كما هو مبين في الشكل (10-5) وتستخدم عدة مواد لتشكيل المزدوجة الحرارية منها :

- نحاس – كونستنتان حديد – كونستنتان ألمنيوم – كروم

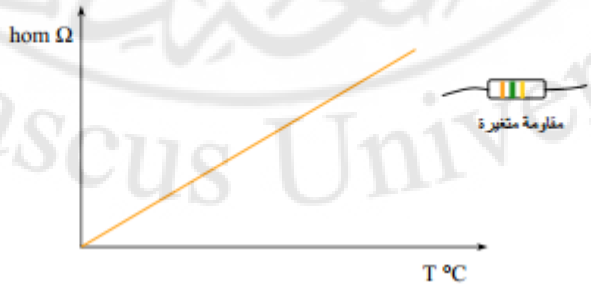


شكل (10–5) مزدوجة حرارية مع المنحى الخاص بها

10–3–5– المقاومة المتغيرة مع درجة الحرارة

لبعض المواد خاصية تغيير مقاومتها لتيار الكهربائي بتغير درجة الحرارة. وتستخدم هذه المقاومة المتغيرة كحساس لدرجة الحرارة حيث يتم توصيلها بدارة التحكم الكهربائية للتأثير عليها ويوجد نوعان من المواد المستخدمة لهذا الغرض ويختلفان باختلاف شكل تغير المقاومة مع درجة الحرارة كما هو مبين على الشكل ()

- المواد النقية (البلاتين – النيكل)
- المواد شبه الموصلة (الترموستر)



شكل (10–6) المقاومة الكهربائية المتغيرة مع الحرارة

10-4- عناصر الإحساس بالرطوبة

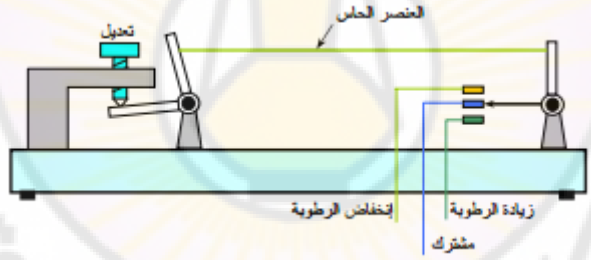
المواد المستخدمة للإحساس بالرطوبة يتغير شكلها أو سعتها الكهربائية أو شدة الاضاءة حسب تغير الرطوبة ومن هذه المواد ما يلي :

10-4-1- شعر الانسان أو الحيوان – جلد الحيوان – النايلون

تتأثر هذه المواد العضوية بالرطوبة ولا تتأثر بدرجة الحرارة فالشعر وأغشية الحيوان تتأثر بالرطوبة غير أن الأغشية أكثر متانة أما النايلون فيفضل عن الشعر لمتانته ويفضل عن أغشية الحيوان بعدم اللزوجة.

10-4-2- المواد القابلة لامتصاص الرطوبة

تستخدم هذه المواد أيضاً لقياس الرطوبة ومنها السليكا جل وسلفات الكالسيوم والزيوليت ويتم قياس الرطوبة على الطريقة الموضحة في الشكل (10-7)



شكل (10-7) طريقة قياس الرطوبة

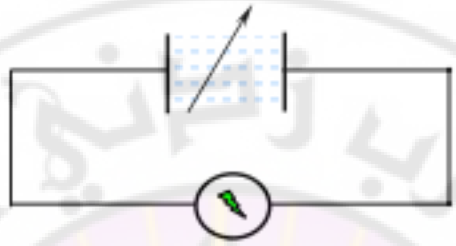
10-4-3- المقاومة الكهربائية المتغيرة مع الرطوبة

تشبه هذه المقاومات الكهربائية تلك التي تستخدم للإحساس بدرجة الحرارة غير أنها تتأثر بالرطوبة

10-4-4- المكثف الكهربائي

يتكون المكثف الكهربائي من لوحين بينهما وسط عازل فيضع بين اللوحين مادة عازلة قابلة لامتصاص الرطوبة والتأثر بها، وبذلك تتغير سعة المكثف بتغير الرطوبة في

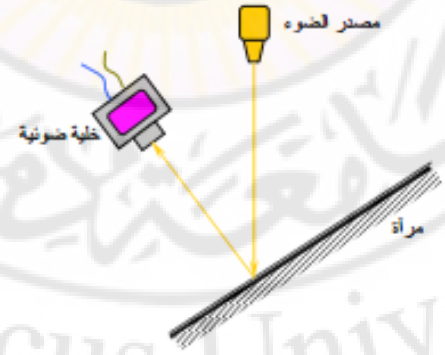
المكان الموضوع فيه كما هو مبين بالشكل (10-8). وبتوصيل هذا المكثف بدارة التحكم الإلكترونية يمكن التأثير عليه.



شكل (10-8) مكثف كهربائي ذو سعة متغيرة مع الرطوبة

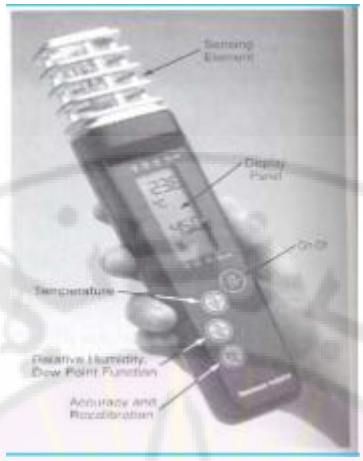
10-4-5- الخلايا الضوئية

يستخدم شعاع ضوئي يسقط على مرآة حيث تتغير شدة الضوء المنعكس منها حسب كمية بخار الماء المتكاثف عليها. ويعمل الشعاع الضوئي المنعكس على تشغيل خلية ضوئية موصولة بدارة تحكم كما هو مبين بالشكل (10-9)



شكل (10-9) خلية ضوئية للتحسس بالرطوبة

يبين الشكل (10-10) جهاز قياس الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة في الأماكن المكيفة



الشكل (10–10) جهاز محمول لقياس الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة

Damascus University

الفصل الحادي عشر

التهوية

11-1- التهوية

التهوية هي مجموعة الإجراءات التي تتخذ للحفاظ على نظافة الهواء وتنظيم حركته داخل فراغ ما أو منشأة ما.

في عملية التهوية يتم إدخال هواء جديد يكفي لحاجة الأشخاص وحاجة العملية الإنتاجية داخل الصالة الإنتاجية.

أنظمة الهوية هي مجموعة التجهيزات والمعدات التي تؤمن عملية التهوية وعلى انظمة التهوية أن تؤمن للعاملين هواءً نظيفاً، محتواه من الغازات الضارة والغبار والأبخرة أدنى من المستوى المسموح به أو بمعنى آخر يجب أن يبقى تركيز كل غاز أو مركبة ضارة في الهواء دون التركيز الجدي المسموح به لهذه المركبة حيث نرمز للتركيز الجدي لهذه المركبات y_{ac}.

والتركيز الحدي المسموح به لمادة ما هو ذلك التركيز الذي لا يتسبب عند تواجد الإنسان فيه لفترات محدودة أو طويلة بأضرار آنية أو مستقبلية عليه أو على العمليات الفيزيولوجية الطبيعية في جسمه أو على الأجيال اللاحقة يعطي الجدول (11-1) التركيز الجدي المسموح به لبعض الغازات والأبخرة الضارة.

الجدول (11-1) التركيز الحدي المسموح به لبعض الغازات والأبخرة الضارة.

درجة التركيز الحدية	اسم المادة	
5	كحول بوثيلي	200
20	تربنتين	300
5	ثلاثي كلور الإتيان	غير مسموح على الإطلاق
0.3	ثلاثي كلور الميتان	10

100	ثلاثي كلور الإيثلين	5
500	غبار التبغ	3
200	الفينول	5
300	كلوريد الزئبق	0.1
100	الزئبق (معدن)	0.01
1	أكسيد الكلسيوم	0.1
20000	المنغنيز ومركباته	0.3
20	كحوليات غير مشبعة	2
1	المركبات البتر كلورية للبترول	1
300	غبار النسيج	2
200	الأوزون	0.1
2	غبار غير سام	10
1000	كبريت الهيدروجين	10
50	كبريت الكربون	10
200	حمض الفلور وأملاحه	1
2	أرم الدهيد	5
0.1	فوسفور هيدروجين	0.3
50	فوسفور أصفر	0.03
50	أكسيد الزنك	5

0.1	سلفات الرصاص	0.5
10	الرصاص ومركباته غير العضوية	0.1

11-2- أنواع الانبعاثات الإنتاجية الضارة ومواصفاتها

في العمليات الإنتاجية تنبعث في الهواء في مكان العمل غازات وأبخرة ضارة بصحة الإنسان.

بعض العمليات الإنتاجية تترافق بانبعاث كميات كبيرة من الحرارة والرطوبة والغبار مما يؤدي إلى ارتفاع الحرارة والرطوبة والتلوث في مكان العمل ويتغير التركيب الكيميائي والحالة الفيزيائية للهواء ويتسبب بإفساد جو العمل ما ينعكس سلباً على إنتاجية العمال وجودة المنتج.

11-2-1- الغازات والسوائل السامة:

إن أكثر الانبعاثات السامة في منشآت الصناعات النسيجية تحصل في أقسام المعالجة الكيميائية والصباغ وإنتاج الألياف والخيوط وأهم الانبعاثات الغازية في هذه المنشآت هي:

1- أول أكسيد الكربون CO:

غاز عديم اللون، عديم الرائحة، تبلغ كثافته بالنسبة للهواء $0.967\ kg/m^3$ ينتج عن الاحتراق غير الكامل.

2- الكلور CL:

غاز ذو لون أصفر مخضر، ذو رائحة حادة وكثافة نسبية $2.5\ kg/m^3$ ينبعث في أقسام تبييض الخيوط وتحضير محاليل التبييض.

3- ثاني أوكسيد الكبريت SO2:

غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة جداً ينبعث في عملية الصباغ وتبلغ كثافته النسبية $2.26\ kg/m^3$

4- كبريت الهيدروجين H2S :

غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة جداً ينبعث في عمليات إنتاج الألياف الصناعية وبعض عمليات الصباغ، كثافته النسبية $1.2\ kg/m^3$

5- كبريت الفحم CS2:

مسال، عالي اللزوجة، سريع الاشتعال، درجة حرارة غليانه $t_b = 45C$ ، تبلغ الكثافة النسبية لأبخرة كبريت الفحم $2.6\ kg/m^3$ ، ينبعث في عملية تصنيع الألياف الصناعية، حيث يستعمل الكبريت والفوسفور ومواد اخرى، كمذيبات للشحوم. يدخل كبريت الفحم إلى الجسم عن طريق التنفس بشكل رئيسي ويسبب تخريش أغشية الجهاز التنفسي والعيون ولكنه ينفذ أيضاً عن طريق الجلد.

6- أكاسيد الآزوت NO,NO2 :

تنتج عند استخدام حمض الآزوت أو أملاحه في العمليات الإنتاجية. يتأكسد أكسيد الآزوت بسرعة بوجود ثاني أكسيد الآزوت ذو اللون البني والرائحة الحادة، تبلغ كثافة ثاني أوكسيد الآزوت النسبية $1.3\ kg/m^3$

تسبب اكاسيد الآزوت التهاب المجاري التنفسية وعند التعرض الشديد أو الطويل قد تسبب في انحلال الدم وتخريب الجملة العصبية المركزية. لهذه الغازات تأثير شديد على الأسنان أيضاً.

7- الأثيلين C2H5NH2 :

سائل عديم اللون يشبه الزيت درجة غليان $t_b= 183\ C$ لكنه يتبخر عند درجات حرارة منخفضة تبلغ الكثافة النسبية لأبخرة التيلين حوالي 3.2 مرة. ينبعث بكثرة في أقسام وحجرات التجفيف والتغليف والختم والتثبيت، يدخل إلى الجسم عن طريق التنفس والجلد ويسبب أضرار شديدة في جهاز الدوران والجملة العصبية المركزية.

8- سيانيد الهيدروجين HCN:

أبخرة كثافتها $0.8\ kg/m^3$ ينبعث بمصاحبته أبخرة التيلين في عمليات الصباغ بالأثيلين الأسود: شديد السمية يتسبب بتخريب الحويصلات الرئوية والاختناق.

9- الغبار:

يتألف الغبار من جزيئات دقيقة لأجسام صلبة أو سائلة تعلق في الهواء. ينتج الغبار في صناعة الغزل والنسيج في معظم العمليات الإنتاجية ولا سيما أقسام الفتح والندف والغزل والنسيج. يتسبب الغبار بأضرار كبيرة للجهاز التنفسي للإنسان كما يتسبب بأضرار بالغة للعملية الإنتاجية كما يتسبب عدد تراكمه بحدوث حرائق.

11-2-2- الانبعاثات الحرارية والرطوبة:

تحصل الانبعاثات الحرارية في معظم العمليات الإنتاجية في صناعة الغزل والنسيج كنتيجة لاحتكاك عناصر الآلات وتتحول كامل الاستطاعة الكهربائية للآلات إلى طاقة حرارية ويضاف إلى هذه الطاقة الحرارية داخل المنشأة الطاقة الحرارية المنسوبة من الخارج في فصل الصيف مما قد يرفع درجة الحرارة بشكل كبير.

فتسوء شروط العمل وتنخفض الإنتاجية بالإضافة إلى انعكاس ذلك على المنتج وعند ترافق الانبعاث الحراري بانبعاث كميات كبيرة من الرطوبة تكون النتيجة أسوأ.

إن الإبقاء على إنتاجية العامل والحفاظ على صحته والحصول على منتج ذو مواصفات مقبولة بطلب الحفاظ على شروط داخلية في مكان العمل مناسبة للإنسان والآلات والمنتج وهذا بتطلب مجموعة من الإجراءات تشمل تنقية الهواء وتأمين الهواء الجديد والحفاظ على درجة حرارة ورطوبة مناسبتين وتأمين حركة هواء مناسبة داخل المنشأة.

11-3- طرائق التهوية:

التهوية نوعان (طبيعية وقسرية)

وتتم التهوية تحت تأثير حركة الهواء الخارجي والانبعاثات الحرارية داخل الصالات الإنتاجية عند ترك فتحات تهوية مناسبة لصالة العمل.

من إيجابيات التهوية الطبيعية:

1. التكلفة التأسيسية المنخفضة.
2. كلفة الاستثمار المنخفضة لا سيما حيث استهلاك الطاقة.

من سلبيات التهوية الطبيعية:

1. تأثرها بالشروط الجوية الخارجية من درجة حرارة وحركة رياح وبالتالي عجزها عن تأمين شروط داخلية ثابتة أو مناسبة.
2. عدم القدرة على تأمين سحب الهواء من مكان محدد أو إيصاله إلى مكان محدد.
3. عدم إمكانية معالجة الهواء الداخل إلى المنشأة.

مما سبق ينتج أن التهوية الطبيعية غير قادرة على تأمين شروط داخلية وهي الغاية من التهوية ولذلك فإن اللجوء إلى التهوية القسرية لا بد منه، والتهوية القسرية تعني سحب ودفع الهواء بواسطة مراوح مناسبة.

وتتميز التهوية القسرية بالإيجابيات التالية:

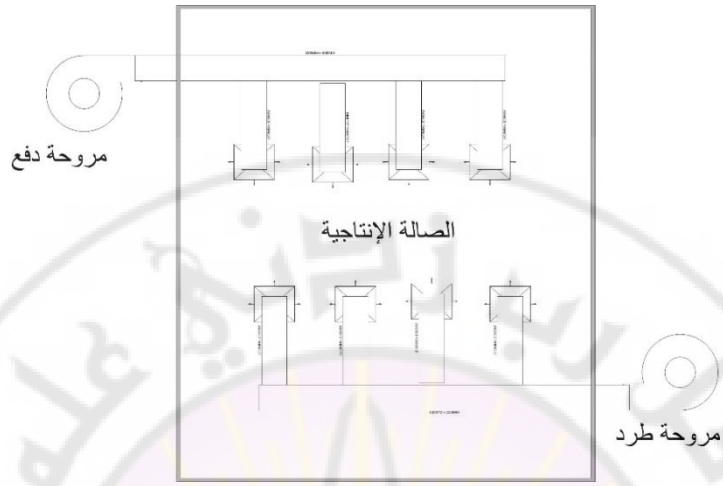
1. إمكانية سحب ودفع الهواء من وإلى الأماكن الأكثر مناسبة في الصالة الإنتاجية.
2. إمكانية معالجة الهواء الجديد والمعاد بهدف الحفاظ على شروط داخلية سياسية.
3. إمكانية الحفاظ على الشروط الداخلية الثابتة.

ولكن للتهوية القسرية سلبيات:

1. كلفة تأسيسية واستثمارية عالية نسبياً.
2. الحاجة إلى فراغات أو حجرات مستقلة لتوضع التجهيزات.
3. نشوء مصادر ضجيج إضافية في مكان العمل.

يمثل الشكل (11-1) مخططاً رمزياً لنظام تهوية قسري مؤلف من شبكتين الأولى لدفع الهواء الجديد وتوزيعه داخل الصالة الإنتاجية والثانية لسحب الهواء من أماكن محددة ومناسبة داخل الصالة ومن ثم طرده.

تسمى الأولى شبكة التغذية والثانية شبكة السحب.



الشكل (11–1) مخطط رمزي لنظام تهوية قسري

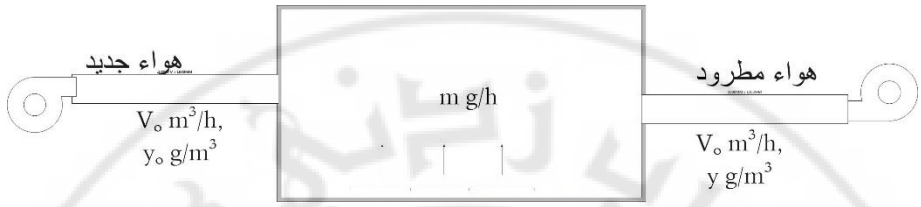
ويبين الشكل (11–2) إمكانية معالجة الهواء في نظام التهوية القسري حيث يمكن تقسيم الهواء المسحوب إلى قسم يتم طرده ويسمى هواء مطرود وقسم يعاد تدويره ويسمى هواء معاد.

ويمكن مزج الهواء المعاد مع الهواء الجديد بعد تصفية كل منهما وبالنسبة اللازمة ثم معالجة المزيج أو تبريداً ودفعه لتغذية الصالة بهواء ذو مواصفات مناسبة.

الشكل (11–2) مخططا رمزي لنظام تهوية قسري مع إمكانية معالجة الهواء

11-4- تحديد كمية الهواء الجديد

11-4-1- المعادلة التفاضلية لتركيز الانبعاثات الضارة:



الشكل (11-3) توزع الملوثات في صالة الإنتاج

إن تركيز ملوثة ما يعد فكرة محددة من العمل يتم تعيينه كما يلي:

- نسب حجم الصالة $V_R.m^3$.
- تدفق الهواء الجديد نعتبره m_o m^3/h
- تركيز الملونة في الهواء الجديد y_o g/m^3
- معدل انبعاث الملونة في الصالة m g/h

مقدار الملوثات المجتمعة في الصالة خلال فترة زمنية dt نحسبها من:

$$V_o.y_o.dt+mdt$$

حيث يمثل الحد الأول الملوثات الداخلة مع الهواء الجديد والحد الثاني انبعاث الملوثات في الصالة. في نفس الوقت يتم طرد هواء من الصالة يحمل $V_o.ydt$ من الملوثات في هذه الحالة فإن تغير كمية ملوثة ما في الصالة يساوي جداء حجم الصالة وتغير تركيز الملوثة $V_R.\ dy$.

أو:

$$V_o.y_o.dt+mdt-V_o.ydt=V_o.dy \qquad (1)$$

$$(V_o.y_o+mdt-V_o.y)dt=V_o.dy$$

أو:

$$\frac{dt}{V_R} = \frac{dy}{V_o \times y_o + m + V_o \times y} = -\frac{d(-V_o \times y)}{V_o \times m + V_o \times y_o - V_o \times y}$$

(2) المعادلة التفصيلية لتركيز الانبعاثات $\frac{\mathrm{dt}}{\mathrm{v_R}} = \frac{1}{\mathrm{V_o}} \frac{\mathrm{d(m+V_o y_o - V_o y)}}{\mathrm{(m+V_o y_o - V_o y)}}$

تمثل هذه العلاقة المعادلة التفاضلية لتركيز الانبعاثات ويتم حلها كما يلي:

إذا اعتبر أن تركيز الملوثة في الصالة يتغير من y_1 إلى y_2 خلال فترة زمنية من اللحظة 0 إلى اللحظة t وأجرينا التكامل على العلاقة السابقة نجد:

$$\int_0^{\mathrm{t}} \frac{\mathrm{dt}}{\mathrm{v_R}} = \frac{1}{\mathrm{V_o}} \int_{y1}^{y2} \frac{\mathrm{d(m + V_o y_o - V_o y)}}{\mathrm{m + V_o y_o - V_o y}}$$

أو:

$$\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{v_R}} = \frac{1}{\mathrm{V_o}} \ln(\mathrm{m + V_o y_o - V_o y}) \int_{y1}^{y2}$$

أو: (4)

$$\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{v_R}} = \frac{1}{\mathrm{V_o}} \ln \frac{\mathrm{m + V_o y_o - V_o y_2}}{\mathrm{m + V_o y_o - V_o y_1}}$$

$$\frac{\mathrm{t.v_o}}{\mathrm{v_R}} \ln \frac{\mathrm{m + V_o y_o - V_o y_1}}{\mathrm{m + V_o y_o - V_o y_2}} = \ln \frac{\mathrm{V_o y_1 - m - V_o y_o}}{\mathrm{V_o y_2 - m - V_o y_o}}$$

$$\frac{V_o\ y_1 - m - V_o\ y_o}{V_o\ y_2 - m - V_o\ y_o} = e^{\frac{V_o}{V_R}} \qquad (5)$$

نعتبر النسبة $n_2 = \frac{v_O}{v_R}$ وتمثل عدد مرات تبديل الهواء في الصالة وبمعالجة العلاقة (5) كما يلي:

$$V_o\ y_1 - m - V_o\ y_o = e^n (V_o\ y_2 - m - V_o\ y_o)$$

$$V_o\ y_2 e^n = V_o y_1 - m - V_o y_o + m e^n + e^n . v_o y_o$$

$$y_2 = y_1 e^{-n} + y_o + \frac{m}{V_o} - \frac{m e^{-n}}{V_o} - y_o e^{-n}$$

$$= y_1 e^{-n} + \frac{m + V_o y_o}{v_o} - \left(\frac{m + V_o y_o}{v_o}\right) e^{-n}$$

نحصل على العلاقة التالية:

$$y_2 = y_1 e^{-n} + \frac{m+V_o}{V_o} \left(1 - e^{-n}\right) \qquad (6)$$

العلاقة (6) تعطي تركيز الملوثات كتابع زمني.

حالات خاصة:

1- الهواء الخارجي نقي من الملوثة $y_0=0$ ومعدل انبعاث الملوثة في الصالة $m=0$ عندها:

$$y_2 = y_1 e^{-n} \qquad (7)$$

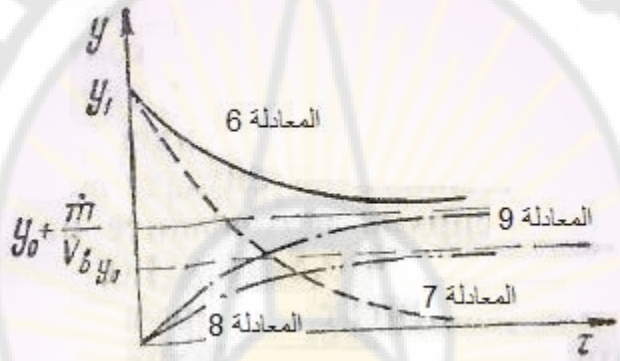
2-التركيز الأولي للملوثة في الصالة $y_1 = 0$ والانبعاث $m=0$ عندها:

$$y_2 = y_0 (1 - e^{-n}) \qquad (8)$$

3-التركيز الأولي للملوثة في الصالة $y_1=0$عندها:

$$y_2 = \frac{V_o y_o}{V_o}(1-e^{-n}) \qquad (9)$$

إن تركيز الملوثة في هواء مكان العمل يجب ان يكون أدنى أو مساو للتركيز الحدي المسموح به للملوثة. لذلك من الضروري تحديد كمية الهواء الجديد الذي يضمن y_2 عند الحد المذكور.



الشكل (11-4) تغير تركيز الملوثات وفق المعادلات 6-7-8-9

نلاحظ من الشكل (4) أنه في الحالة العامة وبعد فترة زمنية كافية يستقر تركيز الملوثة عند

$$y_2 = y_o + \frac{m}{V_o} \qquad (10)$$

أو:

$$V_o = \frac{m}{y_2 - y_o} m^3/h$$

وإذا كان الهواء الخارجي نقياً من الملوثة يكون:

$$V_o = \frac{m}{y_2} m^3/h$$

وبتعويض y_2 بالقيمة الحدية المسموح بها تحصل على معدل تدفق الهواء الجديد اللازم أو:

$$V_o = \geq \frac{m}{y_{AC}}$$

11-4-2- تحديد تدفق الهواء في التهوية العامة:

يتم حساب تدفق الهواء الجديد انطلاقاً من كمية الملوثات المنبعثة في مكان العمل. والتدفق اللازم للتغلب على تأثير إحدى الملوثات يحمل اسمها (مثلاً التدفق بأكاسيد الآزوت أو أول أكسيد الكربون أو غيره....) لتحديد التدفق بملوثة معينة تستخدم العلاقة (10) على الشكل:

$$V_o = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} [\frac{m^3}{h}] \quad (11)$$

حيث:

ψ: معامل يأخذ بالاعتبار طبيعة الملوثة وطبيعة انتشارها وقربها من فتحات السحب وقيمته من 0.8 إلى 1

χ: معامل يأخذ بالاعتبار عدم انتظام انبعاث الملوثة وطبيعة العملية الانتاجية وقيمته من 1.1 إلى 1.8

عند حساب تدفق الملوثة m لا يجوز احتساب تدفق الملوثة من مصادر ذات تهوية محلية ويحتسب فقط جزء الملوثة المتبقي تصميماً عند حساب التهوية المحلية.

عندما يكون هناك انبعاث لعدة ملوثات في آن معاً فإن تدفق الهواء اللازم يحسب على أساس الملوثة التي تحتاج إلى أكبر تدفق.

وعندما يكون للملوثات تأثير مشترك على جسم الإنسان كالكحول والإيتر والأستون مثلاً أو كالفلور كربوهيدرات والكلور كربوهيدرات فإن التدفق اللازم يحسب على أساس

مجمـــوع التـــدفقات اللازمـــة للتغلـــب علـــى كـــل ملوثـــة علـــى حـــدة أو:

$$V_o = \sum V_o = \chi \times \psi \sum \frac{m}{y_{Ac} - y_o} [\frac{m^3}{h}]$$

في الأماكن التي تنبعث فيها طاقة حرارية ورطوبة على شكل بخار ماء معاً فإن تدفق الهواء اللازم للتغلب على هذه الانبعاثات تحسب من العلاقة:

$$V_a = \frac{3.6Q_S + M * i_{mR}}{p\,(i_R - i_S)}\ m^3/h$$

Q_5: الحمل التبريدي المحسوس في المكان ويتألف من حمل الإشعاع الشمسي والإثارة والانتقال عبر السطوح المحيطة والمحركات والأشخاص ويقاس بالواط w.

M: كتلة الرطوبة (بخار الماء) ينطلق في واحدة الزمن kg/h.

I_{mR}: انتالبي البخار أو الرذاذ المنطلق kj/kg.

i_R: انتالبي هواء الداخلي kj/kg.

i_s: انتالبي هواء التغذية kj/kg.

أما إذا كان الانبعاثات على شكل حمل تبريدي محسوس فقط دون رطوبة فتدفق الهواء يحسب من العلاقة:

$$V_a = \frac{3.6Q_S}{C_a P_a (t_R - t_S)}\ m^3/h$$

وفي حال كان الانبعاث على شكل رطوبة فقط أو حمل تبريدي كامن فقط يحسب التدفق من العلاقة:

$$V_a = \frac{m}{p\,(X_R - X_S)}$$

حيث X_S ,X_R محتوى الهواء الداخلي وهواء التغذية من بخار الماء kg/kg.

في كثير من الحالات لا يمكن حساب مقدار الانبعاثات الضارة في مكان العمل لأسباب تتعلق بطبيعة العملية الانتاجية أو طبيعة النشاط البشري داخل هذه الأماكن.

مثال على ذلك: اماكن التدخين ودورات المياه والمخابز وغيرها...

وفي المراجع توجد جداول تبين الحد الأدنى لعدد مرات تبديل الهواء لهذه الأماكن وهي أرقام مأخوذة من معطيات تجريبية وسطية. في هذه الحالة يكون التدفق اللازم:

$$V_a = n \quad V_R \qquad m^3/h$$

n- عدد مرات تبديل الهواء.

V_R- حجم الفراغ المهوى m^3.

عندما تسرب الهواء من الفراغات المجاورة إلى الفراغ المهوى غير مسموح تكون كمية الهواء المسحوبة أقل بحوالي % 10 من كمية هواء التغذية وذلك لضمان الحصول على ضغط إيجابي داخل المكان يؤدي إلى التسرب من الداخل إلى الخارج وليس العكس.

وفي الحالة المعاكسة عندما لا يسمح بتسرب هواء من المكان المهوى إلى الفراغات المجاورة يكون هواء التغذية أقل بحوالي 10% من الهواء المسحوب.

الفصل الثاني عشر

تنقية الهواء من الغبار

12-1- تنقية الهواء من الغبار:

12-1-1- الهواء الملوث:

يمثل الهواء الملوث جملة ثنائية الطور نسميها (الجملة الانتثارية) وتتألف من:

طور غازي: وهو عبارة عن كمية من الجزيئات الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والعائمة بشكل حر ونسمي هذا الطور (الطور المنثر). عندما تكون النسبة الحجمية للوسط الناثر في الجملة الانتثارية هي الأعلى نطلق على هذه الجملة اسم ابروزول (Aerosol) وعندما تكون النسبة الحجمية للطور المنتشر في الجملة الانتثارية ايروجل (Aerogel).

الطور الصلب هي درجة النتشار وهذه الدرجة تتعلق بالتركيب الانتشاري لهذا الطور ويحددها البعد الوسطي للجزئيات المؤلفة للطور الصلب فكلما كان القطر الوسطي لهذه الجزئيات (في الجزئيات العادية) أو الطول الوسطي لهذه الجزئيات (في الجزئيات الإبرية) صغيراً كلما كانت درجة الانتشار أعلى ويمكن تقسيم الجزئيات حسب درجة إنتشارها إلى ثلاث فئات:

شديدة الانتشار: بأبعاد d=0.001/0.1 pm

دقيقة الانتشار: بأبعاد d=0.11 pm

عادية الانتشار: بأبعاد d=1.100 pm

يدعى الغبار ذو الفئة الواحدة والغبار وحيد الانتشار وعندما يتألف من أكثر من فئة يدعى الانتشار.

12-1-2- غبار النسيج:

تميز جزئيات غبار النسيج ببعدين هندسيين: الطول والقطر ومن الثابت أن مجال تغير قطر هذه الجزئيات يعتبر ضيقاً جداً $5\mu m < d < 15\mu m$ ويضيق هذا المجال كثيراً عند الحديث عن عملية تكنولوجية محددة مما يسهل اعتبار d=const ولذلك فالبعد المحدد لنوع الجزئيات هو الطول L.

يتميز غبار النسيج بكثافته المنخفضة، فالجزئيات الصلبة المعدنية والملحية وغيرها ذات الأبعاد التي تتجاوز

$100\mu m$ لا تعتبر عائمة وغالباً ترسو وتتراكم بينما ألياف النسيج وحتى طول عدة مليمترات تبقى عائمة في الهواء لمدة طويلة.

إن البعد المميز لألياف النسيج أي الطول الكبير نسبياً يسهل عملية الفلترة لهذه الألياف.

غبار النسيج متعدد الانتشار متوسط طول جزئياته يقع في المجال $10 \div 60\mu m$ وينتمي إلى فئة عادية الانتشار. فلما توجد جزئيات ذات طول دون $3\mu m$ أما الجزئيات من طول 5 mm فتسمى ألياف ولا تنتمي من حيث التصنيف إلى الغبار.

الوسط الناثر في الصناعات النسيجية هو هواء ذو رطوبة نسبية عالية $R_{\varphi} = 65-85$ % مما يسهل عملية ترسيب الغبار على السطوح التي يلامسها ليشكل طبقة متماسكة مرنة شبه كتيمة لنفاذ الهواء بسماكة $1 \div 5$ mm وكتلة $0.4-1$ kg/m^3 ولها آثار ونتائج سلبية كبيرة على الآلات وعلى العملية الإنتاجية حيث تزداد سماكة الطبقة باستمرار وتتسبب بأضرار لأجهزة الحركة للآلات الإنتاجية وأنظمة التهوية والتكييف وغيرها.

تتألف كتلة غبار النسيج من حوالي 80 % مركبات عضوية و 10 % مركبات معدنية و 10 % رطوبة. ويبلغ التركيز الحدي المسموح به Y_{AC}= 2 mg/m^3

12-1-3- تصفية الغبار وكفاءة التصفية:

تتجه صناعة آلات الغزل والنسيج الحديثة إلى بناء آلات تطلق أقل كمية ممكنة من الغبار في مكان العمل وذلك من خلال عدة إجراءات منها:

- فصل الآلات في العمليات التي تطلق كميات كبيرة من الغبار، وإحاطتها بدارة تهوية محلية مغلقة.
- تزويد بعض الآلات التي يمكن تزويدها بفلاتر مع تدوير الهواء من الصالة عبر الآلة.
- استخدام آلات تعمل تحت ضغوط منخفض وربطها بنظام التهوية.
- اللجوء ما أمكن إلى التهوية المحلية.

ومع ذلك فالسائد في الصناعات النسيجية أن ينبعث الغبار من منابع عديدة في مكان العمل ولا بد من اللجوء إلى التهوية العامة لمكان العمل.

يعتبر السحب عبر أرضية مكان العمل الأفضل من حيث كفاءة السحب.

تدفق الهواء يحسب بالعلاقة (11).

يتم تقييم كفاءة التصفية بطريقتين:

الطريقة الأولى: من خلال التركيز الكلي للغبار المتبقي بعد التصفية $mg/m3$ وقيمة هذا التركيز تعتبر ذات أهمية كبيرة في تقديم مدى التلوث الذي يصب البيئة المجاورة كما أنها المعيار الوحيد لمعرفة صلاحية الهواء بعد التنقية لإعادة التدوير كلاً أو جزءاً.

الطريقة الثانية: من خلال نسبة الغبار المفلتر إلى الغبار قبل التصفية وتمثل هذه النسبة أيضاً مردود نظام التنقية أو الفلتر تسمى هذه النسبة في تقانة تنقية الهواء درجة الفاعلية او الكفاءة.

$$\eta = \frac{y_f}{y_R} 100 = (1 - \frac{y_{Af}}{y_R})100$$

η : معامل كفاءة التنقية.

Y_f : مقدار الغبار المنتزع من واحدة التدفق mg/m^3.

y_R: تركيز الغبار في الهواء المسحوب بغرض التنقية mg/m^3.

y_{AF}: تركيز الغبار في الهواء بعد التنقية mg/m^3.

بالإضافة إلى كفاءة التصفية هناك عدة مؤشرات تؤخذ بالاعتبار عند تقييم واختيار نظام التنقية واهم هذه المؤشرات:

- المقاومة الهيدروليكية: وتتعلق بمعامل المقاومة المحلية لجهاز التنقية بشكل رئيسي.
- استطاعة جهاز التنقية.
- الزمن بين عمليتي إعادة تنشيط.
- كفاءة واحدة السطح s. m^3/m^2
- المساحة والحجم اللازم للتركيب والاستثمار.
- استهلاك الطاقة.

12-1-تجهيزات تنقية الغبار في الصناعات النسيجية:

12-1-2- مقدمة

عند تصميم نظام تنقية الهواء في الصناعات النسيجية يجب الأخذ بالاعتبار ضرورة تنقية ليس فقط الهواء المسموحة والمعادة إلى مسألة العمل بل أيضا الهواء المطرود، كما أن الهواء الجديد المسحوب من الوسط المحيط بالمنشأة يجب أن يخضع لعملية فلترة قبل إدخاله.

قبل دخول الهواء مسحوب من صالات العمل إلى نظام التهوية يتعرض لعملية ترسيب طبيعية للغبار حيث يتراكم جزء منه في الصالة وتحدث تراكمات أكبر في المجاري

الهوائية وقد تتشكل كتل متماسكة تنمو بأطراف وتزود من عملية حبس الغبار في دائرة التهوية.

تقسم تجهيزات تنقية الهواء من الغبار إلى نوعين رئيسين:

الأول: يعمل تحت تأثير قوى العطالة والثقالة لجزئيات الغبار.

الثاني: الفلاتر والمصافي.

ونظرا لقلة عطالة غبار العزل والنسيج لا يلاقي النوع الأول تطبيقا مستقلا في أنظمة التهوية وقد يستخدم لعمليات التنقية الأولية فقط.

أما الفلاتر الجافة فتقسم حسب نوع حاجز فصل الغبار إلى شبكية نسيجية وليفية (طبقة من الألياف) في الصناعات النسيجية تستخدم الفلاتر الشبكية على نطاق واسع أما الفلاتر النسيجية والليفية فتلاقي تطبيقا أوسع في عمليات تكنولوجية كثيرة في صناعات متعددة.

12-2-2- فواصل الغبار بتأثير قوى العطالة والثقالة

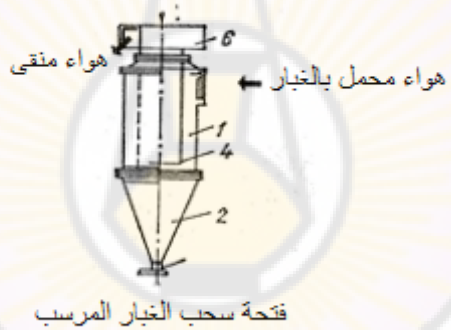
أولاً: حجرات الترسيب: تعتبر حجرات الترسيب الشكل (12-1) أبسط وسيلة لتنقية الهواء من الغبار. يدخل الهواء المحمل بالغبار (Aerusol) إلى الحجرة فتغير سرعته بشكل مفاجئ ونتيجة لقوى الجاذبية والعطالة الناتجة عن تغيير اتجاه حركة الهواء باستخدام حواجز توجيه تترسب كمية كبيرة من الجزئيات في قعر الحجرة وتتراكم كميات تتم ازالتها بشكل يدوي.

من سلبيات هذه الطريقة الحجم الكبير والكفاءة المنخفضة لذا تعتبر طريقة قديمة؟ أصبحت نادرة الاستخدام إلا في عمليات التنقية الأولية وعدد توفر مساحات وفراغات كافية.

الشكل (12–1) حجرات الترسيب

ثانياً: جهاز التنقية الإعصاري (Cyclon).

جهاز التنقية الاعصاري شكل (12–2) عباره عن جهاز تنقية غبار طارد مركزي ذو بنية بسيطة مموجة معا في قطعة واحدة.



الشكل (12–2) جهاز التنقية الإعصاري

ويتألف من اسطوانتين معدنيتين 1 و2 تثبت الثانية ذات القطر الصغير داخل الأولى كما في الشكل الأسطوانة الكبيرة تتصل من الأسفل بمخروط فولاذي 3 ينتهي بفتحة لتصريف الغبار المتراكم في المخروط وفي أعلى الأسطوانة فتحة لدخول الهواء بسرعة كافية وبشكل مماسي ليشكل اعصار حول الأسطوانة الصغيرة ونتيجة للقوى الطاردة المركزية وقوى الثقالة تترسب جزئيات الغبار في المخروط ويندفع الهواء المصفى عبر الأسطوانة 2 إلى دكت الهواء.

12-2-3- الفلاتر

أولاً: الفلاتر ذات الإطارات:

تتألف من إطار معدني يشد عليه شبكة معدنية أو بلاستيكية أو قطعة قماشية من نوع مناسب لتصفية الهواء، عند مرور الهواء عبر حاجز التصفية تتراكم عليه طبقة من الألياف الصغيرة تنمو باستمرار وتشكل حاجز فلترة إضافي ولكن تزداد مقاومة الفلتر الهيدروليكية باستمرار مما يتطلب تنظيف الفلتر بشكل دوري.

عند استخدام الشبكات المعدنية تكون الثقوب كبيرة نسبياً 1÷2.5 mm مما يجعل مردود الفلتر ضعيفاً نسبياً ويستخدم للتنقية الاولية الهواء.

الحمل النوعي لواحدة السطح من الهواء المتدفق تصل إلى $300m^3/m^2.h$ عند مقاومة هيدروليكية:

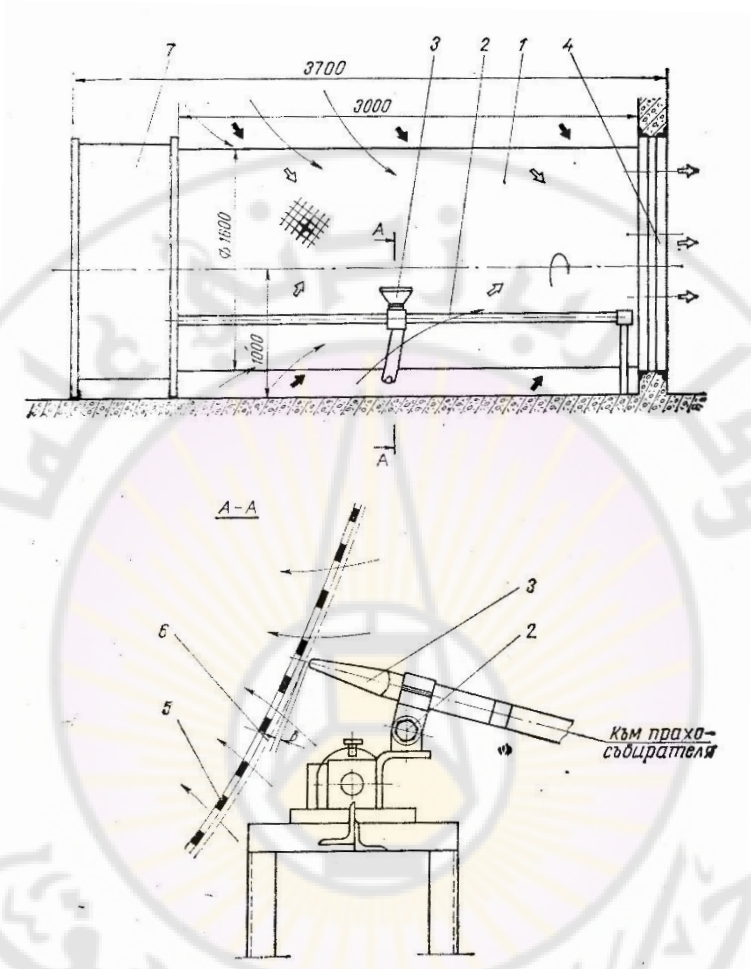
$$R= 40\div60\ Pa$$

وعند استخدام الحاجز القماشي يصل المردود إلى90% مع حمل نوعي عالي نسبياً يصل إلى $2000m^3/m^2.h$ ومقاومة هيدروليكية حتى 200 pa ويستخدم غالباً في وحدات معالجة الهواء المستقلة.

ثانياُ: الفلاتر الشبكية الأسطوانية ذاتية التنظيف:

أكثر أنوع الفلاتر استخداماً في أنظمة التهوية للمنشآت النسيجية ويتميز بمردود عال ومقاومة هيدروليكية منخفضة وسهولة صيانة واستثمار.

يبين الشكل (12-3) فلتر أسطواني بإنتاجية تصل إلى $80000m^3/h$ الأسطوانة 1 مصنعة من هيكل معدني تلف عليه صفيحة معدنية مثقبة بنسبة 80%.



الشكل (12–3) فلتر أسطواني ذاتي التنظيف

يشد على الصفيحة المعدنية 5 شبكة معدنية أو بلاستيكية 6 تمثل حاجز التصفية (الفلترة), ويستخدم عادة شبكة ناعمة دقيقة الثقوب.

تدور الأسطوانة حول محور أفقي بسرعة زاوية محددة WC بواسطة محرك وعلبة سرعة 7 وبواسطة المحور 2 ذو السن الحلزوني اللانهائي والموازي لمحور الأسطوانة يتم تحريك نفاثة الامتصاص 3 بسرعة VS تقوم نفاثة الامتصاص عند حركتها على طول الأسطوانة

بامتصاص الغبار المتراكم على الشبكة وتنظيفها، وتتصل النفاثة بأنبوب يتصل بمضخة تفريغ إلى مجمع الغبار.

بعد عبور الهواء لحاجز التصفية يصبح داخل الأسطوانة ويتحرك باتجاه المخرج 4 وهو عبارة عن فتحة في الجدار ملاصقة للأسطوانة الدوارة. فتكون حركة الهواء الداخل إلى الفلتر قطريه بينما حركة الهواء داخل الأسطوانة محورية.

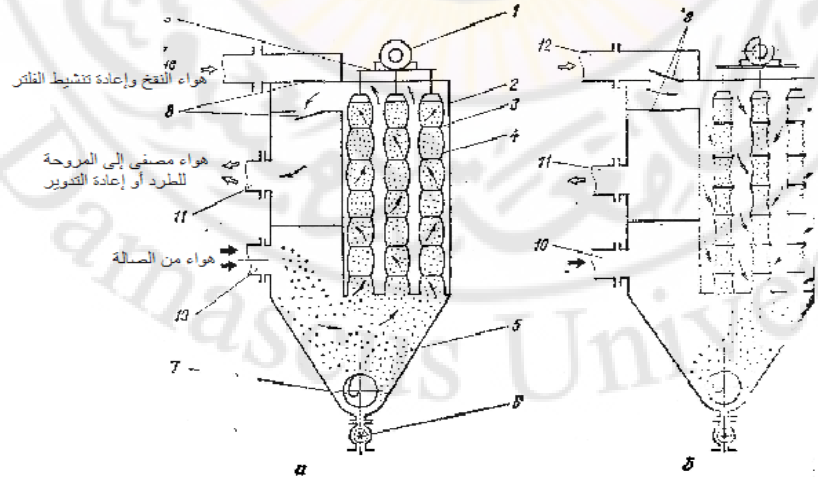
يصل إنتاجية هذه الفلاتر إلى 10000m3/h أما مردودها فقيمته الوسطية n=85% عند مقاومة هيدروليكية حوالي R=150Pa

تتميز هذه الفلاتر بحمل نوعي عال يبلغ حوالي 400m3/m2.h

يمنع انتشارها في مكان العمل من سلبيات هذا النظام إشعاله لمساحات من الأرض قابلة للاستثمار وصعوبة تنفيذ شبكة التغذية وعدم إمكانية الافادة من الصالة لعمليات إنتاجية اخرى في حال الحاجة لإعادة تنظيم وتخطيط الإنتاج في المنشأة.

ثالثاً: الفلاتر ذات الأكمام:

يبين الشكل (12-4) بنية متطورة للفلتر ذو الأكمام وآلية عمله، وهذا الفلتر مجهز بآلية للتفريغ والتنظيف.



الشكل (12-4) الفلتر ذو الأكمام

تصنع الفلاتر ذات الأكمام بعدد غير محدد من الأكمام المصنعة غالبا من القماش السميك المناسب للتصفية الفعالة للهواء. يتراوح قطر الكم بين 20cm و 35 cm أما ارتفاع الأكمام فيتراوح بين 2.5 m و 3.5m وتنظف الاكمام بالارتجاج الذي ينتج عن محرك يخصص لهذه الغاية. هذه الفلاتر بمردود عالي يصل إلى 99%، وبمقاومة هيدروليكية عالية تصل إلى 1000pa.

عيب هذه الفلاتر الحجم الكبير بالمقارنة مع حجم الهواء المفلتر في الشكل (12-4) الجسم 2 مصنع من صحيفة فولاذية مركبة على هيكل معدني (فولاذي) والأكمام 4 مصنعة من القماش المناسب كما ذكرنا ويتم ربط الأكمام بعدة حلقات 3 بهدف التقوية ومنع الانتفاخ واصطدام الأكمام ببعضها أثناء العمل. تتصل الأكمام من الأعلى بآلية اهتزاز 9 تتلقى حركتها من المحرك 1 البوابات 8 تغلق وتفتح بشكل معاكس، ففي حالة العمل النظامي (الحالة a) تغلق العلوية وتفتح السفلية وفي حالة التنظيف وإعادة تنشيط الفلتر (الحالة G) تفتح العلوية وتغلق السفلية. يدخل الهواء الملوث عبر الدكت 10 ويعد التصفية الأولية بفعل قوى الجاذبية في الخروط السفلي يدخل إلى الأكمام 4 وبعد التصفية يمر عبر البوابة السفلية 8 ويغادر الفلتر عبر الأنبوب 11.

تتم عملية التنظيف وإعادة تفعيل الفلتر بهز الاكمام بعنف بواسطة المضخة الارتجاجية 9 وفي نفس الوقت يتم دفع هواء لنفخ الاكمام باتجاه معاكس عبر الأنبوبة 12 ويتم تصريف الغبار المتجمع في المخروط بواسطة السكر 6.

رابعاً: الفلاتر الليفية:

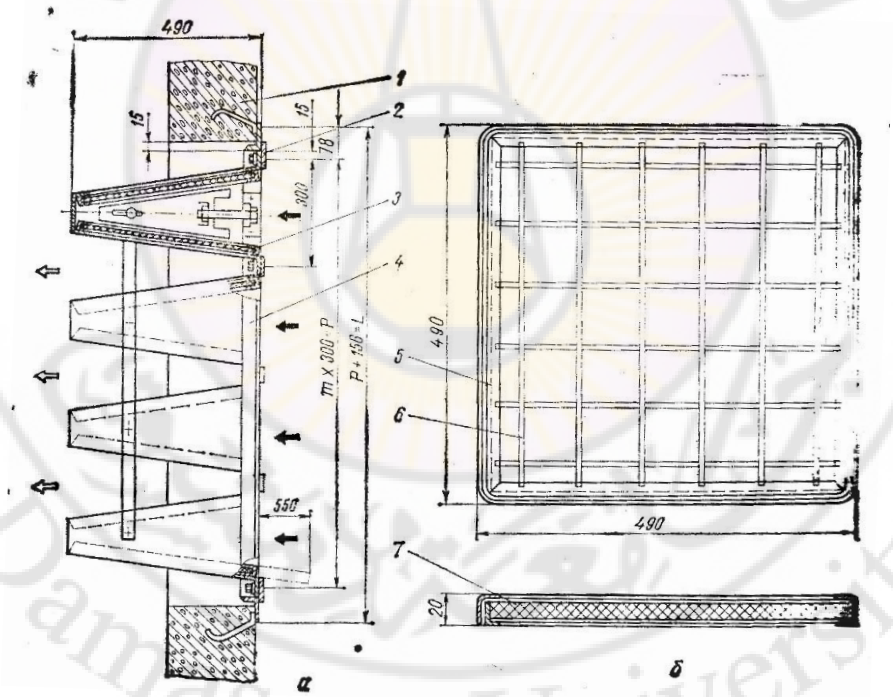
مادة الفلترة او طبقة الفلترة في هذه الفلاتر هي كتلة من الألياف المتوضعة بشكل عشوائي، إلا أنها مجمعة بشكل متماسك وغالباً ما تستخدم مواد لاصقة لتزيد من تماسك خيوط الكتلة ومن الألياف الشائعة الاستعمال البوليستر الذي يصنع على شكل طبقات ذات سماكة واحدة.

هناك تصميمين شائعين للفلاتر الليفية:

الفلاتر الصندوقية والفلاتر ذات الملفاف

الفلاتر الصندوقية: يبين الشكل (12–5أ) بنية هذه الفلاتر وطريقة عملها. ويتألف الفلتر من هيكل معدني 4 يتوضع في مجرى الهواء المراد تنقيته. تتوضع عليه بزاوية معينة الصناديق الفلترية 3 على شكل حرف v يثبت الهيكل المعدني بشكل محكم وكتم إلى مجرى الهواء كما تتوضع الصناديق بشكل مستقر ومحكم الاغلاق لمجرى الهواء من الجوانب بحيث يمر الهواء حتما عبر حشوة التصفية.

يتألف الصندوق الفلتري الشكل (12–5ب) من إطار 5 تشد عليه شبكة أسلاك معدنية من الجهتين 6 ويعباً الفراغ بين الشبكتين بطبقة الألياف اللازمة للفلترة.



الصندوق الفلتري الفلتر المركب

الشكل (12–5) الفلاتر الليفية الصندوقية

هذا النوع من الفلاتر لا يمكن إعادة تنشيطه بل يتم سحب الصناديق وتبديل حشوة التصفية عند الاتساخ الشديد، يعتبر استيعاب هذه الفلاتر من الغبار متغير نسبياً ولا يتجاوز $2000g/m^2$ لذلك تستعمل لتصفية هواء ذو تركيز منخفض للغبار, أما في الصناعات النسيجية فتستخدم لفلترة الهواء الجديد.

الحمل النوعي لهذه الفلاتر يبلغ حوالي $2500\ m^3/m^2.1$ أما المردود الوسطي فيبلغ 98% أو أكثر والمقاومة الهيدروليكية $R=40\ +200\ Pa$ حسب درجة اتساخ الفلتر.

يحدد العمر الزمني للفلتر بالعلاقة:

$$t = \frac{m_0 A_f . 100}{V_o y_o \zeta}$$

حيث:

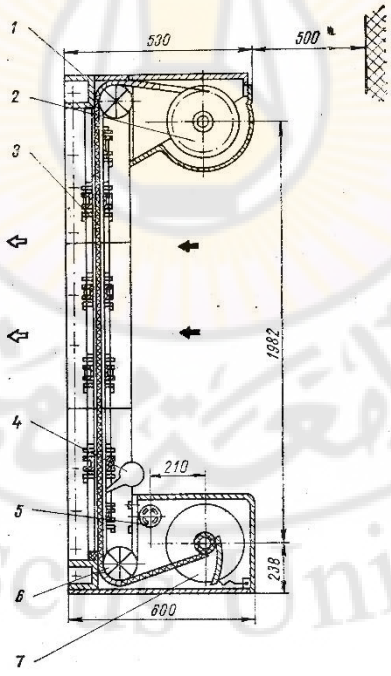
M_0: الاستيعاب النوعي للفلتر من الغبار	g/m2
A_f: مساحة سطح الفلتر	m2
V_o: تدفق الهواء عبر الفلتر	m3/l
y_o: تركيز الغبار في الهواء قبل الفلترة	g/m3
ζ : مردود الفلتر	%

العمر الوسطي التقريبي لهذه الفلاتر في الصناعات النسيجية حوالي 10.000 h

الفلاتر ذات الملفات: في هذه الفلاتر تستعمل كتلة من النسيج الألياف أو النسيج الليفي على شكل لفافة (رول) ملفوفة على اسطوانة تمثل ملفاف أول ومشدودة من الطرف الآخر على اسطوانة أخرى تمثل ملفاف ثاني وتدور بسرعة معينة لتقوم بلف طبقة الفلترة بعد الاستعمال وبشكل مستمر بحيث يبقى المردود والمقاومة الهيدروليكية ثابتين. عند تزويد الفلتر بآلية تنظيف ذاتي يمكن استعمال مادة الفلترة من 6-8 مرات قبل

تغييرها هذه الفلاتر تعتبر ذات مواصفات تنقية عالية ولكنها تعتبر مرتفعة الثمن نسبياً واستعمالها في الصناعات النسيجية غير واسع الانتشار يبين الشكل (12-6) بنية متطورة لفلتر ذو ملفاف وآلية تنظيف ذاتي. على الهيكل المعدني 1 يتم تثبيت الملفاف العلوي 2 والملفاف السفلي 7 يحمل الملفاف العلوي مادة الفلترة النظيفة. اما الملفاف السفلي فهو الملفاف المحرك. تتحرك مادة الفلترة 3 بشكل مستمر أو على شكل نبضات. يستمد الملفاف المحرك حركته من المحرك 5. وبواسطة الثقافة الماصة 4 يتم امتصاص طبقة الغبار السطحية التي تسحب وتوضع في جامع الغبار. تقيد البكرة 6 في شد طبقة الفلترة.

لهذه الفلاتر مردود عالي يصل إلى 98% ومقاومة هيدروليكية من 40 إلى 200pa عند حمل نوعي من الهواء يصل إلى $10.000\ m^3/l$.



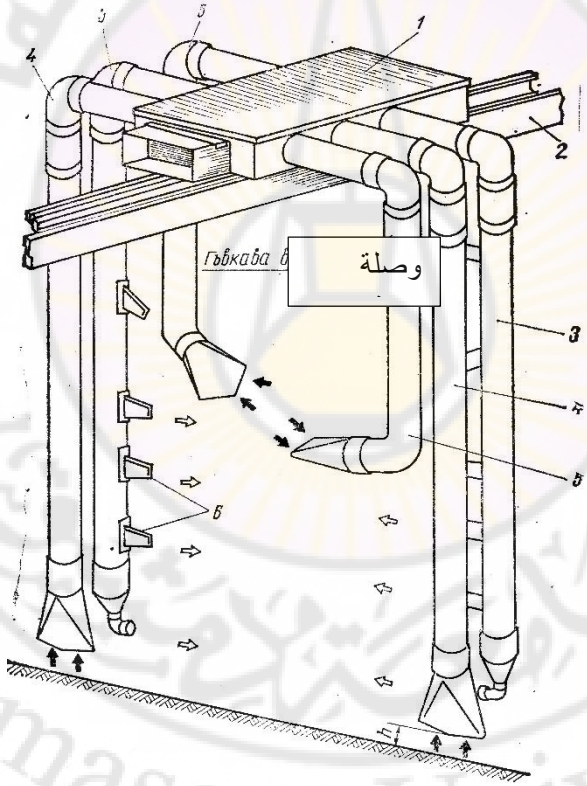
الشكل (12-6) فلتر ذو ملفات آلي التنظيف

12-2-4- أجهزة التصفية المحلية

أولا-الجهاز النافخ-الماص:

جهاز للتصفية المحلية للآلات المميزة بإطلاقها للغبار.

مصمم ليؤمن تدوير مكاني للهواء حيث يدفع الهواء من فتحات التهوية إلى أماكن وزوايا تواجد أو تجمع الغبار ويوجهه غلى فتحات السحب كما في الشكل (12-7):



الشكل (12-7) جهاز نافخ ماص

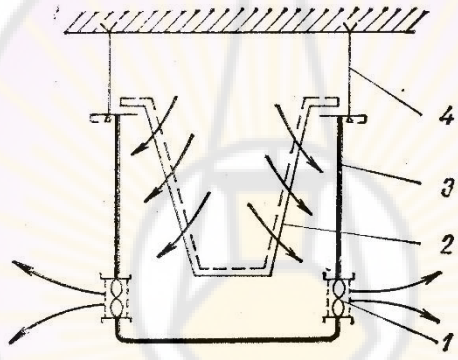
في رأس الجهاز 1 توجد مروحة يتدفق حوالي $1500\ m^3/l$ وفلتر قماشي.

يمتص الجهاز الهواء الملوث عبر الأكمام 4 و5 ويعد تنظيفه يتم دفعه بواسطة الاكمام 3 عير النفاثات 6.

بواسطة محرك كهربائي وآلية نقل حركة يتم تحريك الجهاز بشكل مستمر على السكك 2.

ثانياً: الفلتر المحلي:

مهمته تخفيض نسبة تركيز الغبار في الاماكن الأكثر تعرضاً لانبعاث الغبار. يمتص الهواء الملوث مباشرة من الصالة وبعيده مباشرة بعد التنقية، أنظر الشكل (12-8).



الشكل (12-8) الفلتر المحلي

يتألف من وعاء بلاستيكي خفيف 3, معلق إلى سقف الصالة بواسطة العلاقات 4 في الوعاء البلاستيكي تتوضع بشكل حر شبكة التصفية 2.

بواسطة مراوح 1 عدد 3 أو 4 والتي تتوضع بشكل متناظر بالنسبة للوعاء يتم سحب الهواء من الاعلى عبر الشبكة وبعد تصفيته يعاد إلى الصالة. يتم تنظيف الشبكة بشكل دوري. بواسطة هكذا فلتر يتم تخفيض نسبة الغبار في دائرة نصف قطرها حوالي10 m.

الرموز والمصطلحات

الرمز	الاسم بالعربية	الاسم بالإنكليزية	الواحدة
$\dot{m}$	Mass flow rate	معدل التدفق	kg/s
Q	heat flux	كمية الحرارة –حمل حراري	$[W]$
U	Overall heat transfer coefficient	معامل انتقال الحرارة الكلي	W/m^2K
t	temperature	درجة حرارة	$K, ℃$
R	resistance	مقاومة الحرارية	$m^2℃/W$
δ	thickness	سماكة الطبقة الحدية	m
α	Convection heat	معامل انتقال الحرارة بالحمل	W/m^2K
λ	Thermal	معامل انتقال الحرارة	W/mK
A	Area	مساحة المقطع	m^2
q	specific heat flux	كمية الحرارة النوعية	W/m
V	Heat area volume	حجم الفراغ المدفأ	m^3
C	specific heat	الحرارة النوعية	$J/kg.k$
n	Air change per hour	عدد مرات تبديل الهواء	$1/h$
ρ	density	الكثافة	kg/m^3
S	Chimney area	مقطع المدخنة	m^2

الرمز	الاسم بالعربية	الاسم بالإنكليزية	الواحدة
h	Length	الارتفاع	m
η	Efficiency	مردود المضخة	-
Cv	Low Caleforic Value	القيمة الحرارية للوقود	kJ/kg
v	Fuel tank	حجم خزان الوقود السنوي	m^3
Qb	Boiler Capacity	استطاعة المرجل	kW
ω	Specific humidity	الرطوبة النوعية	kJ/kg
RH	Relative humidity	الرطوبة النسبية	%
h	Enthalpy	الإنتالبي	kJ/kg
$\dot{V}$	Specific volume	معدل تدفق الهواء الحجمي	m^3/s
$\dot{v}_o$	Specific volume	الحجم النوعي للهواء	m^3/kg
RRL	Room ratio line	خط عمل الغرفة	-
BF	By bass factor	معامل التحويل	-

Damascus University

الرموز الدليلية

AIR	الهواء	a
WATER	الماء	w
SUPPLY	تغذية	s
Delta	فرق	Δ
saturate	الاشباع	Sat
Cooling coil	وشيعة التبريد	Cc
Heating coil	وشيعة التسخين	Hc
Out	الخارج	o
In	الداخل	i
sensible	محسوس	S
Latent , light	كامن	L

اللجنة العلمية:

د. سعيد الجراح

د. عيسى مراد

د. نصر ياسين

المدقق اللغوي

د. فخري بوش

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات