تعديل نظام الماء في مبرد الهواء وإجراء بعض الإختبارات عليه

إعـــــداد :
عـادل محمـد عبـدون
محمـود صديـق عبد الله

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة الدبلوم
في الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية
كلية الهندسة والتقنية
جامعة وادي النيل

أغسطس 2010م

الإهـــداء

إلى من علمونا أن ما عند الله خير مما يجمعون ...

إلى مثال الكفاح والصبر وكل أخلاقيات الإسلام

إلـــــى الوالديـــن

إلى كل شمعة تحترق لتضئ الطريق إلى الآخرين ...

إلى أساتذتنا الأجلاء بكلية الهندسة وخاصة ذاك الذي مافتئ يعطى بلا حدود ويوجه بلا قيود ... إلى نبراسنا ودليلنا وهادينا وقائد ركبنا الأستاذ الجليل أسامه المرضى ... نهدى إليه والى أولئك جميعا هذا العمل المتواضع ... آملين أن ينال رضاءهم واستحسانهم وان يرقى إلى مقامهم الرفيع وعلمهم العميق .

::: وباللـــــــــه التوفيـــــــــق :::

شكر وعرفان

قال تعالى ﴿ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ ﴾

صدق الله العظيم

الحمد لله والصلاة والسلام على اشرف خلق الله سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم وهو القائل من لم يشكر الناس لم يشكر الله ... والشكر أولا وأخيرا لله سبحانه وتعالى أن تكرم علينا بنعمتي الإيمان والمعرفة وإتمام المشروع .

نحن على أعتاب مرحلة جديدة من حياتنا ونهاية مرحلة البناء العلمي نقف وقفة احترام وتقدير إلى منارات العلم التي أضاءوا لنا الطريق ووهبونا المعرفة والثقة بالنفس

السادة أعضاء هيئة التدريس بكلية الهندسة والتقنية

الذين أعطوا فأجزلوا العطاء ونخص بالشكر

أ.م / أسامه المرضى

لك منا التقدير وخالص الشكر والعرفان

الشكر موصول أيضا إلى هيئة الأرصاد الجوى

الذين لم يبخلوا علينا بأي معلومة

ملخص البحث : (abstract)

لقد تم تعديل نظام الماء في مبرد الهواء وذلك لإجراء بعض الاختبارات علي المبرد وذلك للحصول علي جو مريح ومناسب لجسم الإنسان من حيث درجة الحرارة الرطبة والجافة والرطوبة النسبية .

إشتمل تعديل نظام الماء باستخدام مضخة واحده مفرده بقدرة55 واط وهى كالتي تستخدم عادة فى مبردات الهواء سعه 4000 وحده (قدم مكعب فى الدقيقة) وتم من بعد ذلك استخدام مضختين بنفس السعه موصلتين على التوازي وذلك لزيادة الرطوبة النسبية داخل الغرفة ولاعتبارات أخرى مثل معدل التبخر العالي خلال فصل الصيف ، أيضا تم استخدام ثلاث مضخات كل بنفس السعه السابقة .

تم إجراء مجموعه من التجارب على ترتيبه مضخة مفرده ومضختان موصلتان على التوازي وثلاث مضخات موصله على التوازي اشتملت على قياس درجات الحرارة الجافة والرطبة داخل وخارج الغرفة قبل وأثناء إجراء الاختبارات بالاضافه لقياس الفترة الزمنية التي توصل لدرجه الحرارة المناسبة للإنسان .

من خلال التجارب تم التوصل إلى أن مضخة مفرده تفي بمتطلبات الراحة لجسم الإنسان وانه ليس هنالك داع لاستخدام أكثر من مضخة وذلك نسبة للرطوبة النسبية العالية التي تم الحصول عليها فى حالة استخدام أكثر من مضخة.

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الاية	ii
	الإهـــــداء	iii
	الشكر والعرفان	iv
	ملخص المشروع	v
	فهرس المحتويات	vi
	الفصل الأول : نشأة تاريخية لمكيفات الهواء	
1-1	مقدمة	2
1-2	تعريف مكيف الهواء	3
1-3	راحة الانسان	8
1-4	اعتبارات فسيولوجية	9
1-5	شروط تصميم الهواء داخل الغرفة	10
1-6	شروط تصميم الهواء الداخلي للراحة	11
1-7	الهدف من الدراسة	11
	الفصل الثاني : نبذة عن مكيف الهواء العادي	
2-1	وصف أجزا الجهاز التقليدي	13
2-2	أجزاء مبرد الهواء التبخيري	19
2-3	أنواع مبردات الهواء	21
2-4	أحجام مبردات الهواء	22
	الفصل الثالث : تعديل نظام الماء في مبرد الهوا واجراء بعض الاختبارات عليه	
3-1	تعريف درجات الحرارة	24
3-2	أنواع الثيرموميترات المستخدمة لقياس درجات الحرارة	24
3-3	طرق توصيل المضخات	25
3-4	إجراء بعض الاختبارات على مبرد الهواء	26
	الفصل الرابع : المناقشة والخاتمة	
4-1	المناقشة	37
4-2	الخاتمة	38
	المراجع	39
	الملاحق	

الفصل الأول

نشأة تاريخية لمكيفات الهواء

الفصل الأول

نشأة تاريخيه لمكيفات الهواء

1-1 مقدمه :- (introduction)

منذ آلاف السنين يحاول الإنسان التغلب على ظروف البيئة الصعبة المحيطة به من حرارة ورطوبة وبروده فاستعمل الإنسان النار من عصور ماقبل التاريخ بغرض التدفئة وبمرور الوقت تعلم كيف يستعملها في الدفايات والمواقد والأفران والمراجل وبعد أن كان يستعملها فقط فئ الخلاء وفيما مضى قام الرومان والهنود الحمر الذين كانوا يقطنون الجزء الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية بإمرار الأدخنة الساخنة التي كانت تنبعث من أفرانهم تحت أرضية وبين جدران منازلهم للحصول على التدفئة لأجسامهم خلال فصل الشتاء وبعد ذلك عندما صنعت المراجل البخارية لتشغيل الآلات البخارية بدأ الإنسان يستعمل هذا البخار في عمليات التدفئة وذلك بتمريره داخل مواسير .

وفى أيام الصيف الحارة كان الهنود يقومون في أنحاء مختلفة من بلاد الهند بتعليق ستائر مبلله بالماء البارد على فتحات نوافذ أبواب جدران منازلهم خصوصا الموجودة منها في اتجاه الريح وذلك لتبريد الهواء الذي يدخل هذه الحجرات وفى عام 1850م جهز البرلمان الانجليزي بوسائل التهوية الميكانيكية وفى نفس الوقت قاموا بتركيب مواسير يمر بها البخار وبخاخات يتساقط منها الماء المثلج وذلك لتدفئة وتبريد الهواء الذي تقوم المراوح بدفعها .

وفى عام 1955م قامت شركة ايستمال كوداك الاميريكية باستخدام التبريد في تجفيف الهواء داخل مصانعها.

وفى عام 1915م قدم ويليس كاريير بحثين عن أجهزة تكييف الهواء والمعادلات السيكومتريه وكانت البداية الحقيقة في عام 1920م حيث تم استخدام التبريد في عمليات التكييف في المسارح وبعض المباني السكنية والمحلات التجارية ثم استخدامه بعد ذلك في النواحي الصناعية .

2-1 تعريف مكيف الهواء :-

يمكن أن نقول أن معالجة الهواء هو إيجاد الجو المناسب لراحة الإنسان لرفع إنتاجه أو الاستمتاع بوقت الراحة بعد عناء العمل أو لإقامته ومبيته في جو صحي مريح وذلك بالطرق الآليـة عـن طريق التحكم في درجات الحرارة ونسبة الرطوبة للهواء مع تنقيته من الشوائب والتلوث وتجديـد هواء المكان الذي يشغله الإنسان ويكون ذلك بتبريد الهواء أي خفض درجة حرارته أو بتـسخينه وكذلك نسبة الرطوبة في الهواء أي زيادة كمية بخار الماء في الهواء أو خفض نسبة الرطوبة أي تقليل كمية بخار الماء في الهواء وذلك في الحدود الصحية التي تريح الإنسان حـسب الدراسـات التي قام بها الأخصائيون في الصحة مع أخصائي تكييف الهواء .

وعلى هذا الأساس فدرجة الحرارة هي من أهم ما تم التعامل معه في تكييف الهواء وكذلك نـسبة الرطوبة.

أما التبريد فهو معالجة الهواء بتخفيض درجة حرارته بالطرق الآلية بحيث يكون مناسبا لدرجـة حرارة الإنسان

والتبريد يستخدم أيضا في معالجة المواد عموما (للمأكولات وغيرها مما يستعملها الإنسان في درجات حرارة منخفضة) لحفظها على حاله واحده مطلوبة .

عندما يتم تصميم نظام تكييف للهواء تصميما صحيحا وسليما فانه يوفر الكميه الملائمة من الهواء المعالج على درجة حرارة ورطوبة نسبيه مناسبتين.

الهواء الموزع يجب أن يكون نقياً وبالكمية المناسبة لتوفير التهوية وكذلك حاملاً ما يكفي من بخار الماء أو ممتصاً قدراً كافياً من الحرارة لتبريد المكان

1/ متطلبات التهوية الأساسية

اشرنا سابقا إلى أن الهواء خليط من عدة غازات فهو يحتوى عامة على21% من الأكسجين والجهاز البشرى يتطلب محتوى معين من الأكسجين في الهواء وذلك ل :

I. الحفاظ على الحياة

II. توفير مناخ مريح

أي كائن حي موجود ضمن غرفه محكمه الأقفال يستهلك تدريجيا الأوكسجين من الهواء ويزيد من كميات ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وشوائب أخرى وهذا قد يسبب الإغماء أو حتى الموت . وعلى المرء أن يتذكر دائما أن الحيز المعد لوجود الإنسان يجب أن يحتوى على هواء بكميه كافيه من الأوكسجين وهذا الهواء يجب أن يكون على درجة حرارة معتدلة لذلك من الاهمية الكبرى أن يضاف هواء نقى لهذا الحيز ليوفر الأوكسجين المطلوب .

في الماضي كان الهواء يدخل إلى الغرفة بواسطة التسرب من الخارج من خلال فتحات الأبواب والنوافذ ومن خلال الشروخ في البناء أما البناء الحديث فهو لا يسمح إلا بجزء قليل من تسرب الهواء مما يجعل توفير ما يلزم من الهواء النقي احدي وظائف منظومة تكييف الهواء . والهواء النقي يعالج ويخلط مع الهواء العائد من الغرفة قبل توزيعه مجددا إليها .

2/ كيف يشعر جسم الإنسان بالراحة :-

هنالك عدد من العوامل وهى :

أ/ تأثير الحرارة والبرودة :

نجد أن الإنسان يفقد كثير من السوائل والأملاح عن طريق العرق وذلك إذا قام الإنسان بعمل جهد جسماني وكانت درجة حرارة الجو مرتفعه وفى حالة عدم تعويض هذه السوائل فان ذلك يؤدى إلي شعور الإنسان بالتعب وتقلص عضلاته .

ويؤثر البرد على جسم الإنسان وخاصة الأعضاء التي تقوم بتوليد الطاقة الحرارية فتتأثر عملية الهضم وحركة الدم والكلى ويزداد ضغط دم الإنسان نتيجة لانقباض الأوعية الدموية وعندما تتعرض هذه الأعضاء إلى جو دافئ فجأة فإنها تكون ضعيفة وتتعرض للإصابة بالأمراض المعدية .

ب/ تأثير حركة الهواء :

تعمل حركة الهواء على زيادة نسبة تبخر العرق من على سطح جلد الإنسان وأيضا تعمل على زيادة سرعة انتقال الحرارة من الجسم عن طريق العمل وإزالة الهواء الساخن والقريب من الجسم وأيضا تزال الحرارة من الحوائط والأسقف والأسطح الأخرى التي تحيط بالجسم فتساعد على زيادة سرعة انتقال الحرارة بالإشعاع .

ج/ تأثير الرطوبة النسبية :

أن الرطوبة النسبية الموجودة في الهواء توثر على مقدار الحرارة التي يفقدها الجسم عن طريق تبخر العرق . فكلما كانت الرطوبة النسبية منخفضة يكون للجسم القدرة ليفقد مقدارا اكبر من الحرارة عن طريق التبخر أما إذا كانت الرطوبة النسبية مرتفعه يقل فقدان الحرارة .

لهذا أظهرت التجارب انه عند درجة حرارة80F ($26.7^{o}C$) تكون هنالك راحة مناسبة عندما تكون الرطوبة النسبية في حدود % 50.

د/ انتقال الحرارة من جسم الإنسان إلى الجو المحيط عن طريق الاتي :

1/ انتقال الحرارة بالإشعاع .

تنتقل الحرارة من جلد الإنسان والملابس التي يرتديها إلى الأشياء المحيطة والتي تكون درجة حرارتها اقل .

2/ انتقال الحرارة بالتبخر :

التبخر الذي ينشا من العرق الموجود على سطح الجلد والرئتين أثناء عملية الزفير ومن الملابس الرطبة التي يرتديها الإنسان .

3/ انتقال الحرارة بالحمل :-

ويتم ذلك من جلد الإنسان غير المغطي والملابس التي يرتديها إلى الهواء المحيط إذا كانت درجة حرارة الهواء المحيط أقل من درجة حرارة جلد الإنسان.

للهواء وزن محدود بالرغم من انه غير مرئي ففي ذاته يحتوى على كتله محدودة تحتاج إلى طاقه في سبيل تحريكها .

أن الهواء هو غاز يخضع بشكل متلازم لقانوني بويل وشارلس(charles and boil law)

أي أن حجم كيلو غرام الهواء يزداد مع تزايد درجة الحرارة ومع تناقص الضغط الرطوبة النسبية .

درجة الحرارة العادية لجسم الإنسان تبلغ حوالي^{o}C 37 وهى تعرف بدرجة حرارة السطح الخارجي أو الجلد والتي تتراوح بين ^{o}C(28-37) أن معرفة الطريقة التي يحافظ بها جسم الإنسان على اتزانه الحراري تساعد على إدراك عملية تكيف الهواء التي تعمل على راحة جسم الإنسان ، يولد جسم الإنسان بصفه دائمة حرارة نتيجة تحويل الطعام إلى طاقه نتيجة حركة الإنسان .

لراحة الإنسان يجب التخلص من الحرارة الزائدة عن جانبه وحيث أن جسم الإنسان ينتج عادة حرارة بمعدل اكبر من احتياجاته فان الجسم يتخلص منها بصفه دائمة بالحمل والإشعاع والتبخير في نفس الوقت وبمعدلات مختلفة .

ويتراوح مدى الراحة لجسم الإنسان بين ^{o}C (22-27) مع رطوبة نسبيه تتراوح بين% (40 – 50).

ج/ انتقال الحرارة بالحمل.

ويتم ذلك من جلد الإنسان غير المغطى والملابس التي يرتديها إلى الهواء المحيط إذا كانت درجة حرارة الهواء المحيط اقل من درجة حرارة جلد الإنسان.

هـ/ استخدام تكييف الهواء في نواحي متعددة منها :

أولا: تكييف الهواء للراحة (comfort air conditioning)

ويستخدم في الأماكن التالية :

أ/ المباني السكنية :

هنالك حاجة لتكييف الهواء في المنازل لخلق وسط مريح للمعيشة

ب/ المطاعم وأماكن التسلية :

يتم تكييف الهواء في المطاعم والسينمات والمسارح لتوفير ظروف مريحة خاليه من الغازات الحادة

ج/ المباني الكبيرة :

تركب أجهزة تكييف في المباني الحكومية والمؤسسات ألعامه والفنادق والمستشفيات لخلق ظروف تواجد مريحة .

د/ وسائل النقل :

يستخدم تكييف الهواء لعربات السكة الحديدية وسفن الركاب والسيارات والطائرات لتوفير جو صحي مريح .

هـ/ أماكن الإنتاج:

تجهز اغلب أماكن الإنتاج بأجهزة تكييف وبعد أن ثبت عمليا زيادة إنتاجية العمال بمعدلات تفوق الإنفاق على معدات التكييف .

ثانيا :- تكييف الهواء في الصناعة (industrial air conditioning)

يستخدم تكييف الهواء في الصناعة لتحقيق أغراض تكنولوجيه وراحة للعاملين في الأماكن التالية :

أ/ المعامل :

يتطلب تكييف الهواء في المعامل المحافظة على دقة أجهزة القياس ولاختبار أداء المحركات والثلاجات عند درجات حرارة مختلفة ولدراسة تأثير درجة الحرارة على الكائنات الحية وغيرها .

ب/ المطابع :

نحتاج لتكييف الهواء لتنظيم رطوبة الهواء وذلك لان عدم ثبات الرطوبة يؤدى إلى شد وانكمـــاش للورقة وعدم دقة طبع وتجفيف الطلاء .

ج/ صناعة النسيج :

يتطلب تكييف الهواء في مصانع الغزل والنسيج للحفاظ على الرطوبة النسبية للهواء وبالتالي مرونة وصلابة المنسوجات .

د/ إنتاج الصلب :

تجفيف الهواء قبل دخوله الأفران يحسن من نوعية الصلب ويقلل معدلات استهلاك الوقود.

هـــ/ الأدوات الدقيقة :

يؤدى تكييف الهواء عند إنتاج الأدوات الدقيقة إلى صنع عدد من المعادن المقاومة للصدأ أو تأثير المنتج بالمواد العالقة .

و/ الصيدليات :

يتطلب تكييف الهواء في الصيدليات للتخلص من المواد العالقة وذلك لحفظ الادوية في جو نقى جاف .

ز/ أدوات التصوير :

المواد الخام الداخلة في صناعة أدوات التصوير تحتاج إلى تكييف لتجنب تحليلها عند درجات الحرارة العالية والرطوبة النسبية المرتفعة .

1-3 راحة الإنسان (human comfort)

يحتاج جسم الإنسان في اليوم الواحد الي1.2 كيلو جرام من الماءو2.7 كيلو جرام من الطعام و16 كيلو جرام من الهواء .

يستطيع الإنسان أن يستغنى عن الطعام لبضعة أسابيع وعن الماء لبضعة أيام ولكن لا يستغنى عن الهواء لأكثر من عشر دقائق وهذا يوضح أهمية الهواء للإنسان . يحتمل أن يكون الهواء محمل بالاتربة والغبار والبكتريا أو المواد العالقة كما يحتمل أن يكون الهواء داخل الغرفة ساخن أو رطب أو حار مما ينتج عنه أضرار بالصحة ألعامه او ضيق في التنفس .

يحتاج جسم الإنسان إلى وسط صحي مريح ويتحقق بمعالجة الخواص الاتية

أ/ درجة حرارة الهواء :

يلزم تبريد الهواء قبل سريانه إلى الأماكن المراد تكييفها

ب/ رطوبة الهواء :

يجب ترطيب الهواء قبل سريانه إلى الأماكن المراد تكييفها

ج/ حركة الهواء :

يلزم توزيع الهواء بحيث لا يسبب إزعاج ويشعر به كل شاغلي المكان المكيف بنفس الإحساس .

د/ تنقية الهواء :

يجب استعمال مرشحات هواء للعمل على التخلص من الاتربة وقتل البكتريا قبل معالجة الهواء

هـ/ التهوية :

يتطلب استخدام هواء نقى خارجي بمعدل لايقل 1.5 لتر لكل شخص لتوفير الأوكسجين اللازم للتنفس ولتخفيض تركيز الغازات . خاصة ثاني أكسيد الكربون إلى النسبة المسموح بها صحيا .

و/ مستوى الصوت :

يجب امتصاص الصوت من الهواء قبل تغذيته مباشرة إلى الأماكن المراد تكييفها .

1-4 اعتبارات فسيولوجية : (physiological effects)

من وجهة النظر الهندسية أن الإنسان عباره عن محرك حرارة (heat engine)عند احتراق الغذاء داخل جسم الإنسان تتحول الطاقة الكيمائية للغذاء إلى شغل وحراره .

نتيجة سريان الدم تنتقل الحرارة إلى الجلد ومنه إلى الوسط المحيط بالإنسان يمكن تصنيف الحرارة التي يفقدها جسم الإنسان إلى حرارة كامنة وحرارة محسوسة تتوقف الحرارة الكامنة على رطوبة الهواء بينما تتوقف الحرارة المحسوسة على درجة حرارة الهواء .

5-1 شروط تصميم الهواء داخل الغرفة :

الاستخدام	الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة الجافة مع ترطيب (c)°	درجه الحرارة الجافة بدون ترطيب(c)°
منازل .. فنادق ..	35	23	24
مكاتب مدارس ..	30	24	24
مستشفيات			
محلات .. بنوك ..	35	22	23
سوبر ماركت	30	23	24
مطاعم	40	22	23
مطابخ	35	23	24
مصانع .. أماكن تجمع	30	22	23

1-6 شروط تصميم الهواء الداخلي للراحة

نوعية التواجد	درجة جافه (c°)	درجة رطبه (c°)	الرطوبة النسبية %
أ/ دائم			
1- الأمثل	24	17	5
2- الأقصى	27	18.0	45
ب/ مؤقت			
1- مناخ رطب	27	19.5	50
2- مناخ جاف	30	20	40

1-7 الهدف من الدراسة :

المكيفات الصحراوية هي الأكثر انتشار خصوصا في الأماكن الجافة والتي تكون فيها درجة الحرارة مرتفعه صيفا ، إلا أن هذه المكيفات تواجه عدة مشاكل إحدى هذه المشاكل هي صعوبة التحكم في درجة الحرارة وكذلك الرطوبة النسبية المريحتين لجسم الإنسان .

الهدف من دراسة المشروع هو تعديل نظام الماء في مبرد الهواء وإجراء بعض الاختبارات عليه للحصول على جو مريح لجسم الإنسان والتي تكون فيه درجة الحرارة بين ^{o}C (22 – 27) ورطوبة نسبيه بين (40-50) %

الفصل الثاني

نبذة عن مكيف الهواء العادي

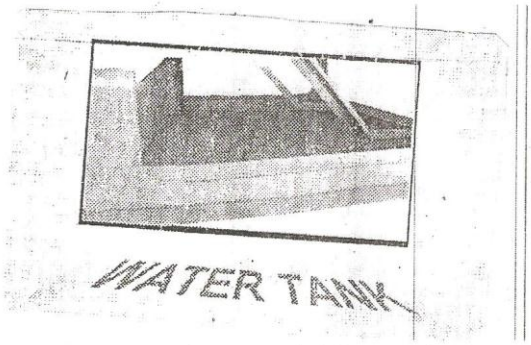
الفصل الثاني

نبذه عن مكيف الهواء العادي (المكيف الصحراوي)

2-1 وصف أجزاء الجهاز التقليدي . (Description of traditional device parts)

1/ حوض الماء : (water tank)

وهو عبارة عن خزان يحتوى على الماء اللازم لحين ضخه بواسطة مضخة مناسبة لمواسير التوزيع التي بدورها توزعه للقش الموجود في الثلاثة أبواب . الشكل رقم (2-1) أدناه يوضح حوض الماء لمكيف صحراوي.

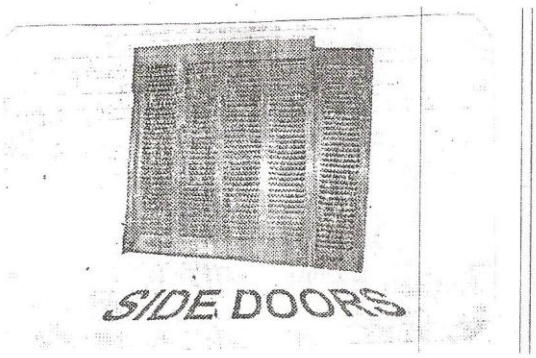


شكل رقم (2-1)-حوض الماء لمكيف صحراوي.

2/ الأبواب الجانبية : (side Doors)

عبارة عن أبواب بها فتحات ينساب خلالها الهواء الذي يتم تنقيته من الأتربة بواسطة القش الذي يعمل كمرشح وكذلك تتم فيها عملية التشبع الرطوبة حيث يتشبع فيها الهواء الداخل ببخار الماء وتتكون هذه الأبواب من وحدة خارجية عبارة عن لوحه من الصاج به فتحات جانبيه وحدة تثبيت المرشح وهى عبارة عن قوائم معدنية وبها فتحات جانبيه لتوزيع الماء على المرشح . والشكل رقم (2-2) أدناه

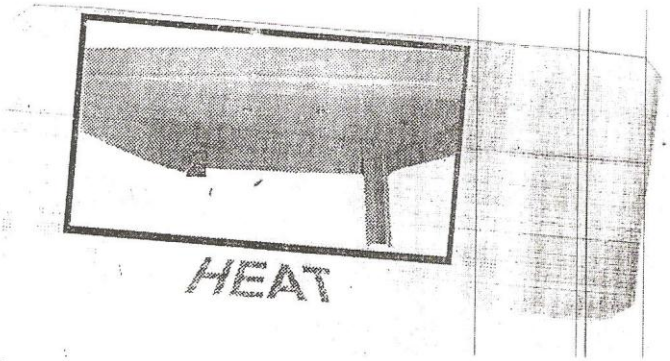
يوضح الأبواب الجانبية لمكيف صحراوي.



الشكل رقم(2-2)-الأبواب الجانبية لمكيف صحراوي

3/ الرأس : **(Head)**

وهو يماثل الحوض في شكله وهو يعمل على إحكام الجهاز من الجهة العلوية لمنع دخـــول الأتربـــة والغبار ومياه الأمطار إلى داخل الجهاز . الشكل رقم(3-2) أدناه يوضح رأس المكيف.



شكل رقم (3-2) -رأس المكيف.

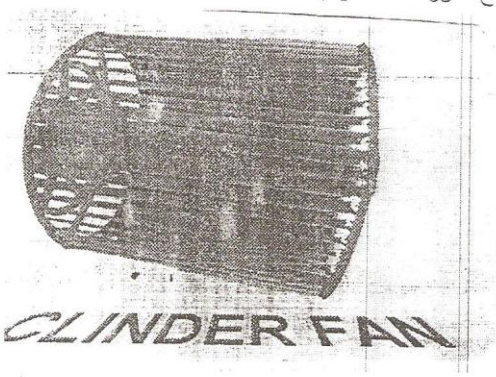
4/ وحدة تصريف الماء (water over flow Drain)

وهى عبارة عن صمام يستخدم لتدفق الماء عند انسداد صمام العوامة وأيضا يستخدم لتفريغ الحوض من الماء عندما يراد غسل الحوض وتجديد الماء .الشكل رقم (4-2)أدناه يوضح وحدة تصريف الماء.

شكل رقم(4-2) – وحده تصريف الماء .

5/المروحة الاسطوانية ذات الريش: (cylinder fan)

وهى عبارة عن مروحة سريان نصف قطري تعمل على سحب الهواء من خلال القش المرطب الموجود في الأبواب الثلاث وتدفعه عبر مسلك الهواء إلي داخل الغرفة المراد تبريدها .الشكل رقم (5-2) أدناه يوضح المروحة الاسطوانية.

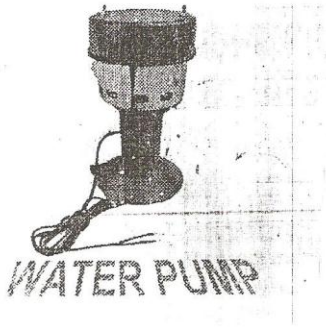


شكل رقم(5-2) – المروحة الاسطوانية ذات الريش.

6/ مضخة الماء : (water pump)

هي عبارة عن مضخة سريان نصف قطري تقوم بسحب الماء من حوض وتدفعه بالطرد المركزي إلى مواسير التوزيع ، هذه المضخة يقوم بتشغيلها موتور كهربائي موجود أعلاها عن طريق عمود دوران.

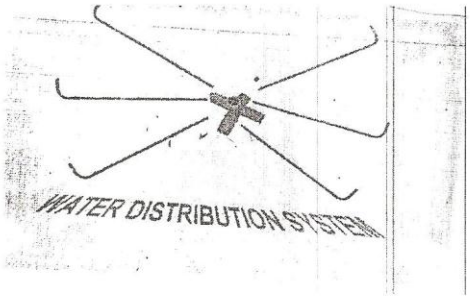
الشكل رقم (6-2) يوضح مضخة الماء.



شكل رقم (6-2)- مضخة الماء.

7/ نظام توزيع الماء : (water distribution system)

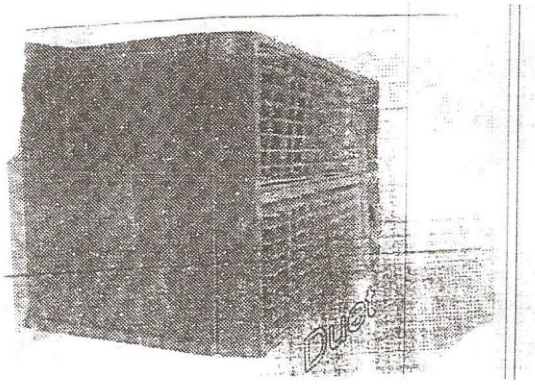
هنالك أنظمة متعددة تقوم بتوزيع الماء منها نظام مواسير يمر اعلي البوابات الثلاثة يصب الماء مباشرة من المضخة إلي القش ، أيضا هنالك نظاماً مثل الموصوف في الرسم أدناه يقوم باستقبال الماء عند منتصفه ثم يقوم بتوزيعه عن طريق مجموعة من المواسير إلى البوابات ، يتم تصنيع المواسير عادة من البلاستك وذلك لتفادي الصدأ والتآكل .الشكل رقم (7-2) أدناه يوضح نظام توزيع الماء.



شكل رقم (7-2) – نظام توزيع الماء.

8/ المسلك : (Duct)

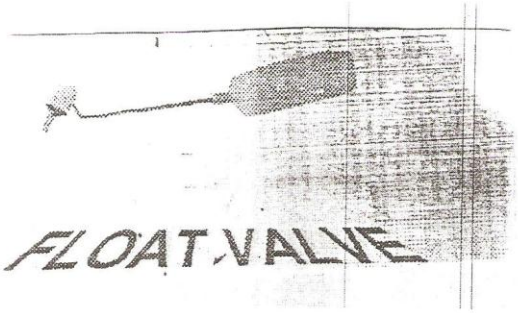
عبارة عن ممر من الصاج يقوم بتوصيل الهواء إلى المبنى في نهايته يتم تثبيت ريش توجيه . الشكل رقم (8-2) أدناه يوضح المسلك.



شكل رقم (8-2) –المسلك.

9/ صمام العوامة (float valve)

تعمل على تنظيم انسياب الماء داخل الحوض حسب متطلبات تشغيل مبرد الهواء وحسب درجه الحرارة والرطوبة الجوية.الشكل رقم (9-2) أدناه يوضح صمام العوامة.



شكل رقم (9-2)- صمام العوامة.

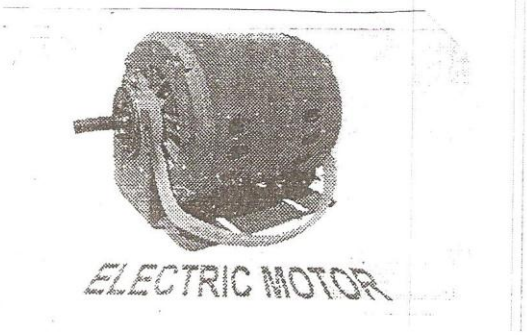
10/ صمام منسوب : (water level)

ويعمل على حفظ مستوى الماء عند حد معين بحيث لا يتعداه وذلك لحماية المضخة من البلل .

11/ الموتور الكهربائي : (Electric motor))

يستخدم لتوليد القدرة الميكانيكية اللازمة لإدارة المروحة الاسطوانية ذات السريان نصف القطري .

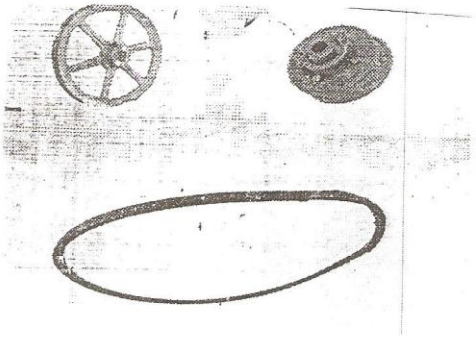
الشكل رقم (10-2) أدناه يوضح الموتور الكهربائي.



شكل رقم (10-2)- الموتور الكهربائي.

12/ مجموعة نقل القدرة : (power transmission system)

وتتكون من الطاره والطنبور والسير وتقوم بنقل القدرة من الموتور إلى المروحة الاسطوانية.الشكل رقم (11-2) أدناه يوضح مجموعة نقل القدرة .



شكل رقم (11-2)- مجموعة نقل القدرة .

13/ الغلاف الحلزوني : (spiral casing)

يثبت علية الموتور ومجموعه نقل القدرة وبداخله مروحة السحب الاسطوانية لسحب الهواء من جوانبه ودفعه خلاله المسلك ويأخذ شكل الحلزوني لزيادة ضغط الهواء عبر المسلك.الشكل رقم (12-2) أدناه يوضح الغلاف الحلزوني .

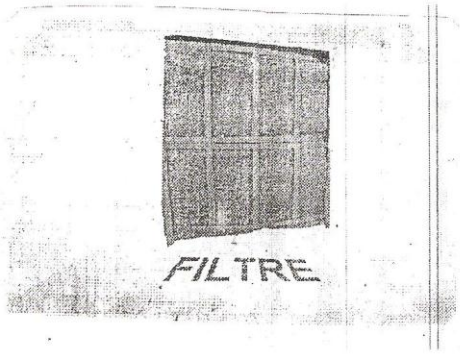
شكل رقم (12-2)- الغلاف الحلزوني .

2-2 : أجزاء مبرد الهواء التبخيري : (Evaporative cooler parts)

أ/ المرشح : (filter) :

يمثل المرشح في مبرد الهواء التبخيرى السطح المثبت ويثبت في إطار ينساب خلاله الماء ببطء إلى أسفل ويعمل الهواء بسرعة خلال المرشح فيؤدى ذلك إلى انخفاض الضغط الجزئي للماء وبذلك تقل درجة حرارة تبخير الماء حيث أن الماء عند الضغط الجوى القياسي يتبخر عند $100^{o}C$ ويتم امتصاص الحرارة الكامنة للتبخر من الهواء والماء ويقوم المرشح أيضا بتنقية الهواء من الأتربة والشوائب .

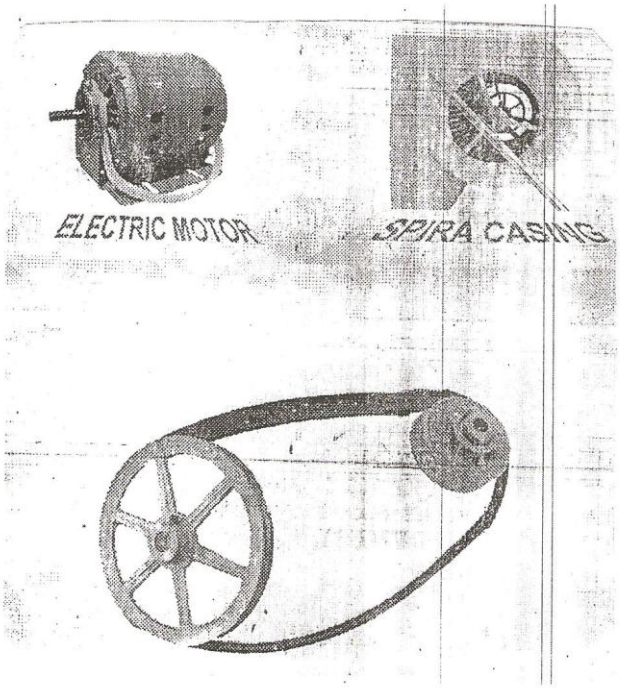
المرشح المستعمل في السودان يصنع من شرائح خشب الاسبن (Aspen wood) وهذا النوع من الأخشاب ينمو في كندا وشمال الولايات المتحدة وروسيا والسويد .الشكل رقم (13-2) أدناه يوضح المرشح .



شكل رقم (2-13)-المرشح .

ب/ وحدة تحريك الهواء : - (air move unit)

تتكون وحدة تحريك الهواء من المروحة وهى عبارة عن مروحة طارده مركزيه داخل غلاف حلزوني وموتور كهربائي لإدارتها ومجموعة نقل القدرة وتمثلها الطاره والطنبور والسير.وتقوم هذه الوحدة بسحب الهواء من خلال المرشّح ورفعه إلى المسلك وهذه الوحدة هي الأساس الذي بموجبه يتم تحديد الهواء المكيف بواسطة عدد الأقدام المكعبة من الهواء التي تقوم بدفعها خلال المسلك . الشكل رقم (2-14) أدناه يوضح وحدة تحريك الهواء .



شكل رقم (14-2)- وحدة تحريك الهواء .

2-3 أنواع مبردات الهواء : (types of Evaporative coalers)

هنالك نوعان من مبردات الهواء وهى :

1/ الثابتة .

2/ المحمولة (المتحركة) .

2-3-1 مبرد الهواء الثابت : (fixed cooler)

تعمل المروحة على سحب الهواء من خلال نشارة الاسبن المبللة بالمياه وتدفعه إلى المكان المراد تكييفه ومميزاته :

1/ قلة تكاليف التصنيع.

2/ سهولة التصنيع وقلة تكاليف التشغيل والصيانة.

3/ زيادة الكفاءة بنقصان درجة حرارة الجو.

4/ يوفر هواء نقى دون معالجة بالماء.

2-3-2 مبرد الهواء المحمول : (portable cooler)

هو شبيه بالثابت ولكن الاختلاف انه لا توجد مضخة لدفع المياه وبدلا منها تعمل الخاصية الازومزية على بل القماش والتي يكون جزئها السفلى مغمور في المياه ومن مميزاته :

1/ سهولة نقله من مكان إلى أخر.

2/ من ناحية جماليه يصلح وضعه كأحد مكونات الزينة.

لكن العيب الأساسي بالنسبة لنوعى المبرد المذكورين هو عدم إمكانية التحكم في رطوبة الهواء .

2-4 أحجام مبردات الهواء : (Evaporative cooler Sizes)

الأحجام المتوفرة للاستخدام المنزلي والمكتبي تتوفر بأحجام وسعات مختلفة حسب الشركات المنتجة لهذه المبردات ومن هذه السعات CFM (5000.4000.3000.2200) ، وللاستعمال الصناعي توفر مكيفات بأحجام CFM 5000 .

الفصل الثالث

تعديل نظام الماء في مبرد الهواء
واجراء بعض الاختبارات عليه

الفصـــــل الثالـــث

تعديل نظام الماء في مبرد الهواء وإجراء بعض الاختبارات عليه

3-1 تعريف درجات الحرارة :-

أ/ درجة الحرارة الجافة (Dry bulb temperature)

هي درجة الحرارة التي تقاس بالتيرموميتر العادي والتي لا يتأثر بكمية بخار الماء الموجود في الهواء

ب/ درجة الحرارة الرطبة : (wet bulb temperature)

هي درجة الحرارة التي تقاس بواسطة تيرموميتر انتفاخه الزئبقي محاط بماسورة قطن مشبعه بالمـــاء النقي ويحرك الهواء بسرعة حتى يعطى قراءه ثابتة .

ج/ درجة الندى : (dew point)

هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء بالتكثف.

د/ الرطوبة النسبية : (relative humidity)

هي النسبة بين كمية بخار الماء الموجود في الهواء إلى كمية بخار الماء اللازم لتشبع الهواء عند نفس درجة الحرارة .

ه/ درجة الحرارة الفعالة :

تعتبر هذه الدرجة هي المقياس الحقيقي لدرجة شعور الإنسان بالدفء أو البرودة وذلك تبعـــا لدرجـــة حرارة الجو ونسبه رطوبته وسرعة تحريك الهواء. ودرجة الحرارة الفعالة تقاس بأي مقياس لأنهـــا تتكون من خلاصة قراءات درجة الحرارة والرطوبة وسرعه الهواء.

3-2 أنواع التيرومترات المستخدمة لقياس درجات الحرارة :

أ/التيرمومترات الفهرنهايتيه:

اخترعت سنة 1714م وتستعمل بكثرة في الولايات المتحدة الاميريكية وبريطانيا. ونقطة غليان

الماء محدده على تدريج هذا الترمومتر بـــ 212 ف. يتم تقسيم تدريج هذا الثيرموتير بين درجـــة الحرارة الصفرية و 212 درجة فهرنهايت بعدد 180 قسماً متساوياً .

ب/ التيرموميتر المئوي :

يستخدم في جميع بلدان العالم اخترع سنة 1742 م نقطة غليان الماء 100درجة مئوية ، ونقطة التجمد صفر درجة مئوية وبين هاتين الدرجتين مقسم إلى 100 قسم متساوي.

الحرارة المحسوسة هي الحرارة التي نحس بها باليد بواسطة تيرموميتر عادى وأى تغيير في درجـــة الحرارة المحسوسة يغير قراءة التيرموميتر.

والحرارة الكامنة للمادة هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة الجزيئات التي تتركب منها هذه المـــادة بدون تغيير درجة الحرارة فان كان التغيير من حالة السيولة إلى حالة التجمد أو من حالة التجمد إلـــى حالة السيولة فان الحرارة المسببة لذلك تعرف بالحرارة الكامنة للانصهار.

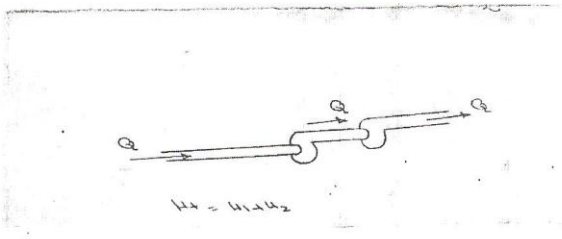
3-3 طرق توصيل المضخات :

توصيل المضخات بطريقتين هما :

أ/ التوصيل على التوالي :

في هذه الطريقة يتم توصيل مجموعة مضخات مع بعضها البعض وتكـــون كميـــة التـــصريف (Q) الخارجة من المضخة الأولي هي نفس الداخلة إلى المضخة الثانية وكذلك التي تليها.

الشكل رقم (3.1) أدناه يوضح مضختان موصلتان على التوالي

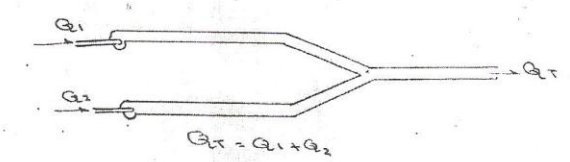


الشكل (3.1) – التوصيل على التوالي

يستخدم هذا النوع في توصيل المضخات إذا كان يراد ضخ أو رفع المائع لمسافات بعيدة أو لرفع ضغطه ، تكون كمية التصريف (Q) ثابتة ومساوية للتصريف لكل وحدة على حدة بينما يزاد الضغط الكلى ليصبح محصلة للضغوط الكلية الناتجة من كل الوحدات.

ب/ التوصيل على التوازي:

يتم توصيل المضخات بهذا النوع إذا كان يراد كمية اكبر للتصريف (Q) ، حيث تقوم كل مضخة بسحب كمية (Q) ليكون التصريف الكلى الخارج مساوي لمجموع تصريف المضخات التي تم تركيبها ولكن الضغط الكلى يظل ثابتا ومساويا للضغط عند كل وحدة ، وهذا هو النوع الذي تم فيه التجارب على مبرد الهواء والتي سيتم شرحها لاحقا. الشكل (2-3) أدناه يوضح مضختان موصلتين على التوازي.



الشكل (2-3) – التوصيل على التوازي

4 –3 إجراء بعض الاختبارات علي مبرد الهواء :

1. **الاختبار الأول** :

قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية خارج الغرفة وداخل الغرفة باستخدام مضخة واحدة .

* سعة المضخة التي أجريت بها الاختبار هي (55 واط) .

* سعة المبرد المستخدم في التجربة بالمواصفات الآتية :-

(i) مبرد سعة (4000) وحدة تبريد (4000 قدم مكعب في الدقيقة).

(ii) قدرة الموتور 1/2 hp (نصف حصان).

(iii) زمن إجراء التجربة الساعة الثانية عشر ظهراً إلى الساعة الثالثة والنصف بعد الظهر.

الجداول (1-3) و(2-3) أدناه توضح درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل .

بعد تشغيل مبرد الهواء ثم أخذت قراءات درجة الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية في الفتـــرة من الساعة الثانية عشر والربع ظهرا وحتى الساعة الثالثة والنصف بعد الظهر التي يتم توضيحها في الجداول (3-3) أدناه .

درجات الحرارة الجافة والرطبة داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل :-

جدول(3-1) درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية خارج الغرفة

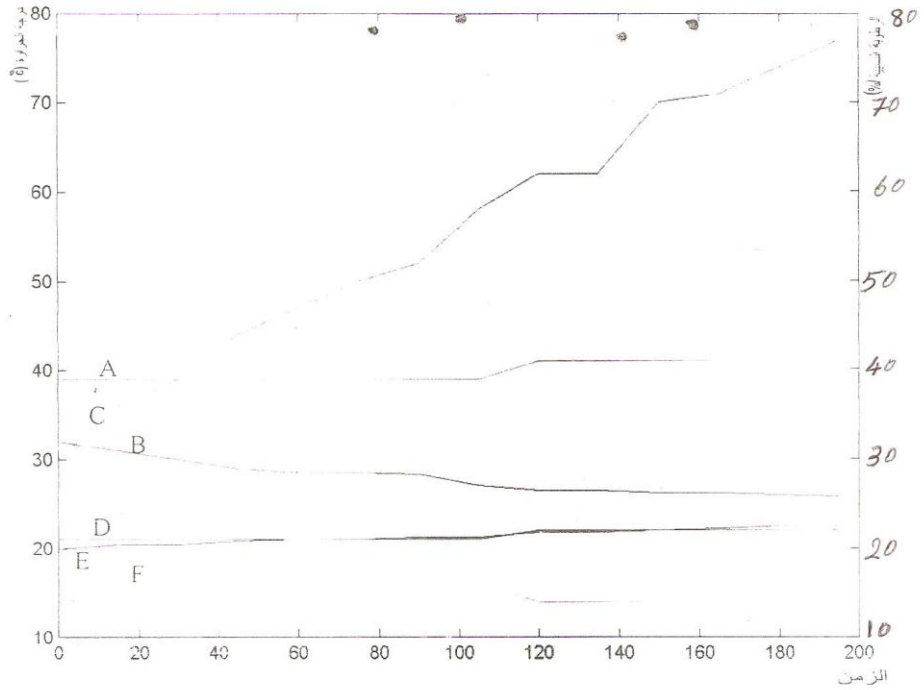
الزمن	12:00	2:00
درجة الحرارة الجافة (c°)	39	41
درجة الحرارة الرطبة (c°)	21	22
الرطوبة النسبية	%21	%14

جدول (2-3)-درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل الغرفة

الزمن	12:00
درجة الحرارة الجافة	33
درجة الحرارة الرطبة	19
الرطوبة النسبية	%23

جدول (3-3)- درجات الحرارة الجافة والرطبة داخل الغرفه بعد تشغيل المبرد:-

الزمن	12:15	12:30	12:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30
درجة الحرارة الجافة (c)	32	31	30	29	22.5	28.5	28.3	27	26.5	26.5	26.2	26.2	26	25.8
درجة الحرارة الرطبة	20	20.5	20.5	20.8	21	21	21.2	21.2	21.8	21.8	22	22.2	22.5	22.5
الرطوبة النسبية (%)	30	36	39	44	47	50	52	58	62	62	70	71	74	77



مخطط (1-3) – تباين درجة الحرارة الحافة والرطبة والرطوبة النسبية مع الزمن بالنسبة لمضخة واحدة

تفسير الرموز :-

A = درجة الحرارة الجافة خارج الغرفة .

B = درجة الحرارة الجافة داخل الغرفة .

C = الرطوبة النسبية داخل الغرفة .

D = درجة الحرارة الرطبة خارج الغرفة .

E = درجة الحرارة الرطبة داخل الغرفة .

F = الرطوبة النسبية خارج الغرفة .

2/الاختبار الثاني :

قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل الغرفة و خارج الغرفة باستخدام مضختين موصلتين على التوازي :-

نتائج التجربة :-

والجدول(4-3) والجدول (5-3) أدناه يوضحان درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل :-

جدول (4-3)- درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية خارج الغرفة قبل التشغيل

الزمن	12:00	2:00
درجة الحرارة الجافة (c)	39	41
درجة الحرارة الرطبة (c)	21.5	21.5
الرطوبة النسبية %	15	11

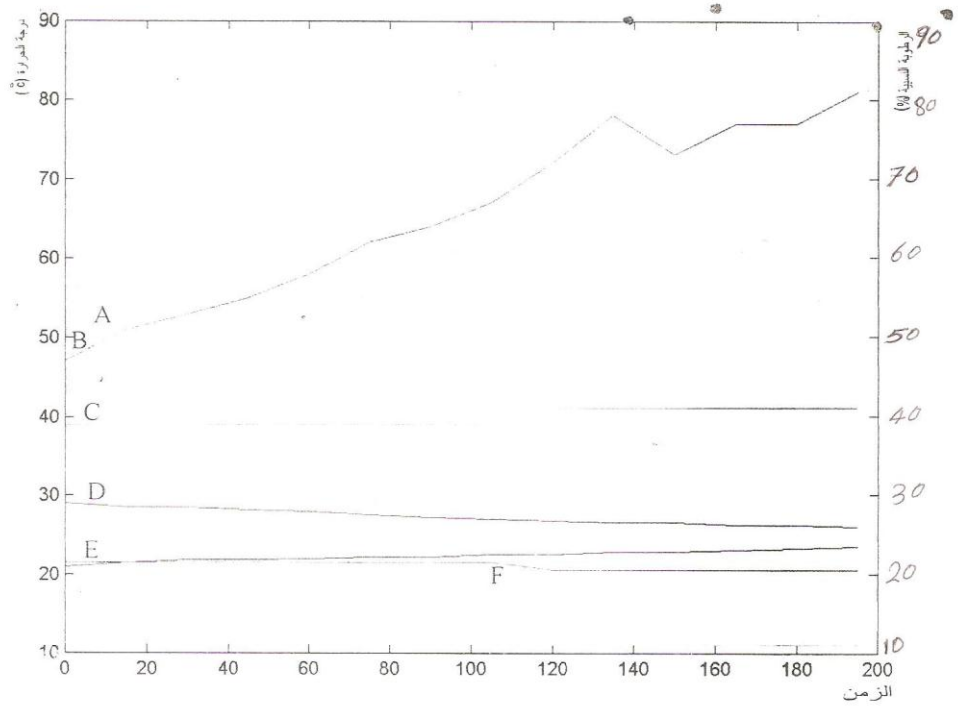
جدول (5-3)-درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل الغرفة قبل التشغيل

الزمن	12:00
درجة الحرارة الجافة(c°)	36
درجة الحرارة الرطبة (c°)	19
الرطوبة النسبية %	15

نفس القراءة عليه تم أخزها بعد تشغيل مبرد الهواء كما موضح في الجدول (6-3) أدناه:-

شكل(6-3)-درجات الحرارة الجافة والرطبة داخل الغرفة بعد تشغيل المبرد:-

الزمن	12:15	12:30	12:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30
درجة الحرارة الجافة(c)	29	28.5	28.5	28.2	28	27.5	27.2	27	26.7	26.5	26.5	26.2	26.2	26
درجة الحرارة الرطبة(c)	21	21.5	21.5	21.8	22	22.2	22.2	22.5	22.5	22.2	22.8	23	23.3	23.5
الرطوبة النسبيه (%)	47	51	53	55	58	62	64	67	72	73	73	77	77	81



مخطط (2-3) – تباين درجة الحرارة الحافة والرطبة والرطوبة النسبية مع الزمن بالنسبة لمضختين

تفسير الرموز :-

A = الرطوبة النسبية خارج الغرفة .

B = الرطوبة النسبية داخل الغرفة .

C = درجة الحرارة الجافة خارج الغرفة .

D = درجة الحرارة الجافة داخل الغرفة .

E = درجة الحرارة الرطبة خارج الغرفة .

F = درجة الحرارة الرطبة داخل الغرفة .

3/ الاختبار الثالث :-

قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل الغرفة وخارج الغرفة باستخدام ثلاث مضخات موصلات على التوازي :

نتائج التجربة :

الجدول (7-3)- درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية وخارج الغرف قبل التشغيل :-

الزمن	12:00	2:00
درجة الحرارة (c)°	40	42
درجة الحرارة الرطبة (c)°	21	20
الرطوبة النسبية %	%14	%8

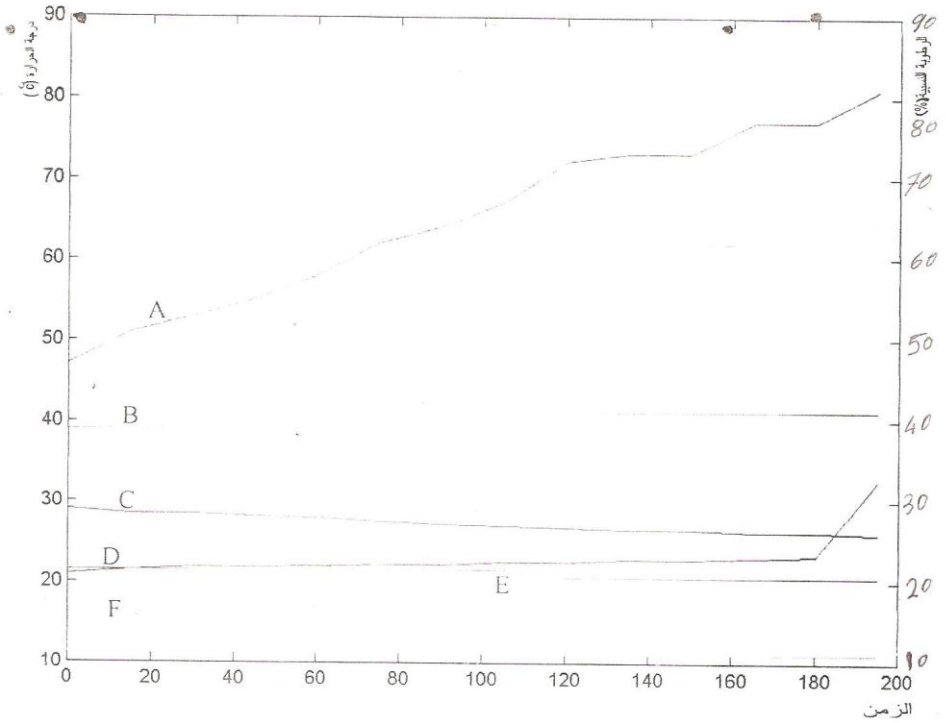
(جدول (8-3)- درجات الحرارة الجافة والرطبة والرطوبة النسبية داخل الغرفة

الزمن	12:00
درجة الحرارة الجافة (c)°	36
درجة الحرارة الرطبة (c)°	19
الرطوبة النسبية %	%15

نفس القراءات أعلاه تم أخذها بعد تشغيل مبرد الهواء كما موضح في الجدول أدناه

شكل (9-3)-درجات الحرارة الجافة والرطبة داخل الغرفه بعد تشغيل المبرد:-

الزمن	12:15	12:30	12:45	1:00	1:15	1:300	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30
درجة الحرارة الجافة (c)	28	27.5	27.2	27	26.5	26	26	25.7	25.7	25.2	25.2	25.2	25	25
درجة الحرارة الرطبة (c)	22	22.2	22.3	22.3	22.5	22.5	22.8	22.8	23	23.2	23.2	23.5	23.5	23.5
الرطوبة النسبيه (%)	58	63	63	66	67	73	75	78	81	84	84	88	88	88



مخطط (3-3) – تباين درجة الحرارة الحافة والرطبة والرطوبة النسبية مع الزمن بالنسبة لثلاث مضخات

تفسير الرموز :-

A = الرطوبة النسبية داخل الغرفة .

B = درجة الحرارة الجافة خارج الغرفة .

C = درجة الحرارة الجافة داخل الغرفة .

D = درجة الحرارة الرطبة خارج الغرفة .

E = درجة الحرارة الرطبة داخل الغرفة .

F = الرطوبة النسبية خارج الغرفة .

الفصل الرابع

المناقشة والخاتمة

الفصـــــل الرابـــــع

المناقشة والخاتمة

(4-1) المناقشة

1/ الاختبار الأول :-

في هذا الاختبار تم توصيل مضخة واحدة 55 واط في مبرد الهواء وقد كانت الأحوال الجوية داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل على النحو التالي :-

داخل الغرفة (درجة الحرارة الجافة 33 درجة – درجة الحرارة الرطبة 19 درجة – الرطوبة النسبية 23%).

إما خارج الغرفة فقد كانت كما يلي :(متوسط درجة الحرارة الجافة حوالي 40 درجة ، متوسط درجة الحرارة الرطبة 21.5 درجة والرطوبة النسبية 17.5 %).

من خلال إجراء هذه التجربة تم الوصول إلي درجة الحرارة المريحة لجسم الإنسان التي تتراوح بين (22°C – 27°C) في زمن قدره ساعة ونصف ، يلاحظ في هذه التجربة إن الرطوبة النسبية ذات قيمة مقبولة (في حدود 50%) .

2/ الاختبار الثاني :-

في هذا الاختبار تم توصيل مضختين على التوازي ذات سعات متساوية 55 واط في مبرد الهواء وقد كانت الأحوال داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل على النحو التالي :- داخل الغرفة (درجة الحرارة الجافة 36 درجة ، درجة الحرارة الرطبة 19 درجة ، الرطوبة النسبية 15%) .

أما خارج الغرفة: فقد كانت كما يلي :- (متوسط درجة الحرارة الجافة 40 ، متوسط درجة الحرارة الرطبة 21.5 ، الرطوبة النسبية 13%).

من خلال إجراء هذه التجربة تم الوصول إلي درجة الحرارة المريحة لجسم الإنسان والتي تتراوح بين 22 درجة و 27 درجة في زمن قدرة ساعة من تشغيل المبرد ، يلاحظ أيضا في هذه التجربة أن

الرطوبة النسبية ذات قيمة مرتفعة نسبياً ومقارنة بنتائج التجربة الأولي وكانت في حدود % (55 – 58) وهذا الارتفاع في الرطوبة النسبية يتجاوز قليلا الرطوبة النسبية المناسبة لراحة جسم الإنسان.

3/ الاختبار الثالث:-

في هذا الاختبار تم توصيل ثلاث مضخات على التوازي ذات سعات متساوية 55 واط في مبرد الهواء وقد كانت الأحوال الجوية داخل وخارج الغرفة قبل التشغيل على النحو التالي :-

داخل الغرفة (درجة الحرارة الجافة 36 درجة، درجة الحرارة الرطبة 19 درجة، الرطوبة النسبية15%).

إما خارج الغرفة فقد كانت كما يلي:-

(متوسط درجة الحرارة الجافة 41 درجة ، درجة الحرارة الرطبة 21.5 ، متوسط الرطوبة النسبية 11%) .

من خلال إجراء هذه التجربة تم الوصول إلى درجة الحرارة المريحة إلى جسم الإنسان والتي يتراوح بين(22 – 27)درجة في زمن قدره خمس وأربعون دقيقة من تشغيل المبرد ، كما يلاحظ أيضا في هذه التجربة إن الرطوبة النسبية مرتفعة جداً مقارنة بالتجربتين السابقتين وهذا يقلل من مدي راحة جسم الإنسان حيث كان الرطوبة النسبية في حدود % (60 – 70).

(2-4) الخاتمة :-

الاختبارات التي أجريت على مبرد الهواء كان الهدف منها الحصول على الجو المريح لجسم الإنسان الذي يتمثل في درجة الحرارة والرطوبة النسبية المناسبتين ، ومن نتائج الاختبارات تم الوصول إلى أن الاختبار الأول والذي تم فيه توصيل مضخة أخرى تفي بمتطلبات الراحة لجسم الإنسان وانه ليس هنالك داعٍ لاستخدام أكثر من مضخة وذلك نسبة للرطوبة العالية التي تم الحصول عليها في أكثر من مضخة .

المراجع : (References)

1- دكتور مهندس / رمضان احمد محمود – تكييف الهواء (أساسيات) منشاة المعارف – الإسكندرية – الطبعة الأولى

2- دكتور مهندس / رمضان احمد محمود – تكييف الهواء مبادئ وتطبيقات منشاة المعارف – الإسكندرية – الطبعة الخامسة

3/ المواقع الهندسية على شبكة الانترنت :

ملتقى المهندسين العرب :

www.arb.eng.org

الملاحق

Relative Humidity From Dry and Wet Temperature -/+ c at a Pressure at 950 Millibars

WET TEMPERATURE oC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	WET TEMPERATURE oC
0	100	81	65	50	38	26	17	8																			0
1		100	82	66	53	40	30	20	12	4																	1
2			100	83	68	55	43	33	23	15	8	2															2
3				100	84	69	57	45	36	26	19	11	5														3
4					100	85	71	58	47	38	29	21	15	9	3												4
5						100	85	72	60	50	40	32	24	18	12	7	2										5
6							100	86	73	62	51	42	34	27	20	15	10										6
7								100	86	74	63	53	44	36	29	23	18	13	8	4	1						7
8									100	87	75	65	55	46	39	32	26	20	15	11	7	4					8
9										100	87	76	66	57	48	41	34	28	22	18	13	10	6	3			9
10											100	88	77	67	58	49	42	36	30	25	20	16	12	9	6	3	10
11												100	88	77	68	59	51	44	38	32	27	22	18	14	11	8	11
12													100	89	78	69	60	53	46	40	34	29	24	20	16	13	12
13														100	89	79	70	62	54	47	41	36	31	26	22	18	13
14															100	90	80	71	63	56	49	43	37	33	28	24	14
15																100	90	80	72	64	57	50	44	40	34	30	15
16																	100	90	81	72	65	58	52	46	41	36	16
17																		100	90	81	73	66	59	53	47	42	17
18																			100	90	82	74	67	60	54	48	18
19																				100	91	82	74	67	60	55	19
20																					100	91	83	75	68	62	20
21																						100	91	83	76	69	21
22																							100	91	84	76	22
23																								100	92	84	23
24																									100	92	24
25																										100	25

Formula : V.P. = es-0.75924(t=ti) where es=Saturation V.P. at ti , 0.75924=Psychrometric Constant
t = Dry Bulb Temperature. and ti= Wet Bulb Temperature.

(G.P.O. 2003) S.G.435 Met Dept. 300 Cds. 4/80

SUDAN METEOROLOGICAL AUTHORITY

Relative Humidity From Dry and Wet Temperature -/+ c at a Pressure at 950 Millibars

form Met. 27 (195)
PAGE 1

		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	10	3																										10
W	11	8	5	3																								11 W
	12	13	10	8	5	3	1																					12
E	13	18	15	12	9	7	5	3	1																			13 E
	14	24	20	17	14	11	9	7	5	3	1																	14
T	15	30	26	22	19	16	13	11	9	7	5	3	2	1														15 T
B	16	36	31	28	24	21	18	15	13	10	9	7	5	4	2	1												16 B
U	17	42	37	33	29	26	22	19	17	14	12	10	8	7	5	4	3	2	1									17 U
L	18	48	43	39	35	31	27	24	21	18	16	14	12	10	8	7	5	4	3	2	1							18 I
B	19	55	50	45	40	36	32	29	25	23	20	17	15	13	11	10	8	7	5	4	3	2	1	1				19 B
	20	62	56	51	46	41	37	33	30	27	24	21	19	17	15	13	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1	1	20
T	21	69	63	57	52	47	42	38	35	31	28	25	23	20	18	16	14	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	21 T
E	22	76	70	63	58	53	48	44	40	36	33	30	27	24	22	19	17	15	14	12	11	9	8	7	6	5	4	22 E
M	23	84	77	70	64	59	54	49	45	40	37	34	31	28	25	23	21	19	17	15	13	12	11	9	8	7	6	23 M
P	24	92	84	77	71	65	60	55	50	46	42	38	35	32	29	26	24	22	20	18	16	14	13	12	10	9	8	24 P
E	25	100	92	85	78	71	66	60	55	51	47	43	39	36	33	30	28	25	23	21	19	17	16	14	13	11	10	25 E
R						72																						R
A	26		100	92	85	78	72	66	61	56	52	48	44	40	37	34	31	29	26	24	22	20	18	17	15	14	12	26 A
T	27			100	92	85	79	73	67	62	57	53	48	45	41	38	35	32	30	27	25	23	21	19	18	16	15	27 T
U	28				100	92	85	79	73	68	62	58	53	49	46	42	39	36	33	31	28	26	24	22	20	19	17	28 U
R	29					100	93	86	80	74	68	63	59	54	50	46	43	40	37	34	31	29	27	25	23	21	20	29 R
E	30						100	93	86	80	74	69	64	60	55	51	47	44	41	38	35	32	30	28	26	24	22	30 E
S																												S
oC	31							100	93	86	80	74	69	64	60	56	52	48	45	41	39	36	33	31	29	27	25	31 oC
	32								100	93	87	81	75	70	65	60	56	52	49	45	42	39	37	33	31	29	27	32
	33									100	93	87	81	75	70	65	61	57	53	49	46	43	40	37	35	33	30	33
	34										100	93	87	81	76	71	66	62	57	54	50	47	44	41	38	36	33	34
	35											100	93	87	81	76	71	66	62	58	54	51	47	44	42	40	36	35

Formula : V P = es-0 75924(0 9) where es=S... 0.75924=Psm... and ...

Dry Bulb Temperature ...d t...

(G P P 2003) S G 435 Met Dept. 300 Cds. 4/80