المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

برنامج التدريب العسكري المهني

تخصص تبريد وتكييف

نظم ومعدات تكييف الهواء

(عملي)

252 برد

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **نظم ومعدات تكييف الهواء (عملي)** " لمتدربي تخصص "**تبريد وتكييف**" لمعاهد التدريب العسكري المهني موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

تشهد تكنولوجيا التبريد وتكييف الهواء تطوراً مضطرداً من حيث تطبيقاته في العديد من المجالات والصناعات، الأمر الذي يتطلب من العاملين في هذا المجال الإلمام التام بأسس وقواعد وقوانين تقنية التبريد والتكييف. وبلا شك فإن الدراسة النظرية وحدها لا يمكن أن تحقق هذا الهدف وعليه يصبح التطبيق العملي ضرورياً وفي غاية الأهمية لتمكين المتدرب من اكتساب المهارات التي تؤهله للقيام بتنفيذ الجدارات المختلفة في مجال تخصصه.

وفي هذه الحقيبة تم تصميم تجارب عملية لمقرر نظم ومعدات تكييف الهواء حيث تتكون هذه الحقيبة من ثلاث وحدات . الوحدة الأولى تعنى باختيار ودراسة أداء مثلجات المياه والغلايات والمضخات والوحدة الثانية تعنى باختيار ودراسة أداء وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح والوحدة الثالثة تعنى باختيار ودراسة أداء أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية ونظم معالجة المياه.

ونتمنى من المولى عز وجل أن نكون قد وفقنا فيما قد يفيد أبناءنا المتدربين والله الهادي إلى سواء السبيل.

نظم ومعدات تكييف الهواء - عملي

اختيار ودراسة أداء مثلجات المياه والغلايات والمضخات

اسم الوحدة: اختيار ودراسة أداء مثلجات الماء والمراجل والمضخات

الجدارة: تحديد مواصفات واختيار مثلجات الماء والمراجل والمضخات لأنظمة التكييف المركزي.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

1. تحديد مواصفات مثلجات الماء ومراجل الماء الساخن.
2. اختيار مثلجات الماء والمراجل والمضخات باستخدام كتالوجات الشركات المصنعة لتطبيقات مختلفة.
3. قياس درجات الحرارة والضغوط ومعدلات السريان وشدة التيار باستخدام أجهزة القياس اللازمة.
4. حساب معامل الأداء لمثلجات الماء والكفاءة الحرارية للمراجل.
5. حساب كفاءة المضخة.

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة وبنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

12 ساعة دراسية

الوسائل المساعدة:

1. الرجوع إلى مادة أساسيات تقنية التبريد في موضوع حساب معامل الأداء لدورات التبريد.
2. الرجوع إلى الوحدة الأولى من الجزء النظري في موضوعي مثلجات الماء والمراجل.
3. الرجوع إلى مادة القياسات في موضوعي طرق القياس ومعايرة أجهزة القياس.

متطلبات الجدارة:

1. تحتاج إلى دراسة أنواع مثلجات الماء والمراجل قبل دراسة هذه المادة.
2. تحتاج إلى التدرب على حساب معامل الأداء في مادة أساسيات تقنية التبريد.
3. تحتاج إلى التدرب على معرفة طرق القياس المختلفة في مادة القياسات.
4. تحتاج إلى التدرب على معايرة أجهزة القياس.

الوحدة الأولى : اختيار ودراسة أداء مثلجات المياه والغلايات والمضخات

مقدمة

توجد مثلجات المياه والمراجل والمضخات بأنواعها في كثير من أنظمة تكييف الهواء وعليه فإن الاختيار الصحيح مع عمل اختبارات الأداء لهذه الوحدات تجعل أنظمة تكييف الهواء تعمل بالطريقة الصحيحة والكفاءة المطلوبة . وعليه فقد تم وضع تدريبات اختيار وتدريبات دراسة أداء لهذه الوحدات باستعمال أدلة التسويق لبعض الشركات العالمية والمنتجة لهذه المعدات . وعلى المتدرب أن يصل إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة .

1. **اختيار مثلجات الماء:** (Chillers selection)

يتم عادة اختيار مثلجات الماء بالاستعانة بالكتالوجات الخاصة بها والتي توفرها الشركات المصنعة لها وبعض الشركات الكبيرة الرائدة في مجال تصنيع وإنتاج مثلجات الماء كشركات ترين(Trane) وكرير (Carrier) توفر جميع المعلومات الخاصة بمثلجات الماء في أقراص مدمجة (CD's).

يعتمد اختيار مثلجات الماء على المعلومات التالية:

1. حمل التبريد.
2. درجة حرارة خروج الماء من المكثف بالنسبة لمثلجات التبريد المائي.
3. الارتفاع في درجة حرارة الماء للمكثف بالنسبة لمثلجات التبريد المائي.
4. درجة حرارة الهواء الخارجي بالنسبة لمثلجات التبريد الهوائي.
5. درجة حرارة خروج الماء المثلج.
6. الانخفاض في درجة حرارة الماء المثلج.
7. معامل الانسداد (Fouling Factor).

مثال:

جهاز تكييف مركزي لأحد المساجد بالمملكة يحتاج إلى مثلج ماء حمولة($27\ T.R$). الماء المثلج تم تبريده من درجة $55°F$ ($12.8°C$) إلى درجة $45°F$ ($7.2°C$). الماء يدخل المكثف عند درجة $85°F$ ($29.4°C$) ويخرج منه عند درجة $95°F$ ($35°C$). معامل الانسداد للمبخر والمكثف هو 0.0005 ، المطلوب اختيار مثلج الماء المناسب من الجدول (1- 1).

Model	Lvg. Chilled Water Temp. °F	Condenser Entering Water Temp. °F														
		75°			80°			85°			90°			95°		
		Cap. Tons	KW	Cond. GPM	Cap. Tons	KW	Cond. GPM	Cap. Tons	KW	Cond. GPM	Cap. Tons	KW	Cond. GPM	Cap. Tons	KW	Cond GPM
PCW025T	42	24.1	19.7	67.9	23.0	20.3	66.5	22.9	20.9	65.1	22.3	21.4	63.1	21.6	22.0	61.7
	44	25.0	19.8	70.7	24.4	20.5	69.3	23.7	21.0	68.2	23.0	21.7	66.0	22.4	22.3	64.9
	45	25.5	19.9	71.8	24.8	20.6	70.5	24.1	21.2	69.1	23.4	21.8	67.2	22.8	22.4	65.9
	46	25.9	20.0	72.8	25.2	20.7	71.7	24.5	21.5	70.4	23.8	21.9	68.5	23.1	22.6	66.9
	48	26.7	20.2	75.1	26.0	20.9	73.8	25.3	21.7	72.5	24.7	22.2	70.6	24.0	22.9	69.1
	50	27.5	20.4	78.6	26.8	21.1	77.1	26.1	21.9	75.2	25.5	22.5	73.1	24.8	23.2	71.6
PCW030T	42	28.3	23.2	80.0	27.5	23.9	79.6	26.6	24.6	79.2	25.9	25.3	77.0	25.1	26.0	75.5
	44	29.3	23.4	83.2	28.4	24.2	82.6	27.6	25.0	82.5	26.7	25.7	79.8	26.0	26.4	78.3
	45	29.8	23.6	85.3	29.0	24.3	84.4	28.1	25.1	84.0	27.3	25.9	81.6	26.5	26.6	79.9
	46	30.3	23.7	86.3	29.7	24.5	85.2	28.5	25.2	85.5	27.8	26.1	83.1	26.9	26.9	81.5
	48	31.2	23.9	88.2	30.5	24.8	87.9	29.6	25.6	87.6	28.7	26.5	85.2	27.8	27.3	83.6
	50	32.1	24.2	88.7	31.3	25.1	90.2	30.6	26.0	88.5	29.7	26.9	86.1	28.7	27.8	85.8
PCW040T	42	41.6	35.0	116.1	40.0	36.0	113.8	38.9	37.2	111.3	37.5	38.4	109.3	36.4	39.6	108.4
	44	43.0	35.4	118.8	41.7	36.5	117.1	40.4	37.6	115.4	39.0	38.9	112.8	38.0	40.2	112.0
	45	43.7	35.7	120.9	42.4	36.8	119.2	41.1	37.9	117.4	39.7	39.2	115.2	38.6	40.4	114.1
	46	44.4	36.0	123.1	43.1	37.1	121.1	41.8	38.0	118.8	40.4	39.4	116.6	39.2	40.6	115.5
	48	45.9	36.6	127.0	44.6	37.8	124.8	43.3	39.0	122.5	41.9	40.2	120.1	40.6	41.3	118.8
	50	47.3	37.1	131.1	46.0	38.4	128.9	44.8	39.6	126.3	43.4	40.8	123.8	42.0	42.0	122.6

جدول (1- 1): مواصفات مثلجات الماء المجمعة (Packaged water chiller ratings)

- القيم المقدرة مبنية على مدى درجة حرارة للماء البارد يساوي $10°F$ وعليه فهي تناسب التطبيقات للمدى من $6°F$ إلى $14°F$.
- معدل سريان الماء للمكثف مبني على أساس $10°F$ ارتفاع في درجة الحرارة لبرج التبريد.
- القيم المقدرة مبنية على قيمة لمعامل الانسداد للمكثف والمبخر تساوي 0.0005 . وعندما تكون قيمة معامل الانسداد للمكثف 0.001 يجب ضرب القيم الموجودة في الجدول في 0.98 وقيم الـ kW في 1.03 .

الحل:

معامل الانسداد هو عبارة عن النسبة بين سمك طبقة القشور والرواسب على سطح المبرد إلى نصف قطر الأنبوبة وعليه فهو يعبر عن مستوى نظافة الماء. ولذا فإن المحافظة على قيمته تعتبر في غاية الأهمية وزيادته تؤدي إلى زيادة القدرة المستهلكة ونقص سعة التبريد وبالتالي نقص معامل الأداء للمثلج الأمر الذي يؤكد أهمية نظافة دورات المياه للمثلج وخاصة دورة الماء الساخن في حالة المثلجات ذات التبريد المائي التي تستخدم أبراج تبريد أو مكثفات تبخيرية.

باستخدام الجدول (1- 1) أعلاه عند الظروف المعطاة:

السعة: $27\ T.R$

درجة حرارة خروج الماء البارد: $45°F\ (7.2°C)$

فرق درجة الحرارة للماء البارد: $55°F - 45°F = 10°F\ (5.6°C)$

درجة حرارة دخول الماء للمكثف: $85°F\ (29.4°C)$

الارتفاع في درجة حرارة ماء المكثف: $95°F - 85°F = 10°F\ (5.6°C)$

الوحدة التي يتم اختيارها هي الموديل $PCW030T$ والتي تعطي سعة تبريد $28.1T.R$ عند الظروف المطلوبة والقدرة الداخلة هي $25.1\ KW$.

التدريب رقم (1)

الجدارة:

اختيار مثلج ماء أو عدد من المثلجات (تبريد مائي) باستخدام الكتالوجات المتاحة لجهاز تكييف مركزي لمبنى بمدينة الرياض. إذا كان حمل التبريد للمبنى($100\ T.R$)، يتم تبريد الماء المثلج من درجة حرارة $12\ ^{\circ}C$ إلى درجة حرارة $7\ ^{\circ}C$ ، الماء يدخل المكثف عند درجة $30\ ^{\circ}C$ ويخرج عند درجة $35\ ^{\circ}C$. إذا كان معامل الانسداد ($F.F$) للماء البارد والماء الساخن هو (0.0005)

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 1)

التدريب رقم (2)

الجدارة:

تحديد سعة التبريد للمثلج $PCW030T$ والقدرة الداخلة إذا كان معامل الانسداد هو 0.001 .

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 1)

التدريب رقم (3)

الجدارة:

تحديد قيمة *COP* للمثلج في الحالتين وما هو تأثير زيادة قيمة معامل الانسداد من 0.0005 إلى 0.001 على الطاقة المستهلكة بواسطة الجهاز. وما هي الأعمال الواجب القيام بها لترشيد الطاقة.

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 1)

مثال:

المطلوب اختيار مثلج ماء باستخدام الجداول الخاصة بمجموعة *R* جدول (1- 2) ذات التبريد الهوائي ("R" Series Air Cooled Liquid Chillers) من شركة *TRANE*. كم يبلغ معدل سريان الماء البارد خلال المثلج.

المعطيات:

حمل التبريد (*C.L*):	145 *T.R*
درجة حرارة خروج الماء البارد(*LWT*):	45 *°F* (7.2 *°C*)
الهبوط في درجة حرارة الماء البارد:	10 *°F* (5.6 *°C*)
درجة حرارة الهواء الخارجي:	95 *°F* (35*°C*)
معامل الانسداد للمبخر:	0.00025

الحل:

1. باستخدام كتالوج مثلجات الماء من شركة ترين (بعد اختيار الموديل *RTAA*140) . عند الظروف المعطاة يعطي 145.9 *T.R* ، القدرة الداخلة للضاغط هي 158 *KW* ونسبة كفاءة الطاقة للوحدة *EER* هي 10.2 كما هو موضح في الجدول (1- 2).

(لاحظ أن *EER* هو عبارة عن حاصل قسمة حمل التبريد (*BTUH*) على القدرة الداخلة (*Watt*) التي تشمل الضواغط، مراوح المكثفات وقدرة أجهزة التحكم.

2. نحسب معدل سريان الماء البارد بالمعادلة:

$$\dot{m}_w = \frac{coolingload(C.L)}{C_p \times \Delta T}$$

$$\dot{m}_w = \frac{145\ Tons \times 3.52}{5.6 \times 4.2} = 21.7\ {kg}/{s} = \left(1.3\ {m^3}/{min}\right)$$

Entering Condenser Air Temperature ($°F$)															
LWT	**75**			**85**			**95**			**105**			**115**		
$°F$	Tons	KW	EER	Tons	KW	EER	Tons	KW	EER	Tons	KW	EER	Tons	KW	EER
40	148.4	126.0	12.7	141.2	138.2	11.2	133.8	152.3	9.7	126.1	168.2	8.3	118.2	186.0	7.1
42	153.7	128.1	13.0	146.2	140.4	11.4	138.6	154.5	9.9	130.7	170.6	8.5	122.5	188.6	7.3
44	159.0	130.2	13.2	151.3	142.5	11.6	143.4	156.8	10.1	135.3	173.1	8.7	124.8	186.8	7.5
45	161.7	131.3	13.4	153.9	143.7	11.8	145.9	158.0	10.2	137.7	174.3	8.8	125.9	185.9	7.6
46	164.4	132.4	13.5	156.5	144.8	11.9	148.4	159.2	10.3	140.0	175.6	8.9	126.6	184.4	7.7
48	169.9	134.6	13.7	161.8	147.1	12.1	153.4	161.6	10.5	144.8	178.1	9.1	127.7	180.6	7.9
50	175.4	136.9	14.0	167.1	149.4	12.3	158.5	164.0	10.7	149.6	180.8	9.3	128.6	177.1	8.1
55	189.7	142.7	14.5	180.8	155.5	12.8	171.6	170.4	11.2	162.1	187.5	9.7	130.9	169.8	8.6

جدول (1- 2): بيانات الأداء لمثلج الماء موديل *RTAA*140 من مجموعة *R* من شركة *TRANE*.

التدريب رقم (4)

الجدارة:

تحديد عدد مثلجات الماء اللازم من الموديل *RTAA*140 أعلاه لتغطية حمل التبريد لجهاز تكييف مركزي لأحد المباني في مدينة جدة، إذا علمت أن:

حمل التبريد للمبنى (*C.L*):	500 *T.R*
درجة حرارة خروج الماء البارد(*LWT*):	45 °*F* (7.2 °*C*)
الهبوط في درجة حرارة الماء البارد:	10 °*F* (5.6 °*C*)
درجة حرارة الهواء الخارجي:	115 °*F* (46°*C*)
معامل الانسداد للمبخر:	0.00025

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 2)

التدريب رقم (5)

الجدارة:

إيجاد معدل سريان الماء البارد خلال الجهاز بالجالون في الدقيقة للتدريب رقم (3).

الخطوات:

- استخدام العلاقة الرياضية السابقة.

التدريب رقم (6)

الجدارة:

إيجاد نسبة كفاءة الطاقة للمثلج في التدريب رقم (4).

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 2).

التدريب رقم (7)

الجدارة:

دراسة أداء مثلجات الماء (Chillers performance)

المطلوب: حساب معامل الأداء (COP) لمثلج ماء ترددي- تبريد هوائي.

الخطوات:

- قم بقياس درجة حرارة الماء الراجع (CWR) - الداخل إلى المثلج - .(T_i).
- قم بقياس درجة حرارة ماء التغذية (CWS) - الخارج من المثلج - .(T_o).
- قم بقياس شدة التيار لكل ضاغط (Compressor). ($I_{comp\,1}$ ، $I_{comp\,2}$ ، $I_{comp\,3}$ ، $I_{comp\,4}$)
- قم بقياس فرق الجهد.(V)
- قم بقياس معدل سريان الماء الحجمي للمضخة الواحدة ($\dot{Q}_{pupm}$) (أو يمكن استخدام لوحة البيانات الخاصة بالمضخة أو حسابه).
- احسب معدل سريان الماء لجميع المضخات.($\dot{Q}_{total}$)

$$\dot{Q}_{total} = \#of\ pumps \times \dot{Q}_{pump}$$

- احسب معدل سريان الماء للمثلج الواحد (For one chiller)

$$Q_{chiller} = \frac{Q_{total}}{\#of\ chillers}$$

لاحظ أن: $1\ gpm = 6.309 \times 10^{-5}\ {}^{m^3}\!/_{s}$

- احسب معدل سريان الكتلة للماء($\dot{m}_w$)

$$\dot{m}_w = \rho_w \times \dot{Q}_{cheller}$$

لاحظ أن: $\rho_w = 1000\ {}^{kg}\!/_{m^3}$

- احسب سعة التبريد للمثلج:

$$C.L = \dot{m}_w \times C_{Pw} \times \Delta T_w$$

لاحظ أن: $C_{Pw} = 4.2\ \ {}^{KJ}\!/_{Kg°C}$

$$\Delta T_w = T_i - T_o$$

- احسب شدة التيار الكلي لمجموع ضواغط المبرد.

$$I_{total} = I_{comp\,1} + I_{comp\,2} + I_{comp\,3} + I_{comp\,4}$$

- احسب القدرة الداخلة للضواغط.

$$P_{in} = \sqrt{3} \times I_{total} \times V \quad Cos\phi$$

لاحظ أن: $Cos\phi = 0.9$

- احسب معامل الأداء:

$$COP = \frac{C.L}{P_{in}}$$

املأ الجدول التالي بالقراءات:

1. **معدل السريان (1):**

	$T_i(°C)$	$T_o(°C)$	$I_{comp\,1}(A)$	$I_{comp\,2}(A)$	$I_{comp\,3}(A)$
القراءة					
	$I_{comp\,4}(A)$	$V \quad (Volt)$	$\dot{Q}_{pupm}$	$\dot{Q}_{total}$	$\dot{Q}_{chiller} \quad (m^3/s)$
القراءة					
	$\dot{m}_w \ (kg/s)$	$C.L_{chiller} \ (KW)$	$I_{total}(Amps)$	$P_{in-chiller}(KW)$	$COP_{chiller}$
الحساب					

- قم بالتحقق من القيم المحسوبة بواسطة التجربة مع القيم في كتالوج المبرد المذكور..
- قم بالتعليق على نتائج التجربة

2. **اختيار المراجل (الغلايات):** (Boilers selection)

يتم اختيار المراجل بواسطة جداول معطيات الأداء ويعبر عن أداء المراجل بكمية الحرارة التي ينتجها المرجل بوحدات $(BTUH)$ $\left(BTU/h\right)$ (وحدة حرارية بريطانية في الساعة) أو وحدات $\left(kcal/h\right)$ $\left(kcal/h = 4\ BTU/h\right)$ ، وكذلك درجة الحرارة ومعدل سريان الماء الساخن المطلوب. يجب على مهندس التدفئة والتهوية وتكييف الهواء التأكد من أن المرجل قد تم اختباره جيداً قبل اختياره وتركيبه وأنه مطابق للمواصفات الموضوعة من قبل معهد المائيات (The hydronics institute) والذي وضع مواصفات لمراجل الماء الساخن تعرف بـ (I.B.R ratings). الجدول (1- 3) يوضح بيانات الأداء لمجموعة من مراجل الماء الساخن ذات احتراق بالغاز ويستخدم في اختيار المرجل وكذلك تحديد كفاءته.

MODEL NUMBER	RATINGS FOR WATER		NET I.B.R RATING WATER (BTUH)
	A.G.A INPUT (BTUH)	D.O.E CAPACITY (BTUH)	
GG-75H	75,000	64,000	55,700
GG-100H	100,000	83,000	72,200
GG-125H	125,000	103,000	89,600
GG-150H	150,000	125,000	108,700
GG-175H	175,000	145,000	126,100
GG-200H	200,000	167,000	145,200
GG-225H	225,000	186,000	161,700
GG-250H	250,000	209,000	181,700
GG-275H	275,000	228,000	198,300
GG-300	300,000	270,000	208,700
GG-325	325,000	260,000	226,100
GG-350	350,000	280,000	243,500
GG-375	375,000	300,000	260,900

جدول (1- 3): بيانات الأداء لمراجل ماء ساخن
(Natural and L.p. Propane gas ratings)

- **American Gas Association (A.G.A)** وهو اختصار يعبر عن كمية الحرارة الكلية المقدرة بواسطة الرابطة الأمريكية للغاز للمراجل ذات الاحتراق بالغاز وهي تعادل الحرارة الداخلة بواسطة الوقود.
- **Department of Energy (D.O.E)** وهو اختصار يعبر عن الحرارة الكلية الخارجة من المرجل حسب إجراءات الاختبار للمراجل في الولايات المتحدة الأمريكية وتضم الفقد في الحرارة في الأنابيب وكذلك الفقد عند بدء التشغيل وهو بارد.
- **Hydronic Institute for Boiler Ratings (I.B.R)** وهو اختصار يعبر عن الحرارة الصافية المقدرة بواسطة معهد المائيات وهو جهة صناعية مستقلة لمراجل الماء الساخن.

Fuel	Theoretical Air/Fuel Ratio	Percent CO_2 in Combustion Gas Quantity of Air Supplied			Heating Value (H.V)
		Theoretical	20% Excess	40% Excess	
Natural gas غاز طبيعي	9.6 ft^3/ft^3	12.1	9.9	8.4	1000 BTU/ft^3
No. 2 fuel oil وقود زيت رقم 2	1410 ft^3/gal	15.0	12.3	10.5	140000 BTU/gal
No. 6 fuel oil وقود زيت رقم 6	1520	16.5	13.6	11.6	153000 BTU/gal
Bituminous coal فحم حجري	940 ft^3/lb	18.2	15.1	12.9	13000 BTU/lb

جدول (1- 4): بيانات الاحتراق لأنواع الوقود المستخدمة مع المراجل

لاحظ أن:

$$C_{Pw} = 4.2 \quad KJ/Kg\ ^\circ C$$

$$BTU = 0.25\ kcal$$

$$kW = 860\ kcal/h$$

$$m^3 = 35.29\ ft^3$$

التدريب رقم (8)

الجدارة:

اختيار المرجل المناسب لتدفئة أحد المباني بالمملكة. إذا كان حمل التسخين للمبنى هو $55000\ ^{kcal}/_{h}$

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 3)

التدريب رقم (9)

الجدارة:

المطلوب إيجاد كفاءة الاستقرار والكفاءة الحرارية للمرجل موديل (GG-200H) وكذلك معدل استهلاك الغاز الطبيعي عند أقصى حمولة بوحدات $\left(m^3/h\right)$ إذا علمت أن السعة الحرارية للغاز الطبيعي هي $\left(8800\ kcal/m^3\right)$ من الجدول (1- 4).

الخطوات:

- استخدام البيانات في الجدول (1- 3) لموديل المرجل المذكور لإيجاد قيم (A.G.A) ، (D.O.E) ، (I.B.R)
- استخدام المعادلات التالية لحساب كفاءة الاستقرار والكفاءة الحرارية ومعدل استهلاك الوقود للمرجل:

- كفاءة الاستقرار للمرجل : (Steady-state efficiency)

$$\eta_{ss} = \frac{Q(D.O.E)}{Q(A.G.A)} \times 100\%$$

$$\eta_{ss} = \frac{167000}{200000} \times 100\% = 83.5\%$$

- الكفاءة الحرارية للمرجل : (Thermal efficiency)

$$\eta_{th} = \frac{Q(I.B.R)}{Q(A.G.A)} \times 100\%$$

$$\eta_{ss} = \frac{145200}{200000} \times 100\% = 72.6\%$$

- معدل استهلاك الوقود :

$$\dot{Q}_f = \frac{Q_{INPUT}}{H.V_f} = \frac{200000\ kcal/h}{88000\ kcal/m^3} = 2.3\ m^3/h$$

التدريب رقم (10)

الجدارة:

دراسة أداء المراجل (Boilers performance).

المطلوب : إيجاد الكفاءة الحرارية (Thermal efficiency) لمرجل ماء ساخن.

الأجهزة والمعدات:

- مرجل ماء ساخن ذو احتراق بالوقود.
- ثيرموميترات لقياس درجة حرارة الماء الساخن.
- جهاز قياس معدل سريان الماء.
- جهاز قياس معدل استهلاك الوقود.

الخطوات:

- قم بتشغيل الجهاز حتى يستقر عمله.
- قم بقياس درجة حرارة الماء الخارج من المرجل $T_{wo}(°C)$
- قم بقياس درجة حرارة الماء الداخل للمرجل $T_{wi}(°C)$
- قم بقياس معدل سريان الماء خلال المرجل (m_w) $\left(kg/s\right)$
- قم بقياس معدل استهلاك الوقود $(\dot{Q}_f)$ $\left(m^3/h\right)$
- مستعيناً بالجدول (1- 4) أوجد السعة الحرارية للوقود المستخدم $(H.V)_f$ $\left(kcal/m^3\right)$
- استخدم المعادلة التالية لحساب الكفاءة الحرارية للمرجل:

الكفاءة الحرارية للمرجل هي عبارة عن النسبة بين كمية الحرارة المستفادة مقسومة على كمية الحرارة الداخلة.

$$\eta_{th} = \frac{860 \times m_w \times cp_w \times \Delta T_w}{\dot{Q}_f \times (H.V)_f}$$

- علق على نتائج التجربة

3. اختيار المضخات: (Pumps Selection)

مثال :

المطلوب اختيار موديل المضخة المناسبة من خريطة الاختيار من شركة KSB الألمانية لإنتاج المضخات لأحد أنظمة التكييف المركزي إذا علم أن مواصفاتها على النحو التالي:

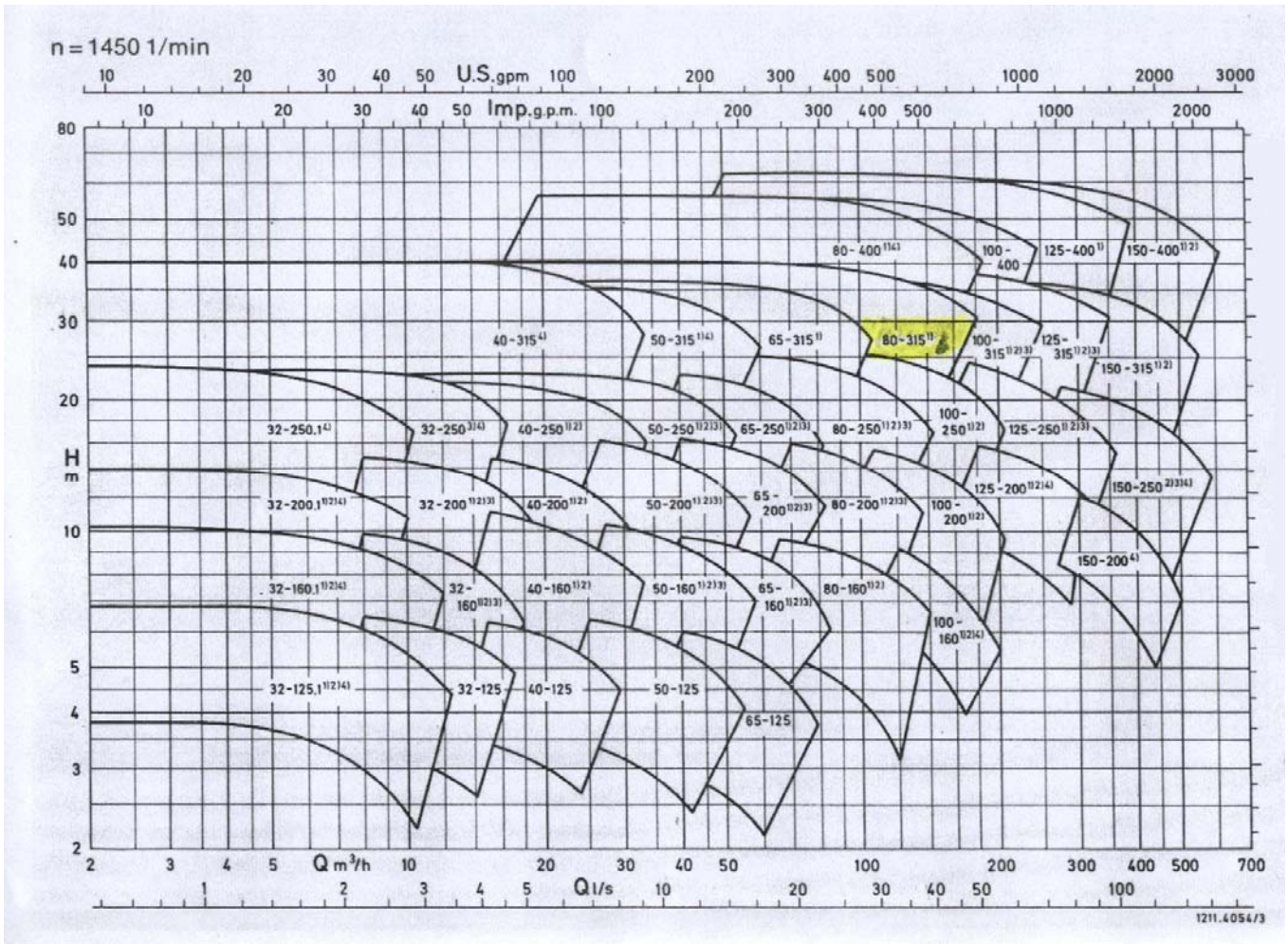
السعة (معدل التصريف) = $530\ U.S\ GPM\ \left(120\ m^3/h\right)$

الارتفاع الكلي = $100\ ft\ (30\ m)$

السرعة = $1450\ R.P.M$

الحل:

باستخدام الخريطة في الشكل (1- 1) نختار الموديل 315-80 عند تقاطع معدل التصريف $530\ U.S\ GPM\ \left(120\ m^3/h\right)$ في المحور السيني مع الارتفاع الكلي $100\ ft\ (30\ m)$ في المحور الصادي.



شكل (1- 1): بيانات الأداء لمضخات شركة KSB

التدريب رقم (11)

الجدارة:

اختيار المضخة المناسبة لأحد أنظمة التكييف المركزي. إذا كان معدل سريان الماء $90\ {}^{l}\!/_{\min}$ ، فرق الضغط خلال المضخة هو $2.5\ bar$ وسرعة المضخة هي $1450\ R.P.M$. احسب كم تبلغ القدرة المائية للمضخة التي قمت باختيارها.

الخطوات:

- استخدام الخريطة في الشكل (1- 1).
- قم بتحويل الوحدات من بار إلى المتر
- احسب قدرة المضخة المائية باستخدام القانون $WHP = \frac{Q \times \Delta p}{746} HP$
- على المدرب مساعدة المتدربين في التحويل إلى الوحدات المناسبة.

التدريب رقم (12)

الجدارة:

حساب الكفاءة الميكانيكية للمضخة.

الخطوات:

- قم بقياس معدل تصريف المضخة أو باستخدام لوحة بيانات المضخة
- قم بقياس فرق الضغط خلال المضخة من المانوميترات.
- قم بقياس شدة التيار المسحوب بواسطة المضخة.
- قم بقياس فرق الجهد.
- قم بحساب القدرة المائية للمضخة باستخدام المعادلة التالية:

$$WHP = \frac{Q \times \Delta p}{746} HP$$

حيث إن :

القدرة المائية للمضخة (حصان) WHP =

معدل السريان $\left(m^3/s\right)$ Q =

الارتفاع المانوميتري للمضخة (هبوط الضغط) (Pa) Δp =

التحويل من وات إلى حصان 746 =

- قم بحساب القدرة الفرملية (الداخلة P_{in}) BHP

باستخدام المعادلة $P_{in} = \sqrt{3} \times I_{total} \times V \times Cos\phi$ للمحركات ذات الثلاثة أوجه بافتراض $Cos\phi = 0.9$.

أو باستخدام المعادلة $P_{in} = I_{total} \times V \times Cos\phi$ للمحركات ذات الوجه الواحد بافتراض $Cos\phi = 1$

- قم بحساب كفاءة المضخة على النحو التالي:

$$\eta_m = \frac{WHP}{BHP}$$

- قم بالتعليق على نتائج التجربة

نظم ومعدات تكييف الهواء - عملي

اختيار ودراسة أداء وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح

اسم الوحدة: اختيار ودراسة أداء وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح

الجدارة: تحديد مواصفات واختيار وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح لأنظمة التكييف المركزي.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

1. تحديد مواصفات وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية.
2. اختيار وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية باستخدام كتالوجات الشركات المصنعة لتطبيقات مختلفة.
3. قياس درجات الحرارة وحساب سعة ملفات التبريد.
4. قياس الضغط الإستاتيكي والضغط الديناميكي والضغط الكلي للمروحة

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة وبنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

10 ساعات دراسية

الوسائل المساعدة:

1. الرجوع إلى الوحدة الأولى والوحدة الثالثة من الجزء النظري للمقرر.
2. الرجوع إلى مادة أساسيات تقنية تكييف الهواء.
3. الرجوع إلى مادة أساسيات الحراريات ومادة القياسات.

متطلبات الجدارة:

1. تحتاج إلى التدرب على معرفة طرق القياس المختلفة في مادة القياسات.
2. تحتاج إلى التدرب على معايرة أجهزة القياس.
3. التدرب على الخريطة السيكرومترية.

الوحدة الثانية : اختيار ودراسة أداء وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح

مقدمة

تشكل وحدات مناولة الهواء ووحدات الفان كويل والمراوح بأنواعها المختلفة مكونات نظام توزيع الهواء بالنسبة لجهاز التكييف المركزي. وعليه فإن عملية الاختيار الصحيح لهذه الوحدات هي الأساس في أن يجعل من نظام التكييف يعمل بالكفاءة المطلوبة كما أن الاختيار الجيد للمراوح التي تقوم بدفع الهواء داخل مجاري الهواء يسهل عملية موازنة النظام ويجعل مستويات الضوضاء داخل الأماكن المكيفة لا تتعدى الحدود المسموح بها وفق توصيات المنظمات العالمية التي تعمل في مجال تكنولوجيا تكييف الهواء.
ففي هذه الوحدة سوف يتم تدريب المتدربين على استخدام أدلة التسويق (الكتالوجات) من قبل شركات التكييف العالمية الرائدة في هذا المجال لمعرفة طرق اختيار المعدات المشار إليها بالإضافة إلى ضرورة قيام المتدرب بدراسة أداء تلك المعدات بتنفيذ تجارب عملية بسيطة ذات خطوات واضحة.

1. اختيار وحدات مناولة الهواء: (Air Handling Units Selection)

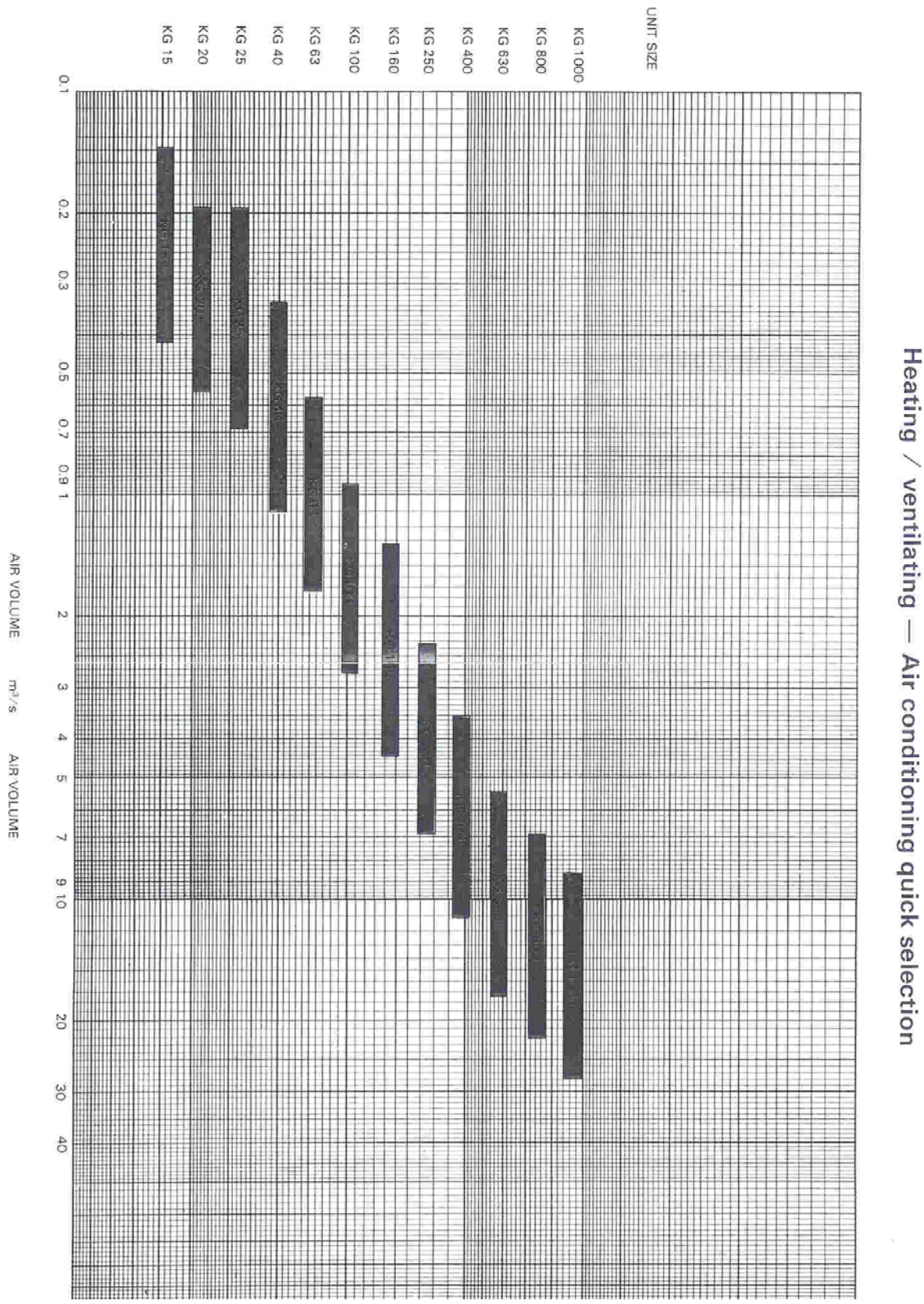
مثال :

باستخدام دليل الاختيار للجدول (2- 1) من شركة ترين . المطلوب اختيار موديل وحدة مناولة الهواء التي تعطي $1.03\ m^3/s$ ($3708\ m^3/h$) من الهواء وتحديد مواصفاته إذا علمت أن درجتي خروج ودخول الماء البارد من وإلى المبخر(CW) هما $6°C$ ، $12°C$ على الترتيب وأن درجتي خروج ودخول الهواء من وإلى وحدة المناولة (t_{EA}) ، (t_{LA}) هما $16°C$ ، $26°C$.

الحل:

باستخدام الجدول(2- 1) يمكن اختيار أي من الموديلات KG-40 ، KG-63 ، KG-100 وفي هذه الحالة تم اختيار الموديل KG-63. وباستخدام الجدول (2- 2) للموديل KG-63 عند معدل سريان للهواء $3700\ m^3/h$ ودرجات الحرارة الموضحة للماء والهواء نجد أن مواصفاته هي:

- السعة التبريدية تبلغ : $(15.6\ kW)$
- موديل ملف التبريد : Type 6



جدول (2- 1): دليل اختيار وحدات مناولة الهواء من شركة ترين للتكييف

Capacity table KG 63

V [m³/s]		0.69		1.03		1.39		1.75	
V̇ [m³/h]		2 500		3 700		5 000		6 300	
CW	t_{EA} °C	Q̇ kW	t_{LA} °C	Q̇ kW	t_{LA} °C	Q̇ kW	t_{LA} °C	Q̇ kW	t_{LA} °C
		Type 4							
4/8	32	16,5	18,8	21,6	20,3	26,1	21,2	30,5	21,8
	28	13,8	17,0	18,0	18,3	21,9	19,2	25,6	19,8
	26	11,9	16,1	15,5	17,2	18,5	18,0	21,8	18,6
	25	11,0	15,6	14,3	16,7	17,4	17,5	20,1	18,0
5/10	32	14,5	19,7	18,9	21,1	22,9	22,1	26,6	22,8
	28	11,8	17,9	15,2	19,1	18,5	19,9	21,3	20,5
	26	9,9	17,0	12,8	18,0	15,4	18,8	17,8	19,3
	25	9,0	16,5	11,6	17,5	14,0	18,2	16,1	18,7
6/12	32	12,4	20,5	16,0	21,8	19,4	22,8	22,3	23,5
	28	9,7	18,8	12,4	19,9	14,9	20,6	17,1	21,2
	26	7,8	17,9	9,9	18,8	11,9	19,5	13,6	20,0
	25	6,9	17,4	8,7	18,3	9,5	19,3	11,0	19,8
8/12	32	12,5	20,5	16,2	21,8	19,7	22,7	22,8	23,4
	28	9,7	18,8	12,5	19,8	15,2	20,6	17,5	21,1
	26	7,8	17,9	10,1	18,8	12,2	19,5	14,0	19,9
	25	6,9	17,4	8,9	18,3	9,6	19,3	11,2	19,7
		Type 5							
4/8	32	20,2	16,5	26,6	18,1	32,7	19,3	38,2	20,2
	28	16,8	15,1	22,1	16,4	27,1	17,5	31,6	18,2
	26	14,5	14,3	19,1	15,6	23,4	16,5	27,2	17,2
	25	13,4	13,9	17,6	15,1	21,5	16,0	25,0	16,7
5/10	32	17,7	17,5	23,2	19,1	28,4	20,2	33,1	21,1
	28	14,4	16,2	18,7	17,4	22,8	18,4	26,5	19,1
	26	12,1	15,4	15,7	16,6	19,1	17,4	22,1	18,1
	25	11,0	15,1	14,2	16,2	17,3	17,0	19,9	17,5
6/12	32	15,2	18,6	19,7	20,1	24,0	21,1	27,7	21,9
	28	11,8	17,3	15,2	18,5	18,4	19,3	21,2	20,0
	26	9,5	16,6	12,2	17,6	14,7	18,4	16,9	18,9
	25	8,4	16,2	10,7	17,2	12,9	17,9	14,8	18,4
8/12	32	15,2	18,6	19,9	20.0	24,4	21,0	28,3	21,8
	28	11,8	17,3	15,4	18,4	18,8	19,2	21,8	19,9
	26	9,6	16,6	12,4	17,6	15,1	18,3	17,4	18,8
	25	8,5	16,2	10,9	17,1	13,2	17,8	15,3	18,3
		Type 6							
4/8	32	24,3	13,9	32,1	15,3	38,8	16,2	45,0	16,8
	28	20,4	12,9	26,9	14,2	32,5	15,1	37,7	15,7
	26	17,7	12,3	23,5	13,7	28,4	14,5	32,9	15,1
	25	16,4	12,1	21,7	13,4	26,5	14,2	30,5	14,8
5/10	32	21,6	15,2	28,7	16,9	35,0	18,0	40,6	18,7
	28	17,6	14,2	23,3	15,6	28,6	16,6	33,2	17,3
	26	15,0	13,7	19,7	14,9	24,1	15,9	28,0	16,6
	25	13,6	13,4	17,9	14,6	21,9	15,5	25,4	16,1
6/12	32	18,7	16,5	24,6	18,0	30,2	19,2	35,2	20,1
	28	14,7	15,5	19,2	16,8	23,5	17,8	27,2	18,5
	26	12,0	15,0	15,6	16,2	18,9	17,0	21,9	17,6
	25	10,7	14,8	13,8	15,8	16,7	16,6	19,3	17,2
8/12	32	18,5	16,6	24,6	18,1	30,2	19,0	35,0	19,7
	28	14,6	15,6	19,2	16,8	23,6	17,7	27,4	18,3
	26	11,9	15,1	15,6	16,2	19,1	17,0	22,2	17,6
	25	10,6	14,9	13,8	15,9	16,8	16,6	19,5	17,2
		Type 7							
4/8	32	28,2	10,5	38,7	12,0	49,0	13,2	58,4	14,1
	28	23,7	10,1	32,3	11,3	41,0	12,4	48,6	13,2
	26	20,6	9,8	28,1	11,0	35,3	11,9	41,9	12,6
	25	19,1	9,7	26,0	10,8	32,6	11,7	38,6	12,4
5/10	32	25,2	12,1	34,2	13,5	43,1	14,6	51,1	15,5
	28	20,6	11,6	27,9	12,8	34,9	13,8	41,2	14,5
	26	17,5	11,4	23,5	12,5	29,3	13,4	34,6	14,0
	25	15,9	11,3	21,4	12,3	26,6	13,1	31,3	13,8
6/12	32	21,9	13,6	29,5	14,9	36,8	16,0	43,4	16,8
	28	17,2	13,2	23,0	14,3	28,5	15,2	33,5	15,9
	26	14,1	13,1	18,6	14,0	23,0	14,8	26,8	15,4
	25	12,5	13,0	16,5	13,9	20,2	14,6	23,5	15,2
8/12	32	21,6	13,8	29,4	15,0	36,9	16,0	43,8	16,8
	28	17,0	13,4	23,0	14,4	28,7	15,2	34,0	15,8
	26	13,9	13,1	18,6	14,0	23,2	14,8	27,3	15,3
	25	12,3	13,0	16,5	13,9	20,5	14,6	24,0	15,1

جدول (2- 2): دليل مواصفات وحدات مناولة الهواء من شركة ترين للتكييف

التدريب رقم (1)

قم باختيار مواصفات وحدة مناولة هواء للموديل KG-63 إذا كان معدل السريان $1.39\ {}^{m^3}\!/_{s}$ من الهواء إذا إذا علمت أن درجتي خروج ودخول الماء البارد من وإلى المبخر(CW) هما $6°C$ ، $12°C$ على الترتيب وأن درجتي خروج ودخول الهواء من وإلى وحدة المناولة (t_{EA}) ، (t_{LA}) هما $15°C$ ، $26°C$.

الخطوات:

- اتبع خطوات حل المثال السابق.

التدريب رقم (2)

الجدارة:

دراسة أداء وحدات مناولة الهواء (AUHS Performance).

المطلوب : حساب سعة التبريد لوحدة مناولة هواء.

الأجهزة والمعدات:

- ثيرموميترات لقياس درجة حرارة الهواء الجافة والرطبة.
- أدلة التسويق الخاصة بوحدة مناولة الهواء والمروحة (الكتالوجات) أو لوحة البيانات.

الخطوات:

- قم بتشغيل الوحدة.
- قم بقياس درجتي حرارة الهواء الداخل للوحدة (الجافة والرطبة)
- قم بقياس درجتي حرارة الهواء الخارج من الوحدة (الجافة والرطبة)
- حدد النقاط على خريطة السيكرومتري. ثم احسب فرق الإنثالبيا بين الدخول والخروج.
- حدد معدل تدفق الهواء من مواصفات الوحدة.
- طبق المعادلة التالية لحساب سعة التبريد للوحدة.

$$C.L = m_a \times \Delta h \ \ kW$$

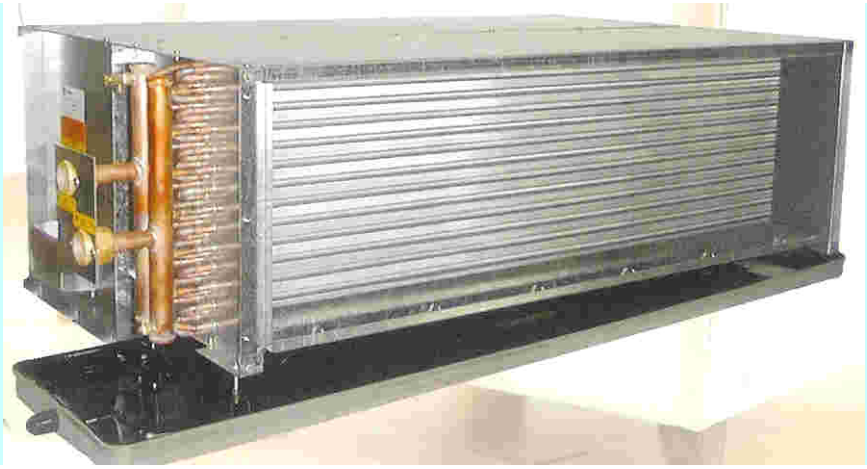
- علق على نتائج التجربة

1. اختيار وحدات الفان كويل: (Fan Coil Units Selection)

مثال :

باستخدام دليل الاختيار للجدول (2- 3). المطلوب اختيار موديل وحدة الملف- مروحة FCU من النوع المخفي Concealed انظر الشكل (2- 1) وسعة التبريد له تحت الظروف التالية:

- ظروف دخول الهواء للوحدة $26°C\ D.B/60\%RH$
- معدل سريان تصريف المروحة للوحدة $1670\,{}^{m^3}\!/_{h}\,(984\,cfm)$
- درجة حرارة دخول الماء للوحدة $7°C$
- درجة حرارة خروج الماء من الوحدة $12°C$ ، $5°C$ WTR =



شكل (2- 1): وحدة فان كويل من النوع المخفي (Concealed)

Performance Data

Cooling Capacity (Example)

Cooling Capacity : kW	Cooling Rows : 3	SH : Sensible Cooling Capacity, kW
EAT : 26.0˚C / 60.0%	Motor Frequency : 50Hz	WPD : Water Pressure Drop, M
ESP : 30 / 60 Pa (Normal / Hi-Static) Applicable	TH : Total Cooling Capacity, kW	WFR : Water Flow Rate, L / S

Model	Nominal Airflow (CMH)	WTR (˚C)	Entering Water Temperature											
			5˚C				7˚C				9˚C			
			SH	TH	WFR	WPD	SH	TH	WFR	WPD	SH	TH	WFR	WPD
03	509	3.0	3.19	5.17	0.41	7.60	2.86	4.43	0.35	5.74	2.54	3.65	0.29	4.03
		5.0	2.92	4.55	0.22	2.47	2.59	3.78	0.18	1.77	2.30	3.02	0.14	1.18
		7.0	2.62	3.85	0.13	1.02	2.32	3.10	0.11	0.69	2.06	2.39	0.08	0.44
04	678	3.0	4.81	7.81	0.62	21.93	4.32	6.72	0.53	16.63	3.84	5.57	0.44	11.80
		5.0	4.45	7.02	0.33	7.35	3.97	5.87	0.28	5.31	3.52	4.74	0.23	3.60
		7.0	4.08	6.13	0.21	3.20	3.63	5.02	0.17	2.23	3.22	3.97	0.14	1.45
06	1018	3.0	5.32	8.58	0.68	9.38	4.78	7.35	0.58	7.06	4.24	6.05	0.48	4.96
		5.0	4.86	7.55	0.36	3.04	4.33	6.27	0.30	2.17	3.85	5.03	0.24	1.46
		7.0	4.39	6.41	0.22	1.26	3.90	5.16	0.18	0.86	3.46	3.99	0.14	0.54
08	1357	3.0	6.92	11.15	0.89	17.68	6.23	9.56	0.76	13.33	5.55	7.88	0.63	9.39
		5.0	6.38	9.90	0.47	5.80	5.69	8.24	0.39	4.16	5.06	6.63	0.32	2.81
		7.0	5.81	8.55	0.29	2.48	5.19	6.97	0.24	1.72	4.62	5.48	0.19	1.12
10	1696	3.0	8.42	13.48	1.07	4.87	7.56	11.50	0.91	3.64	6.71	9.40	0.75	2.53
		5.0	7.60	11.60	0.55	1.52	6.77	9.54	0.46	1.07	5.98	7.53	0.36	0.70
		7.0	6.66	9.27	0.32	0.57	5.85	7.15	0.24	0.36	5.12	5.15	0.18	0.20
12	2036	3.0	10.34	16.56	1.32	8.05	9.30	14.14	1.12	6.03	8.26	11.60	0.92	4.22
		5.0	9.41	14.41	0.69	2.56	8.40	11.93	0.57	1.82	7.46	9.53	0.45	1.21
		7.0	8.43	12.03	0.41	1.03	7.48	9.56	0.33	0.68	6.62	7.25	0.25	0.42
14	2366	3.0	11.19	17.92	1.43	14.15	10.06	15.06	1.24	11.51	8.93	13.15	1.05	8.21
		5.0	10.30	16.10	0.77	4.23	9.17	13.67	0.65	3.32	8.04	11.09	0.53	2.24
		7.0	9.35	14.08	0.48	2.15	8.21	11.49	0.39	1.40	7.13	8.89	0.30	0.91

جدول (2- 3): يوضح دليل مواصفات لوحدات فان كويل من النوع المخفي

الحل:

من الجدول (2- 3) الخاص بمواصفات وحدات الفان كويل نختار الموديل رقم (10) بسعة تبريد تبلغ $9.54\ kW$ ويمكن التحقق من الإجابة بحساب سعة التبريد لملف التبريد الخاص بالوحدة باستخدام المعادلة التالية:

$$C.L = \dot{m}_w \times C_{Pw} \times \Delta T_w$$

حيث إن قيمة $\dot{m}_w = 0.46\ {}^{l}/_{s}$ (من الجدول)

$$\therefore C.L = 0.46 \times 4.2 \times 5 = 9.66\ kW$$

التدريب رقم (3)

قم باختيار مواصفات وحدة ملف –مروحة تدفع $500\ ^{m^3}/_{h}$ من الهواء إذا كانت درجة حرارة خروج الهواء هي $5°C$ وفرق درجات الحراة $7°C$

الخطوات:

- اتبع خطوات حل المثال السابق.

التدريب رقم (4)

الجدارة:

دراسة أداء وحدات الفان كويل (FCUS Performance).

المطلوب : حساب سعة التبريد لوحدة ملف مروحة.

الأجهزة والمعدات:

- ثيرموميترات لقياس درجة حرارة الهواء الجافة والرطبة.
- ثيموميترات لقياس درجتي حرارة دخول وخروج الماء.
- أدلة التسويق الخاصة بوحدة مناولة الهواء والمروحة (الكتالوجات) أو لوحة البيانات.

الخطوات:

- قم بتشغيل الوحدة.
- قم بقياس درجتي حرارة الهواء الداخل للوحدة (الجافة والرطبة)
- قم بقياس درجتي حرارة الهواء الخارج من الوحدة (الجافة والرطبة)
- قم بقياس درجتي حرارة دخول وخروج الماء لملف التبريد.
- حدد النقاط على خريطة السيكرومتري. ثم احسب فرق الإنثالبيا بين الدخول والخروج.
- حدد معدل تدفق الهواء من مواصفات الوحدة.
- حدد معدل سريان الماء خلال ملف التبريد من الكتالوج.
- طبق المعادلتين التاليتين لحساب سعة التبريد للوحدة.

$$C.L = m_a \times \Delta h \ \ kW$$

$$C.L = \dot{m}_w \times C_{Pw} \times \Delta T_w$$

- تحقق من النتائج $(Q_{CC})_a = (Q_{CC})_w$
- علق على نتائج التجربة

1. اختيار مروحة طاردة مركزية : (Centifugal Fan Selection)

مثال :

باستخدام دليل اختيار المراوح في الجدول (2- 4) . المطلوب تحديد مواصفات المروحة التي تدفع 8000 *CFM* من الهواء مقابل ضغط استاتيكي يعادل $\frac{3}{4}$ "*W.G.* . كم تبلغ كفاءة المروحة.

VOL CFM	Out vel FPM	1/4 " S.P		3/8 " S.P		1/2 " S.P		5/8 " S.P		3/4 " S.P		1 " S.P	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
6128	800	294	0.34	323	0.46	350	0.59	374	0.71	399	0.84		
6894	900	316	0.42	344	0.55	369	0.69	392	0.83	414	0.97	458	1.26
7660	1000	340	0.51	364	0.65	389	0.80	411	0.95	432	1.11	471	1.42
8426	1100	364	0.62	386	0.76	409	0.93	431	1.10	451	1.26	489	1.60
9192	1200	398	0.74	410	0.90	430	1.07	451	1.25	471	1.43	508	1.79
9958	1300	414	0.88	435	1.06	453	1.23	472	1.41	491	1.62	527	2.01
10724	1400	439	1.04	459	1.23	477	1.41	494	1.60	512	1.81	547	2.24
11490	1500	464	1.22	484	1.42	502	1.62	518	1.82	533	2.02	567	2.49
12256	1600	490	1.41	509	1.63	526	1.85	542	2.06	557	2.27	588	2.74
13022	1700	516	1.64	534	1.87	551	2.10	566	2.33	581	2.55	609	3.02
13788	1800	542	1.88	559	2.13	576	2.37	591	2.62	605	2.86	632	3.04
14554	1900	568	2.16	585	2.42	601	2.67	616	2.93	630	3.19	655	3.69
15320	2000	594	2.46	610	2.73	626	3.00	641	3.27	654	3.55	680	4.08
16086	2100	620	2.79	636	3.07	651	3.36	666	3.64	679	3.93	704	4.50

جدول (2- 4): دليل اختيار مراوح الطرد المركزي

الحل:

باستخدم الجدول نجد أن مواصفات المروحة المطلوبة تقع بين (1.26 *HP*) 8426 *CFM* و (1.11 *HP*) 7660 *CFM*

وبالتقريب فإن قدرة المروحة

$$1.11+\frac{(1.26-1.11)}{(8426-7660)}\times(8000-7660)=1.18\ HP$$

القدرة الخارجة من المروحة

$$\frac{8000\times 0.75}{6456}=0.94\ HP$$

عليه فإن كفاءة المروحة هي

$$\eta=\frac{0.94}{1.18}=0.80$$

التدريب رقم (5)

قم باختيار مواصفات مروحة طاردة مركزية تدفع 12000 *CFM* من الهواء مقابل ضغط إستاتيكي يعادل 1" *W.G.* . كم تبلغ سرعة وكفاءة المروحة.

الخطوات:

- اتبع خطوات حل المثال السابق.

الجدارة: قياس الضغط الإستاتيكي والضغط الديناميكي والضغط الكلي للمروحة:

يعرف الضغط الكلي للهواء المتحرك بأنه هو مجموع الضغط الإستاتيكي زائدا الضغط الديناميكي:

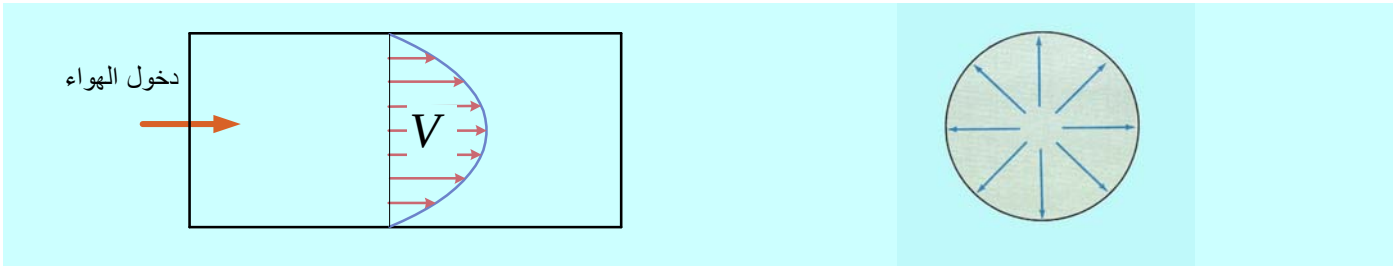
$$p_T = p_s + p_d$$

حيث: p_T : الضغط الكلي

p_s : الضغط الإستاتيكي

p_d : الضغط الديناميكي (أو ضغط السرعة p_v)

يعرف الضغط الإستاتيكي أنه ضغط الهواء الساكن على الإطار الداخلي لمجرى الهواء. أما الضغط الديناميكي (ضغط السرعة) فهو ضغط الهواء أثناء حركته داخل المجرى كما هو موضح في الشكل (2- 2).



(أ) الضغط الإستاتيكي (ب) ضغط السرعة

شكل (2- 2): توزيع الضغوط في مجاري الهواء

مثال:

تم قياس الضغط الإستاتيكي والضغط الديناميكي لمجرى هواء فوجد أنهما: 314 Pa , 256 Pa على التوالي. أوجد الضغط الكلي للهواء داخل المجرى

الحـــل:

الضغط الكلي يساوي الضغط الإستاتيكي زائدا ضغط السرعة.

$$p_T = p_s + p_d$$

$$p_T = 314 + 256 = 570\ Pa$$

$$\therefore\ p_T = 570\ Pa$$

ويمكن قياس الضغط الكلي والإستاتيكي والديناميكي باستخدام جهاز قياس الضغط: "المانومتر".

وسوف يتم التطرق إلى كيفية قياس الضغوط الكلية والإستاتيكية والديناميكية بشكل مفصل، ثم نجري بعض التدريبات لقياس هذه الضغوط قبل وبعد المروحة، ونختم هذا الفصل بإجراء تدريبين:

- الأول: حساب قيمة الضغط الإستاتيكي للمروحة (FSP) عند كميات تدفق مختلفة.
- الثاني: حساب قيمة الضغط الكلي للمروحة (FTP) عند كميات تدفق مختلفة.

وهاتان القيمتان تستخدمان – من قبل المصنعين للمراوح- لرسم المخططات البيانية للمراوح والتي يعتمد عليها المصمم لجهاز التكييف في اختيار نوع وحجم المروحة المناسبة لتصميمه. فعند الرغبة باختيار مروحة لجهاز تكييف معين تجد أن بعض الكتالوجات الخاصة بالمراوح قد احتوت على مخططات بيانية للعلاقة ما بين قيمة الضغط الإستاتيكي للمروحة (FSP) وكمية التدفق (Q)، والبعض الآخر من الكتالوجات قد احتوت على مخططات بيانية للعلاقة ما بين قيمة الضغط الكلي للمروحة (FTP) وكمية التدفق (Q).

تجدر الإشارة هنا إلى أن الضغط الإستاتيكي للمروحة (FSP) يختلف عن فرق الضغط الإستاتيكي لمخرج ومدخل المروحة ($p_{so} - p_{si}$).

$$FSP \neq (p_{so} - p_{si})$$

بينما نلاحظ أن الضغط الكلي للمروحة (FTP) هو نفسه فرق الضغط الكلي لمخرج ومدخل المروحة ($p_{To} - p_{Ti}$).

$$FTP = (p_{To} - p_{Ti})$$

التدريب رقم (6)

الجدارة: قياس الضغط الإستاتيكي للهواء عند مدخل ومخرج المروحة.

المطلوب:

قياس الضغط الإستاتيكي للهواء عند مدخل ومخرج المروحة ومراقبة التغير الحاصل لهما مع زيادة سرعة المروحة.

الخطوات:

1. ابدأ بتشغيل المروحة واضبطها على سرعة متوسطة.
2. قم بتوصيل جهاز المانوميتر وتركيب أنبوبة بتوت الاستاتيكية ووضعها في الأماكن المخصصة لها .
3. سجل القراءة في الجدول رقم (2- 5) بعد قياس الضغط الاستاتيكي عند المدخل وعند المخرج.
4. قم بزيادة سرعة المروحة لتمرير كمية تدفق أكبر للهواء خلال المجاري.
5. أعد الخطوات من 2 إلى 4 وحتى تملأ الجدول رقم (2- 5) بالقراءات.

رقم القراءة	الضغط الإستاتيكي عند مدخل المروحة (p_{si}) (Pa)	الضغط الإستاتيكي عند مخرج المروحة (p_{so}) (Pa)
1		
2		
3		
4		

جدول رقم (2- 5)

6. سجل ملحوظاتك.

- عند زيادة سرعة المروحة فإن كمية تدفق الهواء: ☐ تزيد. ☐ تقل.
- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الإستاتيكي عند مدخل المروحة:

☐ يزيد. ☐ يقل.

- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الإستاتيكي عند مخرج المروحة:

☐ يزيد. ☐ يقل.

الملحوظات والتعليق:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (7)

الجدارة: قياس الضغط الديناميكي للهواء عند مدخل ومخرج المروحة.

المطلوب:

قياس الضغط الديناميكي للهواء عند مدخل ومخرج المروحة ومراقبة التغير الحاصل لهما مع زيادة سرعة المروحة.

الخطوات:

1. ابدأ بتشغيل المروحة واضبطها على سرعة متوسطة.
2. قم بتوصيل جهاز المانوميتر وتركيب أنبوبة بتوت الإستاتيكية ووضعها في الأماكن المخصصة لها .
3. سجل القراءة في الجدول رقم (2- 6) بعد قياس الضغط الديناميكي عند المدخل وعند المخرج.
4. قم بزيادة سرعة المروحة لتمرير كمية تدفق أكبر للهواء خلال المجاري.
5. أعد الخطوات من 2 إلى 4 وحتى تملأ الجدول رقم (2- 6) بالقراءات.

رقم القراءة	الضغط الديناميكي عند مدخل المروحة (p_{di}) (Pa)	الضغط الديناميكي عند مخرج المروحة (p_{do}) (Pa)
1		
2		
3		
4		

جدول رقم (2- 6)

6. سجل ملحوظاتك:

- عند زيادة سرعة المروحة فإن كمية تدفق الهواء: ☐ تزيد. ☐ تقل.
- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الديناميكي عند مدخل المروحة:

☐ يزيد. ☐ يقل.

- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الديناميكي عند مخرج المروحة:

☐ يزيد. ☐ يقل.

الملحوظات والتعليق:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (8)

الجدارة: تحديد قيمة الضغط الإستاتيكي للمروحة بإجراء القياسات المطلوبة للضغوط عند مدخل ومخرج المروحة.

المطلوب:

تحديد قيمة الضغط الإستاتيكي للمروحة.

الخطوات:

1. ابدأ بتشغيل المروحة واضبطها على سرعة متوسطة.
2. قم بقياس الضغط الاستاتيكي عند مخرج المروحة والضغط الكلي عند المدخل.
3. سجل القراءة في الجدول رقم (2- 7).
4. قم بزيادة سرعة المروحة لتمرير كمية تدفق أكبر للهواء خلال المجاري.
5. احسب قيمة الضغط الإستاتيكي للمروحة لكل قراءة عن طريق المعادلة:

$$FSP = p_{so} - p_{Ti}$$

حيث: FSP : الضغط الإستاتيكي للمروحة.

p_{so} : الضغط الإستاتيكي عند مخرج المروحة.

p_{Ti} : الضغط الكلي عند مدخل المروحة.

6. أعد الخطوات من 2 إلى 6 وحتى تملأ الجدول رقم (2- 7) بالقراءات.

رقم القراءة	الضغط الإستاتيكي عند مخرج المروحة (p_{so}) (Pa)	الضغط الكلي عند مدخل المروحة (p_{Ti}) (Pa)	الضغط الإستاتيكي للمروحة (FSP) (Pa)
1			
2			
3			
4			

جدول رقم (2- 7)

7. سجل ملحوظاتك:

- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الإستاتيكي للمروحة: ☐ يزيد. ☐ يقل.
- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الكلي عند مدخل المروحة:

☐ يزيد ☐ يقل ☐ ثابت. ☐ متغير.

الملحوظات والتعليق:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (9)

الجدارة: تحديد قيمة الضغط الكلي للمروحة بإجراء القياسات المطلوبة للضغوط عند مدخل ومخرج المروحة.

المطلوب:

تحديد قيمة الضغط الكلي للمروحة.

الخطوات:

1. ابدأ بتشغيل المروحة واضبطها على سرعة متوسطة.
2. قم بإجراء الخطوات السابقة لقياس الضغط الكلي عند مدخل المروحة والضغط الكلي عند المخرج.
3. سجل القراءة في الجدول رقم (2- 8).
4. قم بزيادة سرعة المروحة لتمرير كمية تدفق أكبر للهواء خلال المجاري.
5. احسب قيمة الضغط الكلي للمروحة لكل قراءة عن طريق المعادلة:

$$FTP = p_{To} - p_{Ti}$$

حيث: FTP : الضغط الكلي للمروحة.

p_{To} : الضغط الكلي عند مخرج المروحة.

p_{Ti} : الضغط الكلي عند مدخل المروحة.

6. أعد الخطوات من 2 إلى 6 وحتى تملأ الجدول رقم (2- 8) بالقراءات.

رقم القراءة	الضغط الكلي عند مدخل المروحة (p_{Ti}) (Pa)	الضغط الكلي عند مخرج المروحة (p_{To}) (Pa)	الضغط الكلي للمروحة (FTP) (Pa)
1			
2			
3			
4			

جدول رقم (2- 8)

7. سجل ملحوظاتك:

- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الكلي للمروحة: ☐ يزيد. ☐ يقل.
- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الكلي عند مدخل المروحة:

☐ يزيد ☐ يقل ☐ ثابت. ☐ متغير.

- عند زيادة سرعة المروحة فإن الضغط الكلي عند مخرج المروحة:

☐ يزيد ☐ يقل ☐ ثابت. ☐ متغير.

الملحوظات والتعليق:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

أساسيات تقنية تكييف الهواء - عملي

اختيار ودراسة أداء أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية

اسم الوحدة: اختيار ودراسة أداء أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية

الجدارة: تحديد مواصفات واختيار أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

1. تحديد مواصفات أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية.
2. اختيار أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية باستخدام كتالوجات الشركات المصنعة لتطبيقات مختلفة.
3. قياس درجات الحرارة الجافة والرطبة.
4. حساب قيم المدى والتقارب لأبراج التبريد والمكثفات التبخيرية.
5. حساب الفعالية (التأثير) والسعة التبريدية لبرج التبريد والمكثف التبخيري.
6. تنفيذ معالجة المياه لدورات المياه لأنظمة التكييف المركزي.

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة وبنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

8 ساعات دراسية

الوسائل المساعدة:

1. الرجوع إلى مادة أساسيات تقنية تكييف الهواء.
2. الرجوع إلى الوحدة الأولى من الجزء النظري في موضوعي أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية ومعالجة المياه.
3. الرجوع إلى مادة القياسات في موضوعي طرق القياس ومعايرة أجهزة القياس.

متطلبات الجدارة:

1. تحتاج إلى دراسة أنواع أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية قبل دراسة هذه المادة.
2. تحتاج إلى التدرب على معرفة نظرية عمل برج التبريد والمكثف التبخيري.
3. تحتاج إلى التدرب على معرفة طرق القياس المختلفة في مادة القياسات.
4. تحتاج إلى التدرب على معايرة أجهزة القياس.

الوحدة الثالثة : اختيار ودراسة أداء أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية

مقدمة

تستعمل أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية بكثرة في كثير من أنظمة تكييف الهواء وعليه فإن الاختيار الصحيح مع عمل اختبارات الأداء لهذه الوحدات تجعل أنظمة تكييف الهواء تعمل بالطريقة الصحيحة والكفاءة المطلوبة . وعليه فقد تم وضع تدريبات اختيار وتدريبات دراسة أداء لهذه الوحدات باستعمال أدلة التسويق لبعض الشركات العالمية والمنتجة لهذه المعدات . وعلى المتدرب أن يصل إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة.

اختيار أبراج التبريد : (Cooling Towers Selection)

مثال :

باستخدام دليل الاختيار للجدول (3- 1) من شركة (Baltimore) لإنتاج أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية. المطلوب اختيار موديل برج التبريد المناسب لجهاز تكييف مركزي سعة ($150\ T.R$) وسعة التبريد تحت الظروف التالية:

- درجة الحرارة الرطبة للهواء الداخل للبرج $95°F(35°C)W.B$
- درجة حرارة دخول الماء للبرج $95°F(35°C)$
- درجة حرارة خروج الماء من االبرج $85°F(30°C)$

MODEL NUMBER	NOMINAL TONS[1]	MOTOR HP		AIRFLOW (CFM)	WEIGHTS (LBS)			DIMENSIONS				CONNECTION SIZES		SPRAY PUMP (GPM)	INTERNAL COIL VOLUME (GAL)
		FAN[2]	PUMP		OPERATING[3]	SHIPPING	HEAVIEST SECTION[4]	L	H	F	A	COIL[3,4]	MAKE-UP		
VF1-096-31O	81	30	3	53,540	19,385	12,795	8,460	11' 7-3/4"	13' 6-3/8"	3' 6-1/2"	8' 1-5/8"	4"	2"	400	296
VF1-096-41P	99	40		58,320	21,345	14,215	9,880		14' 3-5/8"	4' 3-3/4"					353
VF1-096-51Q	114	50		62,290	22,255	14,855	10,520		15' 0-78"	5' 1"					411
VF1-144N-21Q	127	50	5	72,700	25,610	16,430	10,390	17' 8-1/3"	12' 9-1/8"	2' 9-1/4"	8' 1-5/8"	4"	2"	610	356
VF1-144N-31R	148	60		76,290	28,480	18,490	12,570		13' 6-3/8"	3' 6-1/2"					443
VF1-144N-41R	157	60		75,510	31,560	20,750	14,570		14' 3-5/8"	4' 3-3/4"					529
VF1-192-31O	163	(2) 30	(2) 3	108,150	38,900	25,570	8,460	23' 8-1/2"	13' 6-3/8"	3' 6-1/2"	8' 1-5/8"	4"	2"	800	592
VF1-192-41P	198	(2) 40		115,640	42,780	28,360	9,880		14' 3-5/8"	4' 3-3/4"					706
VF1-192-51Q	228	(2) 50		123,490	44,600	29,780	10,520		15' 0-7/8"	5' 0"					822
VF1-288N-21Q	253	(2) 50	(2) 5	145,510	51,260	32,750	11,970**	35' 9-1/4"	12' 9-1/8"	2' 9-1/4"	8' 1-5/8"	4"	2"	1,220	712
VF1-288N-31R	295	(2) 60		152,700	57,080	36,250	12,570		13' 6-3/8"	3' 6-1/2"					886
VF1-288N-41R	313	(2) 60		151,140	62,280	40,520	14,750		14' 3-5/8"	4' 3-3/4"					1,058
VF1-144-21Q	129	50	5	87,600	27,090	16,530	10,300	11' 7-3/4"	12' 11-1/2"	2' 9-1/4"	8'4"	4"	2"	620	365
VF1-144-31Q	140	50		86,500	29,980	18,610	12,370		13' 8-3/4"	3' 6-1/2"					453
VF1-144-41R	164	60		90,990	32,840	20,640	14,440		14' 6"	4' 3-3/4"					541
VF1-216-21O	188	(2) 30	7.5	125,030	40,190	24,200	15,170	17' 8-1/8"	12' 11-1/2"	2' 9-1/4"	8'4"	4"	2"	900	545
VF1-216-31P	231	(2) 40		135,890	44,370	27,140	18,290		13' 8-3/4"	3' 6-1/2"					677
VF1-216-41P	245	(2) 40		134,510	48,570	30,090	21,410		14' 6"	4' 3-3/4"					809
VF1-288-21Q	259	(2) 50	(2) 5	175,190	54,300	32,930	11,430**	23' 8-1/2"	12' 11-1/2"	2' 9-1/4"	8'4"	4"	2"	1,240	730
VF1-288-31Q	281	(2) 50		173,010	60,820	37,020	12,370		13' 8-3/4"	3' 6-1/2"					906
VF1-288-41R	325	(2) 60		181,970	65,720	41,050	14,440		14' 6"	4' 3-3/4"					1,082
VF1-432-21O	376	(4) 30	(2) 7.5	250,060	78,200	45,980	15,620**	35' 9-1/4"	12' 11-1/2"	2' 9-1/4"	8'4"	4"	3"	1,800	1,090
VF1-432-31P	462	(4) 40		271,790	87,120	52,400	18,290		13' 8-3/4"	3' 6-1/2"					1,354
VF1-432-41P	490	(4) 40		289,790	96,420	59,200	21,410		14' 6"	4' 3-3/4"					1,618

جدول (3- 1): دليل اختيار أبراج التبريد من شركة (Baltimore)

ملحوظة: الجدول (3- 1) مبني على درجة حرارة رطبة للهواء $95°F\,W.B$ ودرجتي دخول وخروج الماء للبرج $95°F(35°C)$ ، $85°F(30°C)$.

الحل :

باستخدام الجدول (3- 1) عند الظروف المذكورة نختار الموديل رقم VF1-144N-41R والذي يعطي ($157\ T.R$) ومعدل تصريف للمراوح ($75510\ cfm$). ويجب ملاحظة أنه عند الرغبة في اختيار أبراج تبريد عند ظروف مختلفة فيمكن الرجوع إلى الكتالوجات التي تغطي هذ الظروف.

التدريب رقم (1)

قم باختيار مواصفات برج تبريد أو أكثر لجهاز تكييف مركزي سعة (750 $T.R$) من الهواء عند نفس الظروف الموضحة في الجدول أعلاه. تحقق من اختيارك مع التعليق على الإجابة من سعة التبريد التي قمت باختيارها بمساعدة خريطة السيكرومتري.

الخطوات:

- اتبع خطوات حل المثال السابق.

التدريب رقم (2)

الجدارة:

دراسة أداء أبراج التبريد (Cooling Towers Performance).

المطلوب : حساب الفعالية (التأثير) (Effctiveness) والسعة التبريدية لبرج التبريد.

الأجهزة والمعدات:

- ثيرموميتر لقياس درجة حرارة الهواء الرطبة.
- ثيرمومترات لقياس درجتي حرارة دخول وخروج الماء.
- مصدر لماء ساخن. (بواسطة سخانات كهربية أو شيلر ذي تبريد مائي).

الخطوات:

- قم بتشغيل البرج والمضخات حتى يستقر الأداء.
- قم بقياس درجة الحرارة الرطبة للهواء الجوي(T_{wb})
- قم بقياس درجتي حرارة دخول وخروج الماء للبرج (T_{wo}, T_{wi})
- قم بحساب المدى والتقارب على النحو التالي:

المدى (Range) = $t_{wi} - t_{wo}$

التقارب (Approach) = $t_{wo} - t_{wb}$

- قم بقياس معدل سريان الماء خلال البرج.
- طبق المعادلة التالية لحساب الفعالية (التأثير) للبرج.

$$\varepsilon = \frac{(t_{wi} - t_{wo})}{(t_{wi} - t_{wb})} \times 100\%$$

- طبق المعادلة التالية لحساب سعة التبريد للبرج

$$C.L = \dot{m}_w \times C_{Pw} \times \Delta T_w$$

- علق على نتائج التجربة

1. اختيار المكثفات التبخيرية : (Evaporative Condensers Selection)

مثال :

باستخدام دليل الاختيار للجدول (3- 2) من شركة (Krack) لإنتاج أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية. المطلوب اختيار موديل المكثف التبخيري المناسب لجهاز تكييف مركزي بالمواصفات التالية:

- أنواع الضواغط: نصف مغلقة
- درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي: $74°F\,W.B$
- قدرة الضواغط: $450\ kW$
- سعة المبخر: $(550\ T.R)$
- درجة حرارة التكثيف: $100°F$
- نوع وسيط التبريد: $R22$

الحل :

1- نحسب كمية الحرارة الكلية المطرودة = حمل المبخر $\left(BTU/hr\right)$ + الضاغط $(kW \times 3413)$

$$= 550 \times 12000 + 450 \times 3413 = 8135850\ BTU/hr$$

2- التصحيح لظروف التصميم :

معامل السعة عند درجة حرارة $74°F\,W.B$ ودرجة تكثيف $100°F$ من الجدول (3- 2)

$$8135850 \times 1.09 = 8868076.5\ BTU/hr = 8868\ MBH$$

3- نختار الموديل ECP-620-02-HB والذي يعطي سعة تبريد $9108\ MBH$ (أكبر من القيمة المطلوبة)

TABLE 2 - R134A AND R22 - HEAT REJECTION CAPACITY FACTORS

Cond. Pressure - psig		Cond. Temperature	Wet Bulb Temperature - °F																
R134A	R22	°F	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82
95.2	155.7	85	1.10	1.15	1.20	1.25	1.32	1.39	1.50	1.61	1.76	1.91	2.13	2.40	2.78	3.33	-	-	-
104.3	168.4	90	0.93	0.97	1.00	1.04	1.09	1.14	1.21	1.28	1.37	1.44	1.56	1.70	1.87	2.10	2.38	2.82	3.46
108.1	173.7	92	0.88	0.91	0.94	0.98	1.02	1.06	1.13	1.16	1.23	1.31	1.40	1.51	1.65	1.82	2.04	2.33	2.74
112.0	179.1	94	0.83	0.86	0.89	0.92	0.95	0.99	1.04	1.10	1.13	1.20	1.27	1.35	1.47	1.60	1.76	1.99	2.28
113.9	181.9	95	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92	0.95	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22	1.32	1.41	1.50	1.66	1.84	2.10
115.9	184.6	96	0.78	0.81	0.83	0.86	0.89	0.92	0.97	1.02	1.07	1.11	1.18	1.24	1.34	1.43	1.56	1.72	1.93
120.0	190.2	98	0.75	0.77	0.79	0.82	0.84	0.87	0.91	0.95	0.98	1.02	1.09	1.15	1.22	1.30	1.38	1.51	1.68
124.1	195.9	100	0.71	0.73	0.75	0.77	0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.93	1.00	1.03	1.09	1.16	1.26	1.36	1.49
134.9	210.8	105	0.63	0.64	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72	0.75	0.77	0.790	0.83	0.86	0.91	0.95	1.00	1.05	1.14
146.4	226.4	110	0.56	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	0.64	0.65	0.67	0.70	0.71	0.75	0.78	0.81	0.84	0.88	0.93

TABLE 3 - HEAT OF REJECTION MBH FOR ECP MODELS

Model Number	Heat Rej. MBH
ECP-331-01-BB	4,862
ECP-344-01-CB	5,053
ECP-362-01-DB	5,318
ECP-416-01-DC	6,111
ECP-437-01-EC	6,420
ECP-470-01-ED	6,904
ECP-498-01-GD	7,316
ECP-519-01-HD	7,624
ECP-540-01-HF	7,933
ECP-574-01-IF	8,432
ECP-588-01-HG	8,638
ECP-629-01-IG	9,240
ECP-524-02-CB	7,698
ECP-581-02-DB	8,535
ECP-620-02-HB	9,108
ECP-646-02-FC	9,490
ECP-686-02-HC	10,077
ECP-730-02-HD	10,724
ECP-767-02-ID	11,267
ECP-786-02-JD	11,546
ECP-824-02-JF	12,105
ECP-877-02-LF	12,883
ECP-899-02-JG	13,206
ECP-961-02-LG	14,117

Model Number	Heat Rej. MBH
ECP-867-03-HC	12,736
ECP-935-03-IC	13,735
ECP-1000-03-KC	14,690
ECP-1070-03-LD	15,718
ECP-1123-03-LF	16,497
ECP-1200-03-MF	17,628
ECP-688-04-EB	10,107
ECP-723-04-HB	10,621
ECP-832-04-HC	12,222
ECP-875-04-IC	12,854
ECP-940-04-ID	13,809
ECP-996-04-KD	14,631
ECP-1038-04-LD	15,248
ECP-1080-04-LF	15,865
ECP-1148-04-MF	16,864
ECP-1175-04-HG	17,261
ECP-1257-04-IG	18,465
ECP-1048-05-HB	15,395
ECP-1162-05-JB	17,070
ECP-1240-05-LB	18,216
ECP-1292-05-FC	18,979
ECP-1372-05-LC	20,155
ECP-1460-05-LD	21,447
ECP-1534-05-MD	22,534

Model Number	Heat Rej. MBH
ECP-1572-05-ND	23,093
ECP-1648-05-NF	24,209
ECP-1754-05-OF	25,766
ECP-1798-05-NG	26,413
ECP-1922-05-NG	28,234
ECP-475-06-DB	6,978
ECP-514-06-FB	7,551
ECP-572-06-FC	8,403
ECP-608-06-HC	8,932
ECP-640-06-IC	9,402
ECP-684-06-ID	10,048
ECP-700-06-JD	10,283

جدول (3- 2): دليل اختيار المكثفات التبخيرية من شركة (Krack)

التدريب رقم (3)

قم باختيار موديل المكثف التبخيري لجهاز تكييف مركزي بالمواصفات التالية:

- أنواع الضواغط — نصف مغلقة
- درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي — $76°F\ W.B$
- قدرة الضواغط — $550\ kW$
- سعة المبخر — $(850\ T.R)$
- درجة حرارة التكثيف — $100°F$
- نوع وسيط التبريد — $R134a$

الخطوات:

- اتبع خطوات حل المثال السابق.

التدريب رقم (4)

الجدارة:

دراسة أداء المكثفات التبخيرية (Evaporative Condensers Performance).

المطلوب : حساب الفعالية (التأثير) (Effctiveness) والسعة التبريدية للمكثف التبخيري.

الأجهزة والمعدات:

- أدلة التسويق الخاصة بالمكثف التبخيري (الكتالوجات) أو لوحة البيانات.
- مثلج ماء (شيلر).
- ثيرموميترات لقياس درجتي حرارة الهواء الجافة والرطبة.

الخطوات:

- قم بتشغيل المكثف التبخيري حتى يستقر عمله.
- قم بقياس درجتي حرارة الهواء الجوي (الجافة والرطبة)
- قم بقياس درجة حرارة الهواء الخارج من المكثف التبخيري (الجافة)
- حدد النقاط على خريطة السيكرومتري مع خطوط ثبوت درجة الحرارة الرطبة.
- حدد معدل تدفق الهواء من مواصفات الجهاز (الكتالوج أو لوحة البيانات).
- حدد قدرة الضواغط وسعة التبريد من مواصفات الشيلر.
- طبق المعادلة التالية لحساب الفعالية (التأثير) للمكثف التبخيري.

$$\varepsilon = \frac{(t_{ai} - t_{ao})}{(t_{ai} - t_{wb})} \times 100\%$$

- طبق المعادلة التالية لحساب سعة التبريد للوحدة.

$$C.L = m_a \times (\omega_{ai} - \omega_{ao}) \times h_{fg} \quad kW$$

حيث إن (الحرارة الكامنة للماء) $h_{fg} = 2545 \, {kJ}/{kg\,K}$

- تحقق من النتيجة بعد حساب سعة التبريد وقدرة الضواغط.
- علق على نتائج التجربة

ملحوظة: لإجراء هذا التدريب يتطلب وجود دورة تبريد تعمل مع المكثف التبخيري.

التدريب رقم (5)

الجدارة:

تنفيذ معالجة المياه لمنع تكون الرواسب لنظام ماء.

الخطوات:

- مراجعة دورات أنابيب الماء وتنظيف المصافي.
- تنظيف المكثفات ذات التبريد المائي بمحاليل كيميائية لمنع القشور والرواسب.

تنظيف المكثفات:

أ) **التبريد الهوائي:**

يجب تنظيف المكثفات مرة واحدة على الأقل في كل عام أو على فترات متقاربة إذا كانت الوحدة مركبة في بيئة متسخة وذلك للحصول على كفاءة تشغيل أفضل. ولتنظيف الملفات يلزم استعمال فرشاة ومحلول رش.

ب) **التبريد المائي:**

توجد طريقتان لتنظيف المكثفات التي تبرد بالماء:

- **طريقة الجاذبية:** (Gravity flow)

في هذه الطريقة يتم صب محلول التنظيف داخل المكثف لمدة ليلة كاملة ثم بعد ذلك يفرغ الماء ويستبدل بماء نظيف وذلك لإذابة مادة كربونات الكالسيوم التي تسبب تكون الأملاح والقشور داخل المكثف.

- **طريقة الدفع:** (Forced circulation)

في هذه الطريقة تستخدم مضخة لدفع المحلول داخل المكثف بضغط عالي و ذلك إذا كانت طبقة الرواسب سميكة وفشلت الطريقة الأولى في إزالتها.

إذا فشلت الطريقتان يتم استخدام فرش خاصة لتنظيف الأملاح ميكانيكياً.

محلول التنظيف:

يستخدم عادة حامض الهيدروكلوريك المخفف مع مسحوق طفي من نوع فوسفين Inhibitor حتى لا يتمكن الحامض من مهاجمة أسطح الأنابيب ويكون المحلول حسب الجدول (3- 3).

ماء (L)	حامض هيدروكلوريك (تجاري)	مسحوق طفي (gm)	الكمية الكلية (L)
18	4.5	40	22.5
36	9	80	45
54	13.5	120	67.5
72	18	160	90

جدول (3- 3): تكوين محلول التنظيف المثالي

تنظيف المبخر:

دورة الماء البارد في جهاز التكييف المركزي أقل عرضة لتكون القشور والرواسب والصدأ لأن الدائرة مغلقة ودرجة حرارة الماء منخفضة بعكس الحال بالنسبة لدورة الماء الساخن، وعليه فإن تفريغ الدائرة من الماء وتنظيفها فقط يكون كافياً. ولكن وبعد عدة محاولات إذا لم يتم تنظيف المبخر فيمكن استخدام المحلول الكيميائي.

معالجة المياه: (Water treatment)

يجب اتباع التعليمات من قبل الشركات المنتجة للمواد الكيميائية من حيث:

- تركيز المادة المستخدمة.
- فترة استخدام المادة.
- إجراءات السلامة والاحتياطات اللازمة عند التعامل مع المادة الكيميائية.

المصطلحات
Glossary

A	
Air	هواء
Air handling unit (AHU)	وحدة مناولة هواء
Air/ fuel ratio	نسبة الهواء /الوقود
Approach	التقارب
B	
Baltimore	شركة بولتمور
Bhp	القدرة الفرملية
Bituminous coal	الفحم الحجري
C	
Caltalogue	كتالوج (دليل تسويق)
Centrifugal	طرد مركزي
CFM	قدم مكعب في الدقيقة
Chiller	مثلج مياه
Compressor	ضاغط
Concealed	مخفي
Condenser	مكثف
Cooling tower	برج تبريد
D	
Data	بيانات
E	
Effectiveness	فعالية

Efficiency	كفاءة
Entering	دخول
Evaporative condenser	مكثف تبخيري
Excess	زيادة
F	
Fan	مروحة
Fan coil unit (FCU)	وحدة ملف مروحة
Forced circulation	تدوير جبري
Fouling factor	معمل الانسداد
G	
GPM	جالون في الدقيقة
Gravity	جاذبية
Gravity flow	سريان الجاذبية
H	
Heat of rejection	حرارة الطرد
Heating value	السعة الحرارية
Hydronics	مائي
I	
Inhibitor	مانع
Institute	معهد
M	
Model	موديل
Model number	رقم الموديل
N	

Natural	طبيعي
Natural gas	غاز طبيعي
P	
Package	مجمع
Percent	نسبة مئوية
Performance	أداء
Propane	غاز البروبان
Pump	مضخة
R	
Range	مدى
Ratings	بيانات
Ratio	نسبة
S	
Selection	اختيار
Steady state	حالة استقرار
T	
Temperature	درجة الحرارة
Trane	شركة ترين
Treatment	معالجة
W	
Water	ماء
Wet bulb	درجة الحرارة الرطبة
Whp	القدرة المائية
Water chiller ratings	بيانات مثلجات المياه

الرمــوز Nomenclature

Water mass flow rate	kg/s	$\dot{m}_w$	معدل سريان الماء
mass	kg	m	الكتلة
Air mass flow rate	kg/s	$\dot{m}_a$	معدل سريان الهواء
Air density	kg/m^3	ρ_a	كثافة الهواء
Static pressure	Pa	p_s	الضغط الإستاتيكي
Dynamic pressure	Pa	p_d	الضغط الديناميكي
Velocity pressure	Pa	p_v	ضغط السرعة
Total pressure	Pa	p_T	الضغط الكلي
Total Pressure difference	Pa	Δp_T	فرق الضغط الكلي
Fan static pressure	Pa	FSP	الضغط الإستاتيكي للمروحة
Fan total pressure	Pa	FTP	الضغط الكلي للمروحة
Air pressure	Pa	p_a	ضغط الهواء
Specific heat of water	kJ/kgK	c_{pw}	الحرارة النوعية للماء
Coefficient of performance	-	COP	معامل الأداء
Energy efficiency ratio	-	EER	نسبة كفاءة الطاقة
Air volume	m^3	V_a	حجم الهواء
Dry bulb temperature	$°C$	T_{db}	درجة الحرارة الجافة
Wet bulb temperture	$°C$	T_{wb}	درجة الحرارة الرطبة
Relative humidity	$\%$	RH	الرطوبة النسبية
Ton of Refrigeration	TR	TR	طن التبريد
Temperature difference	$°C$	ΔT	فرق درجات الحرارة
Velocity	m/s	V	السرعة
Discharge (volume flow rate)	m^3s^{-1}	Q	معدل السريان الحجمي
efficiency	-	η	الكفاءة
Steady state efficiency	-	η_{ss}	كفاءة الاستقرار
Thermal efficiency	-	η_{th}	الكفاءة الحرارية
Mechanical efficiency	-	η_m	الكفاءة الميكانيكية
Cooling load	W	CL	حمل التبريد

Power	*WATTS*	*P*	القدرة
Water horsepower	*hp*	*WHP*	القدرة المائية
Brake horsepower	*hp*	*BHP*	القدرة الفرملية
Current	*A*	*I*	التيار
Voltage	*V*	*V*	الجهد
Heating value	$kcal/m^3$	H.V	السعة الحرارية
Rate of fuel consumption	m^3/h	$\dot{Q}_f$	معدل استهلاك الوقود

المراجع

م	المرجع
1.	Carrier Air Conditioning Company" Air Conditioning Systems Design Manual" McGraw-Hill.
2.	ASHRAE Handbook "Volume of Systems & Equipment"
3.	Edward G. Pita, 1981 "Air Conditioning Principles And Systems: An Energy Approach" 3rd. Edition, John Willey & Sons, Inc.
4.	Shan. K. Wang, 1994 "Handbook of Air Conditioning And Refrigeration" McGraw-Hill.
5.	Trane Company, "Air Conditioning Manual"
6.	Trane Company, "Catalogues"
7.	Baltimore cooling towers & evaporative condensers, "Catalogues"
8.	Tomas. E. Mull "HVAC Principles And Applications Manual" McGraw-Hill.
9.	Personal Internet Connections
10.	المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني - الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج "حقيبة التكييف المركزي- عملي- "

المحتويات

مقدمة .....
تمهيد .....
الوحدة الأولى : اختيار ودراسة أداء مثلجات المياه والغلايات والمضخات 2
مقدمة 2
اختيار مثلجات المياه 3
تدريب رقم (1) 6
تدريب رقم (2) 7
تدريب رقم (3) 8
تدريب رقم (4) 10
تدريب رقم (5) 11
تدريب رقم (6) 12
تدريب رقم (7) 13
اختيار المراجل (الغلايات) 15
تدريب رقم (8) 17
تدريب رقم (9) 18
تدريب رقم (10) 19
اختيار المضخات 20
تدريب رقم (11) 21
تدريب رقم (12) 22
الوحدة الثانية : اختيار ودراسة أداء وحدات مناولة الهواء والوحدات الطرفية والمراوح 24
مقدمة 24
اختيار وحدات مناولة الهواء 25
تدريب رقم (1) 28
تدريب رقم (2) 29
اختيار وحدات الفان كويل 30
تدريب رقم (3) 32
تدريب رقم (4) 33
اختيار مروحة طاردة مركزية 34
تدريب رقم (5) 35
قياس الضغط الإستاتيكي والضغط الديناميكي والضغط الكلي للمروحة 36
تدريب رقم (6) 38
تدريب رقم (7) 40

تدريب رقم (8) 42
تدريب رقم (9) 44
الوحدة الثالثة : اختيار ودراسة أداء أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية 47
مقدمة 47
اختيار أبراج التبريد 48
تدريب رقم (1) 50
تدريب رقم (2) 51
اختيار المكثفات التبخيرية 52
تدريب رقم (3) 54
تدريب رقم (4) 55
تدريب رقم (5) 56
مصطلحات ورمـــوز 58
المراجع References 63