التدفئة وتكييف الهواء في المنشآت النسيجية

الجزء العملي

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

التدفئة وتكييف الهواء في المنشآت النسيجية

الجزء العملي

الدكتور
وجيه محمد خير ناعمة
أستاذ في قسم الميكانيك العام

المهندس
أحمد غريب عمايري
قائم بالأعمال في قسم الميكانيك العام

جامعة دمشق

1442-1443
2020-2021

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

مقدمة	7
الفصل الأول: التدفئة	9
مسائل محلولة	11
مسائل غير محلولة	47
الفصل الثاني: التكييف	53
مسائل محلولة	54
مسائل غير محلولة	112
الفصل الثالث: التهوية	123
مسائل محلولة	123
مسائل غير محلولة	139
الرموز والمصطلحات	141
الرموز الدليلية	143

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مقدمة:

بدأ التطور الفعلي في مجال تكييف الهواء والذي يضم أنظمة التدفئة والتكييف والتهوية مع بداية القرن الماضي على يد العالم ولس كارير مؤسس شركة كارير العالمية، ونسبة لأهمية تكييف الهواء في راحة الإنسان وصحته فقد أصبح هذا المجال من المجالات المهمة التي تؤثر في الاستهلاك القومي للطاقة.

تستخدم أنظمة التكييف في يومنا هذا في جميع أنواع المباني كالمباني السكنية والتجارية والمؤسسات التعليمية والمشافي والمصانع؛ إذ يعمل نظام التكييف على تحقيق جو مناسب وتأمين الراحة الحرارية للأشخاص الموجودين داخل البناء، ويكون لعملية التكييف في معامل الصناعات النسيجية أهمية خاصة حيث يكون نظام التكييف مسؤولاً -فضلاً عن تحقيق جو من الراحة الحرارية-عن تنقية هواء الصالات الإنتاجية من الملوثات المنبعثة كغبار النسيج أو الغازات السامة كغاز الكلور والآزوت.

يضم الكتاب مجموعة من المسائل العملية المحلولة والمتنوعة والمشروحة شرحاً مفصلاً لمقرر التدفئة والتكييف والتهوية لمنشآت الصناعات النسيجية ومجموعة أخرى من المسائل غير المحلولة؛ آملين أن يكون هذا الكتاب مرجعاً مهماً للطلبة في الفهم الصحيح لأنظمة التكييف والتهوية ومعرفة طرق تصميمها وحساباتها.

المؤلفون

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول: التدفئة

ويضم هذا الفصل مجموعة من المسائل مع حلولها تتناول الأفكار الآتية:

1- انتقال الحرارة.

2- حساب الحمل الحراري.

3- تحديد درجة حرارة مكان غير مدفأ.

4- حساب الحمل الحراري والتجهيزات المتممة.

5- حساب التوفير الحراري والاقتصادي نتيجة العزل ومدة استعادة كلفة العازل.

كما يتناول مجموعة من المسائل غير المحلولة.

مقدمة:

كمية الحرارة المنتقلة: $Q = A.U.\Delta t$

كمية الحرارة المنتقلة: $[W]$

U: معامل انتقال الحرارة $[W/m^2.^oC]$

A: مساحة سطح التبادل $[m^2]$

Δt : فرق درجات الحرارة الداخلية والخارجية $(t_i - t_o)$

ويحسب معامل انتقال الحرارة الكلي لجدار مؤلف من طبقة واحدة من العلاقة:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} [\frac{W}{m.^oC}]$$

U :معامل انتقال الحرار ة الكلي

δ : سماكة الجدار $[m]$

λ : معامل التوصيل الحراري للجدار

$[w/m.^oC]$

أما إذا كان الجدار مؤلفاً من أكثر من طبقة فتصبح العلاقة:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \left[\frac{W}{m^2.^oC}\right]$$

Damascus University

المسألة /1/:

حدِّد كمية الحرارة المنتقلة خلال واحدة السطح [q] عبر جدار مستو فولاذي سماكته $\delta = 10\ [mm]$ ومعامل توصيله الحراري $\lambda = 50\ [w/m.^oC]$ ودرجة حرارة الغازات $t_1 = 1127\ [^oC]$ ودرجة حرارة المياه الساخنة $t_2 = 100\ [^oC]$ ومعامل انتقال الحرارة من الغازات إلى الجدار $\alpha_1 = 100\ [w/m^2.^oC]$ ومن الجدار إلى المياه الساخنة $\alpha_2 = 5000\ [w/m^2.^oC]$ وحدد أيضاً درجات حرارة السطوح، ومعامل انتقال الحرارة الإجمالي عبر الجدار [U] أجر الحساب في الحالتين :

1- سطح التسخين نظيف.

2- على السطح طبقة من هباب الفحم سماكتها $\delta = 2\ [mm]$ ومعامل توصيلها الحراري $\lambda = 0.09\ [w/m.^oC]$

احسب كم مرة سينخفض عامل انتقال الحرارة الإجمالي [U] نتيجة ظهور طبقة هباب الفحم.

الحل :

- سطح التسخين نظيف

$$q = U.\Delta t$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 96.2[\frac{W}{m.^oC}]$$

$$q = 96.2(1127 - 100) = 98797[w/m^2.^oC]$$

$$q = \alpha_1(t_1 - t_{w1}) \Rightarrow t_{w1} = 139[^oC]$$

$$q = \alpha_2(t_{w2} - t_2) \Rightarrow t_{w2} = 119.76[^oC]$$

- سطح التسخين غير نظيف

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = 30.7[\frac{W}{m.^oC}]$$

$$q = 30.7(1127 - 100) = 30810[w/m^2.^oC]$$

$$q = \alpha_1(t_1 - t_{w1}) \Rightarrow t_{w1} = 818.9[^oC]$$

$$q = \alpha_2(t_{w2} - t_2) \Rightarrow t_{w2} = 134.23[^oC]$$

انخفض معامل انتقال الحرارة بوجود طبقة هباب الفحم بمقدار 3.13 مرة.

حساب الحمل الحراري لغرفة

هو كمية الحرارة التي تضيع من غرفة عندما تكون درجة حرارتها t_i ودرجة حرارة الوسط الخارجي t_e ويتم حسابه بمعرفة الحرارة الضائعة والواجب تعويضها للغرفة، وهي:

1- كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران.

2- كمية الحرارة المنتقلة عبر السقف.

3- كمية الحرارة المنتقلة عبر النوافذ.

4- كمية الحرارة المنتقلة عبر الأرض.

5- كمية الحرارة نتيجة تسرب الهواء.

$$Q = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600}[w]$$

ρ : كثافة الهواء $[kg/m^3]$.

c : السعة الحرارية للهواء $[j/kg.k]$.

v : حجم الغرفة $[m^3]$.

n : عدد مرات تبديل الهواء.

Δt : فرق درجات الحرارة بين جو الغرفة والوسط الخارجي.

المسألة /2/:

صالة أبعادها |m|10×|m|15، وارتفاعها |m|3.5، معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف، ومساحة النوافذ الموجودة في الجدران| ^{2}m|15، تتألف الجدران من بيتون بسمك |cm|15، وحجر خارجي بسمك |cm|6، مع عازل حراري من الداخل بسمك |cm|4 من مادة الستريوبور. أرض الصالة فوق مستودع غير مدفأ درجة حرارته [°C| 5 يراد تدفئة الصالة بحيث تكون درجة حرارتها الداخلية $t_i = 20$ [°C] والخارجية $t_o = 20$ [°C] ومعاملات انتقال الحرارة وفق الآتي:

- الجدران : البيتون $\lambda = 1.2$ $[w/m.°C]$
- الحجر : $\lambda = 1$ $[w/m.°C]$
- العازل: $\lambda = 0.04$ $[w/m.°C]$
- معامل انتقال الحرارة للسطح الداخلي: $\alpha = 8$ $[w/m^2.°C]$
- معامل انتقال الحرارة للسطح الخارجي: $\alpha_o = 18$ $[w/m^2.°C]$
- السقف: معامل انتقال الحرارة الكلي: $U = 1.8$ $[w/m^2.°C]$
- النوافذ: معامل انتقال الحرارة الكلي: $U = 6.7$ $[w/m^2.°C]$
- الأرض: معامل انتقال الحرارة الكلي: $U = 1.6$ $[w/m^2.°C]$

عدَّ تسرب الهواء بمعدل مرة بالساعة من حجم الصالة وكثافة الهواء= ρ $[1.2\ kg/m^3]$ والسعة الحرارية للهواء $C = 1$ $[kj/kg.°C]$

والمطلوب:

احسب الحمل الحراري الكلي للصالة.

الحل :

حساب معامل انتقال الحرارة للجدران

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 0.732[\frac{W}{m^2.^oC}]$$

كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(10+15)\times 2\times 3.5 - 15]\times 0.732\times (20-0) = 2342.4[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 10\times 15\times 1.8\times (20-0) = 5400[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 10\times 15\times 1.6\times (20-5) = 3600[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 15\times 6.7\times (20-0) = 2010[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 3500[w]$$

الحمل الحراري الكلي للغرفة: $Q_{tot} = \Sigma Q = 16852.4[W]$

المسألة /3/:

تبلغ درجة حرارة غرفة $[^oC]$ $t_i=20$، ودرجة حرارة الجو الخارجي $[^oC]$ $t_o=-5$، ومساحة جدار الغرفة الخارجي من دون نوافذ $A_1=19\ [m^2]$، وسماكة الجدار $\delta_1 = 25[cm]$ ومعامل انتقال الحرارة بالتوصيل للجدار $\lambda_1=1.3\ [w/m.^oC]$، ومساحة النوافذ $A_2=8\ [m^2]$ من زجاج سماكته $\delta_1=4\ [mm]$، ومعامل انتقال الحرارة بالتوصيل للزجاج $\lambda_2=1.05\ [w/m.^oC]$.

1- احسب مقدار الحرارة الضائعة من الجدار والنوافذ.

2- درجة حرارة السطح الداخلي للجدار، ودرجة حرارة السطح الداخلي للزجاج، وقارن بينهما وبيّن بماذا تتعلق هذه الدرجة إذا علمت أن:

معامل انتقال الحرارة للسطح الداخلي $\alpha_i=8\ [w/m^2.^oC]$

ومعامل انتقال الحرارة للسطح الخارجي $\alpha_o=18\ [w/m^2.^oC]$

الحل:

معامل انتقال الحرارة للجدران: $U_1=2.682\ [w/m^2.^oC]$

معامل انتقال الحرارة للزجاج: $U_2=5.424\ [w/m^2.^oC]$

الحرارة الضائعة من الجدران: $Q_1=1273.95[w]$

الحرارة الضائعة من الزجاج: $Q_2=1084.8[w]$

درجة حرارة السطح الداخلي للجدار:

$$Q_1 = A \times \alpha_i \times (t_i - t_{w1}) \Rightarrow t_{w1} = 11.62\,[^oC]$$

درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج:

$$Q_2 = A \times \alpha_i \times (t_i - t_{w2}) \Rightarrow t_{w2} = 3.05[^\circ C]$$

نلاحظ أنه بازدياد معامل انتقال الحرارة بالحمل انخفضت درجة حرارة السطح الداخلي.

المسألة /4/:

احسب درجة حرارة الغرفة A غير المدفأة والمجاورة لأماكن مدفأة، علماً أن الغرفة ملاصقة لتربة درجة حرارتها $t=10\ [^oC]$، وسطح معرّض لجو خارجي درجة حرارته $t_o=0\ [^oC]$، علماً أن عدد مرات تبديل الهواء بالساعة $n=2$ مرة من حجم الغرفة وأبعاد الغرفة $5[m]\times5[m]\times4[m]$ وارتفاعها وكثافة الهواء $\rho=1.25\ [kg/m^3]$، ومعامل انتقال الحرارة الكلي $U=2\ [w/m^2.^oC]$

0 [°C]

20 [°C] A

15 [°C]

الحل:

تستقر درجة حرارة الغرفة A عند درجة معينة عندما تتساوى كمية الحرارة التي تكتسبها مع كمية الحرارة التي تخسرها

Q_1 : كمية الحرارة المكتسبة من الغرفة ذات درجة الحرارة $t=20\ |^{o}C\ |$

Q_2 : كمية الحرارة المكتسبة من الغرفة ذات درجة الحرارة $t=15\ |^{o}C\ |$

Q_3 : كمية الحرارة المكتسبة من التربة ذات درجة الحرارة $t=10\ |^{o}C\ |$

Q_4 : كمية الحرارة الضائعة عبر السقف

Q_5 : كمية الحرارة الضائعة عبر الجدران الخارجية

Q_6 : كمية الحرارة الضائعة نتيجة تسرب الهواء

تعطى كمية الحرارة المنتقلة بالعلاقة الآتية:

$$Q = A.U.\Delta t$$

$$Q_1 = 5\times 4\times 2\times (20 - t_i) = 800 - 40t_i$$

$$Q_2 = 5\times 4\times 2\times (15 - t_i) = 600 - 40t_i$$

$$Q_3 = 5\times 5\times 2\times (10 - t_i) = 500 - 50t_i$$

$$Q_4 = 5\times 5\times 2\times (t_i - 0) = 50t_i$$

$$Q_5 = 4\times (5+5)\times 2\times (t_i - 0) = 80t_i$$

$$Q_6 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = \frac{1.25\times 1026\times 5\times 5\times 4\times 2(t_i - 0)}{3600} = 71.25t_i$$

بالمساواة: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$

نجد أن: $t_i=5.74\ |^{o}C\ |$

المسألة /5/:

غرفة أبعادها |m|25×|m|20، وارتفاعها |m|4، معرضة للجو الخارجي من ثلاثة جدران، ومساحة النوافذ الموجودة في هذه الجدران| m^2|35. أما الجدار الرابع، فهو بطول |m|20 ومجاور لمستودع غير مدفأ أبعاده |m|10×|m|20، وارتفاعه |m|4، وفيه نوافذ خارجية مساحتها | m^2|10، وأرضية الغرفة والمستودع على التربة مباشرة درجة حرارتها | ^oC| t=10 وسقف الغرفة والمستودع معرضان للجو الخارجي. يراد تدفئة الغرفة بحيث تكون درجة حرارتها | ^oC| t_i=22 عندما تكون درجة الحرارة الخارجية | ^oC| t_o=-2

والمطلوب :

1- احسب درجة حرارة المستودع غير المدفأ.

2- الحمل الحراري الكلي للغرفة.

علما أن:

معامل انتقال الحرارة للجدران :|$w/m^2.^oC$| U_1=2.8

معامل انتقال الحرارة الكلي للنوافذ :|$w/m^2.^oC$| U_2=6.4

معامل انتقال الحرارة الكلي للسقف:|$w/m^2.^oC$| U_3=2.2

معامل انتقال الحرارة الكلي للأرض:|$w/m^2.^oC$| U_4=1

علماً أن عدد مرات تبديل الهواء n=1 للغرفة، n=0.5 للمستودع.

الحل:

1- تستقر درجة المستودع عند درجة معينة عندما تتساوى كمية الحرارة التي تكتسبها مع كمية الحرارة التي تخسرها

Q_1 : كمية الحرارة الضائعة عبر الجدران الثلاثة الخارجية

Q_2 : كمية الحرارة الضائعة عبر النوافذ

Q_3 : كمية الحرارة الضائعة عبر السقف

Q_4 : كمية الحرارة الضائعة نتيجة تسرب الهواء

Q_5 : كمية الحرارة المكتسبة من التربة ذات درجة الحرارة $t=10\ [^oC]$

Q_6 : كمية الحرارة المكتسبة من جدار الغرفة ذات درجة الحرارة $t_i=22\ [^oC]$

تعطى كمية الحرارة المنتقلة بالعلاقة الآتية:

$$Q = A.U.\Delta t$$

$$Q_1 = [(2\times 10 + 20)\times 4 - 10]\times 2.8\times (t_{i2} + 2) = 420t_{i2} + 840$$

$$Q_2 = 10\times 6.4\times (t_{i2} + 2) = 64t_{i2} + 128$$

$$Q_3 = 20\times 10\times 2.2\times (t_{i2} + 2) = 440t_{i2} + 880$$

$$Q_4 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 133.3t_{i2} + 266.6$$

$$Q_5 = 20\times 10\times 1\times (10 - t_{i2}) = 2000 - 200t_{i2}$$

$$Q_6 = 20\times 4\times 2.8\times (22 - t_{i2}) = 4928 - 224t_{i2}$$

بالمساواة: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6$

نجد أن: $t_{i2}=3.3\ [^oC]$

2- حساب الحمل الحراري للغرفة

كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران الخارجية:

$$Q_1 = [(2\times 25 + 20)\times 4 - 35]\times 2.8\times (22+2) = 16464[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 20\times 25\times 2{,}2\times (22+2) = 26400[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 20\times 25\times 1\times (22-10) = 6000[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 35\times 6.4\times (22+2) = 5376[W]$$

عبر جدار المستودع:

$$Q_5 = 20\times 4\times 2.8\times (22-3.3) = 4188.8[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_6 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 8000[w]$$

الحمل الحراري الكلي للغرفة:

$$Q_{tot} = \Sigma Q = 66428.8[W]$$

المسألة /6/:

يراد تدفئة مكان أبعاده |25|m|×20|m| وارتفاعه |4|m|، معرض للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف. مساحة النوافذ الموجودة في الجدران| $40|m^2|$، يتألف السقف من بيتون بسمك |20|cm| مع عازل حراري بسمك |4|cm| من مادة الستريوبور، درجة حرارة أرض الصالة | t=10 |°C. يراد تدفئة الصالة بواسطة مشعات من الفونت تستعمل الماء الساخن (82°C-70 °C) فإذا كانت درجة حرارة الصالة | t_i=20 |°C والحرارة الخارجية | t_o=0 |°C وكانت معاملات انتقال الحرارة وفق الآتي:

- السقف: البيتون |λ =1.25 |w/m.°C
- العازل |λ =0.04 |w/m.°C
- ومعاملات انتقال الحرارة بالحمل |α_i=9.5 |$w/m^2.°C$ ، |α_o=22.2 |$w/m^2.°C$
- الجدران: معامل انتقال الحرارة الكلي: |U=2.2 |$w/m^2.°C$
- النوافذ: معامل انتقال الحرارة الكلي: |U=5.6 |$w/m^2.°C$
- الأرض: معامل انتقال الحرارة الكلي: |U=1 |$w/m^2.°C$

عدَّ تسرب الهواء بمعدل مرة ونصف بالساعة من حجم الصالة، كثافة الهواء $\rho = 1.2 \ [kg/m^3]$، والسعة الحرارية للهواء $C_a=1[kj/kg.^oC]$ وللماء $C_w=4.18[kj/kg.^oC]$

والمطلوب:

1- احسب الحمل الحراري الكلي للصالة.

2- استطاعة المرجل اللازم.

3- استطاعة الحراق اللازم إذا كان $C_f=41800[kj/kg]$ ومردود المرجل η=0.8.

4 تدفق مضخة التسريع المناسبة.

5- مقطع المدخنة المربعة إذا كان ارتفاعها h=9[m].

6- حجم خزان المازوت الشهري لتشغيل 10 ساعات باليوم ρ_l=0.84 [kg/l]

7- حدّد كمية التخفيض في الحمل الحراري نتيجة عزل السقف، وحدّد كمية المازوت المتوفرة بالساعة، وحدّد كلفة العازل إذا كان سعر المتر المكعب يساوي 4000[s.p] وبعد كم سنة تشغيل يتم استرجاع كلفة العازل إذا كان سعر ليتر المازوت 6.3[s.p]؟

8- لوحظ وجود ماء متكاثف على زجاج النوافذ من الداخل حدد درجة الحرارة الخارجية إذا كان مقياس الرطوبة النسبية في المكان يشير إلى RH=45% ودرجة حرارة داخلية $t_i=20 \ [^oC]$. ماذا تقترح لتلافي ذلك؟ حيث إن $\alpha_i=8 \ [w/m^2.^oC]$

الحل:

1- حساب معامل انتقال الحرارة للسقف

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 0.608[\frac{W}{m^2.^oC}] \quad -1$$

-2

كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة :

$$Q = A.U.\Delta t$$

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(20+25)\times 2\times 4 - 40]\times 2.2\times (20-0) = 14080[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 20\times 25\times 0.608\times (20-0) = 6080[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 20\times 25\times 1\times (20-10) = 5000[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 40\times 5.6\times (20-0) = 4480[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 20000[w]$$

الحمل الحراري الكلي للغرفة:

$$Q_{tot} = \Sigma Q = 49640[W]$$

3- استطاعة المرجل:

$$Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 49644 = 64532[W]$$

4- استطاعة الحراق:

$$\dot{M} = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_V} = 6.95[kg/h]$$

5- تدفق مضخة التسريع المناسبة:

$$M = \frac{Q_{net}}{C_W \times \Delta t} = \frac{1.1 \times Q_{tot}}{4.18 \times 12} = 1.0886[kg/s]$$

6- مقطع المدخنة:

$$S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.0316[m^2]$$

7- كمية المازوت المستهلكة شهرياً M :

$$M = 10 \times 30 \times 6.95 = 2085[kg/month]$$

حجم خزان المازوت الشهري:

$$V = \frac{M}{\rho} = 2482.14[L/month]$$

8- حساب معامل انتقال الحرارة قبل العزل:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}} = 3.22[\frac{W}{m^2.^oC}]$$

الحمل الحراري للسقف من دون عزل:

$$Q_2^* = 20 \times 25 \times 3.22 \times (20 - 0) = 32220[W]$$

الحمل الحراري للسقف مع عزل:

$$Q_2 = 20 \times 25 \times 0.608 \times (20 - 0) = 6080[W]$$

كمية التوفير في الحمل الحراري نتيجة العزل: $\Delta Q = Q_2^* - Q_2 = 26140[W]$

الحمل الحراري الكلي للصالة من دون عزل: $Q_{tot}^* = Q_{tot} + \Delta Q = 75780[W]$

استطاعة المرجل: $Q_b^* = Q_{tot}^*(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 75780 = 98514[W]$

استطاعة الحراق: $\dot{M}^* = \frac{Q_b^* \times 3600}{\eta \times C_V} = 10.605[kg/h]$

التوفير في المازوت: $\Delta \dot{M} = \dot{M}^* - \dot{M} = 3.655[kg/h]$

- كلفة العازل

لحساب كلفة العازل نحسب أولاً حجم العازل

حجم العازل: $V = 20 \times 25 \times 0.04 = 20[m^3]$

كلفة العازل: $\cos t = 20 \times 4000 = 80000[l.s]$

- فترة استرجاع كلفة العازل

نحسب أولا المبلغ المتوفر من المازوت $\Delta V = \frac{\Delta \dot{M}}{\rho} = 4.35[l/h]$

$$saving = 4.35 \times 6.3 = 27.4[\frac{l.s}{h}]$$

عدد ساعات التشغيل اللازم لاسترجاع كلفة العزل n:

$$n = \frac{\cos t}{saving} = 2919.71[h]$$

9- يحدث التكاثف عندما يلامس الهواء سطحاً له درجة حرارة نقطة الندى.

من المخطط السايكومتري $DP = t_s = 8[^oC]$

$$A \times U \times (t_i - t_o) = A \times \alpha_i \times (t_i - t_s) => t_o = 2.837[^oC]$$

نستعمل زجاج مزدوج لتخفيض معامل انتقال الحرارة، وبالتالي زيادة درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج بحيث لاتصل إلى درجة حرارة نقطة الندى ولا يحدث تكاثف.

المسألة /7/:

يراد تدفئة الغرفة المبينة جانباً باستخدام المشعات (90°C-70 °C) أبعاد الغرفة |15|m|×10|m|، وارتفاعها |4|m| وأبعاد النوافذ |2|m|×1 |m| وعددها |6| وأبعاد الباب |2|m|×2|m| ومعامل انتقال الحرارة الكلي |U|:

- جدران داخلية وخارجية:
  $U=1.8|w/m^2.°C|$
- السقف: $U=2.2\ |w/m^2.°C|$
- الباب: $U=2\ |w/m^2.°C|$
- النوافذ: $U=5.4\ |w/m^2.°C|$
- الأرض: $U=1\ |w/m^2.°C|$

درجة الحرارة الداخلية | $t_i=20\ |°C$ والخارجية | $t_o=-2\ |°C$ والغرف المجاورة $t=10\ |°C$ والأرض على التربة مباشرة ودرجة حرارتها | $t=10\ |°C$ ومعدل تدفق الهواء المتسرب مرة واحدة من حجم الصالة بالساعة.

والمطلوب :

1- حساب الضياع الحراري لهذه الغرفة وتنظيمه في جدول.

2- حساب عدد مقاطع المشعات اللازمة إذا كان المقطع الواحد يعطي |140|w عند فرق درجات حرارة |60|°C.

3- حساب استطاعة المرجل اللازم والحراق المناسب والمدخنة المناسبة لارتفاع h-9|m|

علما أن للهواء: $\rho = 1.2\ [kg/m^3]$ ، $C = 1026[j/kg.^oC]$

القيمة الحرارية الدنيا لاحتراق الوقود $C_u = 41800[kj/kg]$ ومردود المرجل $\eta = 0.8$.

الحل:

1- كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران الخارجية:

$$Q_1 = [(10+15)\times 4 - 6\times 2\times 1]\times 1.8\times (20-(-2)) = 3484.8[W]$$

عبر الجدران الداخلية:

$$Q_2 = [(10+15)\times 4 - 2\times 2]\times 1.8\times (20-10) = 1728[W]$$

عبر السقف:

$$Q_3 = 10\times 15\times 2.2\times (20-(-2)) = 7260[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_4 = 10\times 15\times 1\times (20-10) = 1500[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_5 = 6\times 2\times 1\times 5.4\times (20-(-2)) = 1425.6[W]$$

عبر الباب:

$$Q_6 = 2\times 2\times 2\times (20-10) = 80[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 4514.4[w]$$

الحمل الحراري الكلي للغرفة:

$$Q_{tot} = \Sigma Q = 19992.8[W]$$

$$\Delta t_1 = t_{m1} - t_{i1} = 80 - 20 = [60^o C] \quad -2$$

عدد المقاطع: $$n = \frac{Q_{tot}}{q} = \frac{19992.8}{140} = 142.8 \approx 143$$

نحسب الحمل الحراري بناء على عدد المقاطع الجديد:

$$Q_{tot} = 140 \times 143 = 20020[W]$$

3- استطاعة المرجل

$$Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 20020 = 26026[W]$$

استطاعة الحراق: $$M = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_v} = 2.63[kg/h]$$

مقطع المدخنة : $$S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.0127[m^2]$$

المسألة /8/:

بناء مؤلف من طابقين متماثلين في كل طابق صالة أبعادها $30|m|\times25|m|$ وارتفاعها $5|m|$ معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران. سقف الطابق الثاني معرّض للجو الخارجي والطابق الأول فوق مستودع غير مدفأ درجة حرارته $t=10\ |^oC|$ ، مساحة النوافذ الموجودة في جدران كل صالة $50\ |m^2|$.تتألف الجدران من بيتون بسمك $20\ |cm|$ مع عازل حراري من الداخل بسمك $4\ |cm|$ من مادة الستريوبور. يراد تدفئة البناء بواسطة مشعات من الفونت تستعمل الماء الساخن ($90^oC-70\ ^oC$) فإذا كانت درجة حرارة الطابق الأول $t_i=18\ |^oC|$، ودرجة حرارة صالة الطابق الثاني $t_i=20\ |^oC|$، ودرجة الحرارة الخارجية $t_o=-2\ |^oC|$، وكانت معاملات انتقال الحرارة :

- الجدران : البيتون $\lambda=1.3\ |w/m.^oC|$
- العازل $\lambda=0.04\ |w/m.^oC|$
- $\alpha_i-8\ |w/m^2.^oC|$
- $\alpha_o-18\ |w/m^2.^oC|$
- السقف : معامل انتقال الحرارة الكلي: $U_2=2.2\ |w/m^2.^oC|$
- السقف أو الأرض بين الطوابق: معامل انتقال الحرارة الكلي: $U_3=2\ |w/m^2.^oC|$
- النوافذ : معامل انتقال الحرارة الكلي: $U_4=5.5\ |w/m^2.^oC|$

عدّ تسرب الهواء بمعدل نصف مرة بالساعة من حجم الصالة، كثافة الهواء $\rho=1.2\ |kg/m^3|$، والسعة الحرارية للهواء $C_a=1|kj/kg.^oC|$ وللماء $C_w=1|kj/kg.^oC|$

والمطلوب:

1- معامل انتقال الحرارة للجدران U_1.

2- الحمل الحراري الكلي لكل صالة والإجمالي للطابقين.

3- استطاعة المرجل اللازم (مرجل واحد للطابقين معاً).

4- تدفق الحراق المناسب للمرجل إذا علمت أن المكافئ الحراري لاحتراق المازوت $C_v=41800[kj/kg]$ ومردود الاحتراق $\eta=0.85$.

5- تدفق مضخة التسريع المناسبة.

6- مقطع المدخنة المربع المناسب للمرجل إذا كان ارتفاعها $h=16\ [m]$.

7- حجم خزان المازوت الشهري لتشغيل 10 ساعات باليوم $\rho_1=0.84\ [kg/L]$.

8- لكي يصبح حمل الطابق الثاني مساوياً لحمل الطابق الأول تم عزل سقف الطابق الثاني احسب معامل انتقال الحرارة الجديد لهذا السقف بعد العزل.

9- عند أي درجة حرارة خارجية يحصل التكاثف على السطح الداخلي للزجاج لصالة الطابق الأول إذا كانت الرطوبة النسبية فيها $RH=50\%$؟

الحل:

1- حساب معامل انتقال الحرارة للجدران:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 0.7494[\frac{W}{m^2.^oC}]$$

2- تعطى كمية الحرارة المنتقلة بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

الطابق الثاني:

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(30+25)\times 2\times 5 - 50]\times 0.7494\times (20-(-2)) = 8243.4[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 30\times 25\times 2.2\times (20-(-2)) = 36300[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 30\times 25\times 2\times (20-18) = 3000[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 50\times 5.5\times (20-(-2)) = 6050[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 13750[w]$$

الحمل الحراري الكلي للطابق الثاني: $Q_I = \Sigma Q = 67343.4[W]$

الطابق الأول:

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(30+25)\times 2\times 5 - 50]\times 0.7494\times (18-(-2)) = 7494[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 30\times 25\times 2\times (18-20) = -3000[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 30\times 25\times 2\times (18-10) = 12000[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 50\times 5.5\times (18-(-2)) = 5500[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 12500[w]$$

الحمل الحراري الكلي للطابق الأول: $Q_{II} = \Sigma Q = 34494[W]$

الحمل الحراري الكلي للبناء: $Q_{tot} = Q_I + Q_{II} = 101839[W]$

3- استطاعة المرجل:

$$Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2) = 1.3\times 101839 = 132388[W]$$

4- استطاعة الحراق

$$M = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_v} = 13.414[kg/h]$$

5- تدفق مضخة التسريع المناسبة

$$M = \frac{Q_{net}}{C_w \times \Delta t} = \frac{1.1 \times Q_{tot}}{4.18 \times 20} = 1.33[kg/s]$$

6- مقطع المدخنة

$$S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.04867[m^2]$$

7- كمية المازوت المستهلكة شهرياً M :

$$M = 10 \times 30 \times 13.414 = 4024.21[kg/month]$$

حجم خزان المازوت الشهري:

$$V = \frac{M}{\rho} = 4790.7[L/month]$$

8- نحسب الحمل الحراري الجديد للسقف:

$$\Delta Q = Q_I - Q_{II} = 32849.4[W]$$

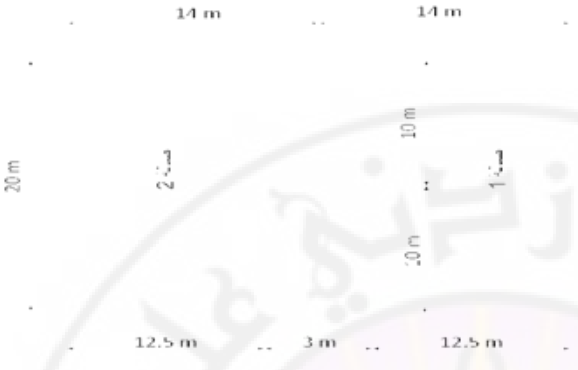
$$Q_{new} = Q_1 - \Delta Q = 36300 - 32849.4 = 3450.6[W]$$

$$Q_{new} = A \times U \times \Delta t \Rightarrow U = \frac{3450.6}{30 \times 25 \times (20-(-2))} = 0.209[w/m^2.^oC]$$

10- من المخطط السايكومتري نجد أن: $DP = t_s = 7.5[^oC]$

$$A \times U \times (t_i - t_o) = A \times \alpha_i \times (t_i - t_s) \Rightarrow t_o = 3.411[^oC]$$

المسألة /9/:



تتألف منشأة للصناعات النسيجية من طابقين طابق أرضي وطابق أول بحيث يتضمن كل طابق صالتين متماثلتين ارتفاع الصالة $3.5[m]$ وقبو للخدمات غير مدفأ ارتفاع $3[m]$ يوضع فيه المراجل وخزانات المازوت أبعاد البناء محددة بالشكل جانباً. القبو غير مدفأ وتقدر درجة حرارته بحوالي $t=10\ [^oC]$ والدرج غير مدفأ، وتقدر درجة حرارته بحوالي $t=5\ [^oC]$، قياس النوافذ متماثل في جميع الطوابق ويساوي $2[m]\times1.5[m]$ عدد 7 لكل صالة، ويفترض تسرب الهواء بمعدل مرة واحدة من حجم الصالة بالساعة، ودرجة الحرارة الداخلية لجميع الصالات $t_i=20\ [^oC]$ والخارجية $t_o=0\ [^oC]$ يراد تدفئة الطابقين الأرضي والأول؛ وذلك باستخدام مشعات تستخدم الماء الساخن ($90^oC-70\ ^oC$) حيث إن معاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول الآتي.

والمطلوب:

العنصر	سقف القبو	سقف أخير	نوافذ	جدران خارجية	جدران درج أو مدخل
$U\ [w/m^2.^oC]$	1.8	2.6	5.5	2.4	2

1- احسب الحمل الحراري الإجمالي لكل صالة بالطابق الأرضي والطابق الأول والحمل الكلي للبناء

2- احسب استطاعة المرجل اللازم لتدفئة كامل البناء معا (للأربع صالات)، واستطاعة الحراق المناسب، وتدفق المضخة المناسبة، وأبعاد المدخنة المربعة، إذا كان ارتفاعها $h=16[m]$، ومساحة غرفة التجهيزات اللازمة.

كثافة الهواء $\rho = 1.2 \quad [kg/m^3]$ والسعة الحرارية للهواء $C_a=1[kj/kg.^oC]$ وللماء $C_w=4.18[kj/kg.^oC]$ القيمة الحرارية الدنيا لاحتراق الوقود $C_f=41800[kj/kg]$، ومردود المرجل $\eta = 0.9$، وكثافة المازوت $\rho_f=0.84\ [kg/L]$

3- ما سماكة العازل اللازم لعزل سقف الطابق الأول ليصبح حمله الحراري مماثلاً لحمل الطابق الأرضي، استخدم لذلك عازلاً من الستريوبور ذي معامل انتقال حرارة بالتوصيل $0.03\ [w/m.^oC]$

الحل:

1 كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة:

$$Q = A.U.\Delta t$$

الطابق الأول لصالة واحدة:

عبر الجدران الخارجية

$$Q_1 = [(14+20+12.5)\times 3.5 - 1.5\times 2\times 7]\times 2.4\times (20-0) = 6804[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_2 = 1.5 \times 2 \times 7 \times 5.5 \times (20 - 0) = 2310[W]$$

عبر السقف:

$$Q_3 = [(20 \times 14) - (10 \times 1.5)] \times 2.6 \times (20 - 0) = 13780[W]$$

عبر الجدران الداخلية:

$$Q_4 = (10 + 1.5) \times 3.5 \times 2 \times (20 - 5) = 1207.5[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 6183.3[w]$$

الحمل الحراري الكلي لصالة واحدة (طابق أول): $Q_1 = \Sigma Q = 30284.8[W]$

الحمل الحراري الكلي للطابق الأول: $Q_{tot1} = 2 \times Q_1 = 60569.6[W]$

الطابق الأرضي لصالة واحدة:

عبر الجدران الخارجية

$$Q_1 = [(14 + 20 + 12.5) \times 3.5 - 1.5 \times 2 \times 7] \times 2.4 \times (20 - 0) = 6804[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_2 = 1.5 \times 2 \times 7 \times 5.5 \times (20 - 0) = 2310[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = [(20\times14)-(10\times1.5)]\times1.8\times(20-10) = 4770[W]$$

عبر الجدران الداخلية:

$$Q_4 = (10+1.5)\times3.5\times2\times(20-5) = 1207.5[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 6183.3[w]$$

الحمل الحراري الكلي لصالة واحدة (طابق أرضي):

$$Q_{II} = \Sigma Q = 21274.8[W]$$

الحمل الحراري الكلي للطابق الأول: $Q_{tot2} = 2\times Q_{II} = 42549.6[W]$

الحمل الحراري الكلي للبناء: $Q_{tot} = 42.55 + 60.57 = 103.12[W]$

2- استطاعة المرجل:

$$Q_b = Q_{tot}(1+P_1+P_2) = 1.3\times103.12 = 134[Kw]$$

استطاعة الحراق:

$$\dot{M} = \frac{Q_b\times3600}{\eta\times C_v} = 12.82[kg/h]$$

تدفق مضخة التسريع المناسبة:

$$M = \frac{Q_{net}}{C_w\times\Delta t} = \frac{1.1\times Q_{tot}}{4.18\times20} = 1.35[kg/s]$$

مقطع المدخنة:

$$S = \frac{Q_h}{680 \times \sqrt{h}} = 0.049[m^2]$$

مساحة غرفة التجهيزات: $A = \frac{\sqrt{Q_t}}{20} = 18.3[m^2]$

3- حتى يتساوى الحملان يجب أن يصبح حمل السقف للطابق الأول مساوي لحمل الأرض في الطابق الأرضي

$$Q = [(20 \times 14) - (10 \times 1.5)] \times U_{new} \times (20 - 0) = 4770[W] \Rightarrow U_{new} = 0.9$$

$$U_{new} = \frac{1}{\frac{1}{U_1} + \frac{\delta}{\lambda}} \Rightarrow \delta = 0.0218[mm]$$

المسألة /10/:

تتألف منشأة للصناعات النسيجية من بناء مؤلف من صالتين متماثلتين، ارتفاع الصالة $3.5|m|$، أبعاد البناء محددة بالشكل، قياس النوافذ متماثل في الصالتين ويساوي $1.6|m| \times 1.2|m|$ ومساحة الباب في كل صالة $2|m^2|$ ويفترض تسرب الهواء بمعدل مرتين من حجم الصالة 1 ومرة واحدة للصالة 2 بالساعة، ودرجة الحرارة الداخلية لجميع الصالات $t_i=20\ [^oC]$ والخارجية $t_o=-2\ [^oC]$ والجوار $t=10\ [^oC]$ ودرجة الحرارة الخارجية $t_o=10\ [^oC]$ يراد تدفئة البناء باستخدام مشعات تستخدم الماء الساخن ($90^oC-70\ ^oC$) كثافة الهواء $\rho = 1.2\ [kg/m^3]$ والسعة الحرارية للهواء $C_a=1.026|kj/kg.^oC|$ وللماء $C_w=4.18|kj/kg.^oC|$ والحرارة النوعية للمازوت $C_v=41800|kj/kg|$ ومردود المرجل $\eta = 0.85$.

والمطلوب:

1- احسب الحمل الحراري الإجمالي لكل صالة، والحمل الكلي للبناء.

2- مواصفات التجهيزات (مرجل، حراق، مدخنة، مضخة، غرفة التجهيزات، خزان المازوت اللازم لتشغيل 5 أشهر) إذا كان ارتفاع المدخنة $h=9\ |m|$ وكان عدد ساعات التشغيل اليومي 10 ساعات، وكثافة المازوت $\rho_l=0.84\ |kg/L|$.

3- ما سماكة العازل اللازم لعزل سقف الصالة 1 ليصبح حملها الحراري مماثلاً لحمل الصالة 2، استخدم لذلك عازل من الستريوبور ذي معامل توصيل حراري $\lambda = 0.03\ |w/m.^oC|$.

العنصر	أرض	سقف	نوافذ	جدران خارجية	جدران داخلية	باب
$U\ [w/m^2.^oC]$	1.2	3.2	5.5	0.8	2.3	2.3

الحل:

1- كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

الصالة 1:

عبر الجدران الخارجية:

$$Q_1 = [((5+3)\times 3.5) - (2\times 1.2\times 1.6)]\times 0.8\times (20-(-2)) = 425.2[W]$$

عبر الجدران الداخلية:

$$Q_2 = [(3\times 3.5) - 2]\times 2.3\times (20-10) = 195.5[W]$$

عبر السقف:

$$Q_3 = 5 \times 3 \times 3.2 \times (20 - (-2)) = 1056[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_4 = 5 \times 3 \times 1.2 \times (20 - 10) = 180[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_5 = 2 \times 1.6 \times 1.2 \times 5.5 \times (20 - (-2)) = 464.64[W]$$

عبر الباب:

$$Q_5 = 2 \times 2.3 \times (20 - 10) = 46[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 790[w]$$

الحمل الحراري الكلي للصالة1:

$$Q_1 = \Sigma Q = 3157.34[W]$$

الصالة 2:

عبر الجدران الخارجية:

$$Q_1 = [(3 \times 3.5) - (1.2 \times 1.6)] \times 0.8 \times (20 - (-2)) = 151[W]$$

عبر الجدران الداخلية:

$$Q_2 = [((3+5)\times 3.5)-2]\times 2.3\times(20-10) = 598[W]$$

عبر السقف:

$$Q_3 = 5\times 3\times 3.2\times(20-(-2)) = 1056[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_4 = 5\times 3\times 1.2\times(20-10) = 180[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_5 = 1.6\times 1.2\times 5.5\times(20-(-2)) = 232.32[W]$$

عبر الباب:

$$Q_5 = 2\times 2.3\times(20-10) = 46[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 395[w]$$

الحمل الحراري الكلي للصالة 2:

$$Q_I = \Sigma Q = 2658.32[W]$$

الحمل الحراري الكلي للبناء: $Q_{tot} = Q_I + Q_{II} = 5815.66[W]$

2- استطاعة المرجل:

$$Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2) = 1.3\times 5815.66 = 7560.36[W]$$

استطاعة الحراق:

$$M = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_1} = 0.766[kg/h]$$

تدفق مضخة التسريع المناسبة:

$$M = \frac{Q_{net}}{C_{ll} \times \Delta t} = \frac{1.1 \times Q_{tot}}{4.18 \times 20} = 0.0765[kg/s]$$

مقطع المدخنة:

$$S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.0037[m^2]$$

مساحة غرفة التجهيزات:

$$A = \frac{\sqrt{Q_{tot}}}{20} = 3.81[m^2]$$

كمية المازوت المستهلكة خلال 5 أشهر M :

$$M = 5 \times 10 \times 30 \times 0.766 = 1149[kg/month]$$

حجم خزان المازوت الشهري:

$$V = \frac{M}{\rho} = 1367.85[L/month]$$

نختار خزاناً بحجم 1500L

4- نحسب الحمل الحراري الجديد للسقف:

$$\Delta Q = Q_I - Q_{II} = 499.02[W]$$

$$Q_{new} = Q_1 - \Delta Q = 1056 - 499.02 = 556.98[W]$$

$$Q_{new} = A \times U \times \Delta t \Rightarrow U = \frac{556.98}{5 \times 3 \times (20 - (-2))} = 1.688[w/m^2.^oC]$$

$$U_{new} = \frac{1}{\frac{1}{U_1} + \frac{\delta}{\lambda}} \Rightarrow \delta = 0.0084[m] = 0.84[cm]$$

Damascus University

مسائل غير محلولة:

المسألة /1/:

يتألف جدار موقد مستو من طبقتين، الأولى من الآجر سماكتها $\delta_1 = 50[cm]$ ومعامل توصيلها الحراري $\lambda_1=1.16\ [w/m.^oC]$ والطبقة الثانية من آجر البناء وسماكتها $\delta_2=25\ [cm]$ ومعامل توصيلها $\lambda_2=0.58\ [w/m.^oC]$.

والمطلوب:

1- كمية الحرارة المنتقلة عبر واحدة السطوح عند التوصيل الحراري بالنظام المستقر.

2- درجة الحرارة على حدود التلامس بين الطبقتين؛ علماً أن:

- درجة حرارة السطح الداخلي: $t_1=126\ [^oC]$
- درجة حرارة السطح الخارجي: $t_3=108\ [^oC]$

المسألة /2/:

حدّد كمية الحرارة المنتقلة من الغازات الى الهواء، وكمية الحرارة المنتقلة خلال واحدة السطح عبر جدار من الآجر بسماكة $\delta=25\ [cm]$ ومساحة $A=12\ [m^2]$. وإذا علمت أن معامل التوصيل الحراري للغلاف الآجري $\lambda=1.16\ [w/m.^oC]$. ودرجة حرارة الهواء $t_2=30\ [^oC]$ والغازات $t_1=330\ [^oC]$، ومعامل انتقال الحرارة من الغازات الى سطح الجدار $\alpha_1=23.6\ [w/m^2.^oC]$، ومن سطح الجدار إلى الهواء $\alpha_2=9.3\ [w/m^2.^oC]$، ثم احسب درجة حرارة السطحين الداخلي والخارجي للغلاف.

المسألة /3/:

احسب معامل انتقال الحرارة لجدار مؤلف من طبقة من الأسمنت بسماكة $\delta_1=15$ |cm| وطبقة عازلة خارجية بسماكة $\delta_2=2$ |cm|. إذا كان معامل انتقال الحرارة الكلي لجدار الاسمنت من دون العازل $U=3.5|w/m^2.^oC|$ومعامل انتقال الحرارة بالتوصيل للعازل $\lambda_2=0.06|w/m.^oC|$ مادرجة حرارة السطح الداخلي للجدار إذا كانت مقاومة السطح الداخلي للجدار $R_i=0.123|m^2.^oC/w|$ ودرجة الحرارة الداخلية $t_i=20$ |°C| والخارجية $t_o=0$ |°C|؟

المسألة /4/:

يراد تدفئة صالة للصناعات النسيجية مبينة بالشكل باستخدام المشعات (90°C-70 °C) أبعاد الغرفة مبيّنة بالشكل وارتفاعها 4|m| وأبعاد النوافذ 1 |m|×2|m| وعددها |7| ومعامل انتقال الحرارة ومواصفات الجدران مبينة بالجدول التالي : درجة الحرارة الداخلية $t_i=20$ |°C| والخارجية $t_o=-2$ |°C| والجوار غير المدفأ والمدخل $t=10$ |°C| سقف الصالة معرض للجو الخارجي ،أرضية الصالة على التربة مباشرة، عدّ تسرب الهواء بمعدل خمس مرات بالساعة من حجم الصالة كثافة الهواء $\rho=1.2|kg/m3|$، السعة الحرارية للهواء $C_a=1|kj/kg.^oC|$ وللماء $C_w=4.18|kj/kg.^oC|$.

والمطلوب حساب:

1- الحمل الحراري الكلي للصالة.

2- استطاعة المرجل والحراق اللازم إذا علمت أن المكافئ الحراري لاحتراق المازوت $C_v=41800|kj/kg|$ ومردود المرجل $\eta=0.85$.

3- حجم خزان المازوت الشهري المناسب لتشغيل 10 ساعات باليوم 0.84 ρ_l=[kg/L] .

4- تدفق مضخة التسريع المناسبة للمرجل.

5- مقطع المدخنة المربع المناسب للمرجل إذا كان ارتفاعها h=16 [m].

6- مساحة غرفة التجهيزات اللازمة.

7- ارسم مخطط رمزي لدارة التدفئة بالماء الساخن محدداً عليه جميع العناصر مع تحديد وظيفة خزان التمدد.

العنصر	U [w/m².°C]	طبقات السقف	السماكة [cm]	λ [w/m.°C]	α [w/m².°C]	
جدران خارجية	0.7	بلاط	3	1.6		
جدران داخلية	2.3	مونة اسمنية	3	1.4		
أرض	1	عازل	1	0.01	α_o	18
نوافذ	5.1	بلاطة هوردي	35	1.11	α_i	8

المسألة /5/:

منشأة صناعات نسيجية تتألف من 3 صالات سقفها معرض للجو الخارجي، وأرضها على التربة مباشرة أعطيت مقاييس الغرف بالشكل الآتي:

رقم الصالة	1	2	3
طول الجدارن الخارجية المعرضة للجو الخارجي [m]	11	16	37
مساحة النوافذ الموجودة في الجدران الخارجية [m^2]	9	11	18
مساحة السقف أو الأرض [m^2]	28	42	66

ارتفاع الصالة [m] H=3، وتسرب الهواء يعادل مرة من حجم المكان بالساعة ومعاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول الآتي:

العنصر	U [$w/m^2.^oC$]	طبقات الجدار	السماكة [cm]	λ [$w/m.^oC$]	α [$w/m^2.^oC$]	
سقف	0.66	بيتون	20	1.3		
أرض	1.6	حجر	6	1	α_o	22.5
نوافذ	3.5	عازل	4	0.04	α_i	10.5

درجة الحرارة الداخلية لجميع الصالات [^oC] $t_i=20$ والحرارة الخارجية [^oC] $t_o=-2$

1- احسب الحمل الحراري اللازم لكل صالة ولكامل المنشأة .

2- مواصفات التجهيزات اللازمة (المرجل ، الحراق ، المضخة ، المدخنة ،غرفة التجهيزات،خزان المازوت الشهري) إذا كان ارتفاع المدخنة [m] h=16، وكان

عدد ساعات التشغيل اليومي 10 ساعات والمرجل يعمل على الماء الساخن (90°C-70°C).

3- ارسم مخططاً رمزياً لدارة التدفئة بالماء الساخن محدداً عليه جميع العناصر مع تحديد وظيفة خزان التمدد.

كثافة الهواء $\rho = 1.2\ [kg/m^3]$ والسعة الحرارية للهواء $C_a = 1[kj/kg.^oC]$ وللماء $C_w = 4.18[kj/kg.^oC]$، القيمة الحرارية الدنيا لاحتراق الوقود $C_v = 41800[kj/kg]$ ومردود المرجل $\eta = 0.8$ وكثافة المازوت 0.84 $\rho_l = [kg/L]$

المسألة /6/:

معمل للصناعات النسيجية مؤلف من صالتين، أبعادها مبينة بالشكل وارتفاعها $4[m]$ معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف، أرضية الصالة على التربة، النوافذ متماثلة عددها 13، ومساحة الواحدة $6[m^2]$، ومساحة الباب $8\ [m^2]$.

يراد تدفئة الصالة بواسطة مشعات تستعمل الماء الساخن (90°C-70°C) فإذا كانت درجات الحرارة الداخلية مبينة على الشكل ودرجة الحرارة الخارجية $t_o = -2\ [^oC]$ وكانت معاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول الآتي:

العنصر	أرض	سقف	نوافذ	جدران خارجية	جدران داخلية	الباب
U [w/m².°C]	1.2	3	4.2	0.7	2.3	6.7

عدّ تسرب الهواء بمعدل مرة بالساعة من حجم الصالة، كثافة الهواء $\rho = 1.2$ [kg/m³] والسعة الحرارية للهواء $C_a = 1.026$ [kj/kg.°C] وللماء $C_w = 4.18$ [kj/kg.°C] والحرارة النوعية للمازوت $C_f = 41800$ [kj/kg] ومردود المرجل $\eta = 0.85$. والمطلوب حساب:

1- الحمل الحراري لكل صالة وللبناء كاملاً.

2- مواصفات التجهيزات (مرجل، حراق، مدخنة، مضخة، غرفة التجهيزات، خزان المازوت الشهري) إذا كان ارتفاع المدخنة $h = 16$ [m] ، وكان عدد ساعات التشغيل اليومي 10 ساعات، وكثافة المازوت $\rho_f = 0.84$ [kg/L] .

3- التوفير في الحمل الحراري لكامل البناء نتيجة عزل سقفه بعازل من الستريوبور بسماكة 4 [cm] ذي معامل توصيل حراري $\lambda = 0.04$ [w/m.°C] .

4- ارسم مخططاً رمزياً لدارة التدفئة بالماء الساخن محدداً عليه جميع العناصر مع تحديد وظيفة خزان التمدد.

الفصل الثاني: التكييف

ويضم هذا الفصل مجموعة من المسائل مع حلولها، تتناول الأفكار الآتية:

1- معالجة الهواء صيفاً من دون مزج (هواء جديد فقط).

2- معالجة الهواء صيفاً مع مزج.

3- معالجة الهواء صيفاً في المناطق الرطبة.

4- معالجة الهواء شتاءً من دون مزج (هواء جديد فقط).

5- معالجة الهواء شتاءً مع مزج.

6- تصميم وحدة معالجة واحدة صيفاً وشتاءً.

7- مسائل غير محلولة.

كما يتناول مجموعة من المسائل غير المحلولة

المسألة /1/:

صالة للصناعات النسيجية يتم تكييفها باستخدام وحدة معالجة هواء تعمل على الهواء الخارجي فقط، وتتألف من مصفاة هواء، ومرطبة على الماء ومروحة هواء، درجة الحرارة الخارجية الجافة $t_{od}=40\ [^oC]$ والرطبة $t_{ow}=22\ [^oC]$، الربح الحراري المحسوس للمكان المراد تكييفه $Q_s=30\ [kw]$ والكامن $Q_l=7.5\ [kw]$ درجة الحرارة الداخلية $t_i=30\ [^oC]$ ومردود المرطبة 89% وترفع المروحة درجة حرارة الهواء الخارج من المرطبة بمقدار 1 $[^oC]$ والسعة الحرارية للهواء $C_a=1.026[kj/kg.^oC]$. والمطلوب:

1- رسم مخطط رمزي لوحدة المعالجة.

2- حساب درجة حرارة هواء التغذية وكمية الهواء اللازم.

3- إيجاد الرطوبة النسبية داخل المكان.

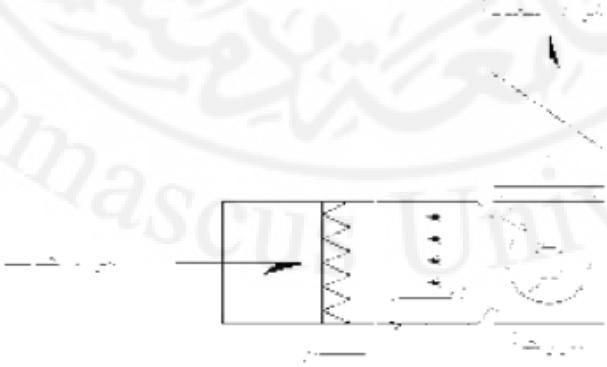
4- كمية الماء اللازم للمرطبة.

5- في حال استعمال مرطبة بخار عوضاً عن مرطبة الماء للوصول إلى شروط التغذية.

ما التجهيزات الواجب إضافتها وما استطاعتها؟ وأي طريقة هي الأفضل؟ ولماذا؟

الحل:

1-



2- درجة الحرارة الجافة الهواء بعد المرطبة:

$$\eta = \frac{t_{a'} - t_{c'}}{t_{a'} - t_{RH\ 100\%}} = \frac{40 - t_S}{40 - 22} = 0.89 \Rightarrow t_{c'} = 24[^{\circ}C]$$

درجة حرارة التغذية: $t_S = t_{c'} + 1 = 25[^{\circ}C]$

كمية الهواء اللازم:

$$M_1 = \frac{Q_S}{C \times (t_R \quad t_S)} = \frac{30}{1.026 \times (30 \quad 25)} = 5.85[kg/s]$$

3- لتحديد النقطة R نقاطع RRL المرسوم من S مع درجة حرارة النقطة R

$$RRL = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{30}{30 + 7.5} = 0.8$$

من المخطط السايكومتري نجد: $Rh_R = 60\%$

4- كمية ماء التعويض اللازم للمرطبة:

$$M_w = M_1 (w_S - w_O) = 5.85(0.016 - 0.009) = 0.041[kg/s]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

C S R

O

5- للوصول إلى نقطة التغذية المطلوبة باستخدام مرطبة بخار نحتاج إلى مرطبة بخار، ومن ثم وشيعة تبريد.

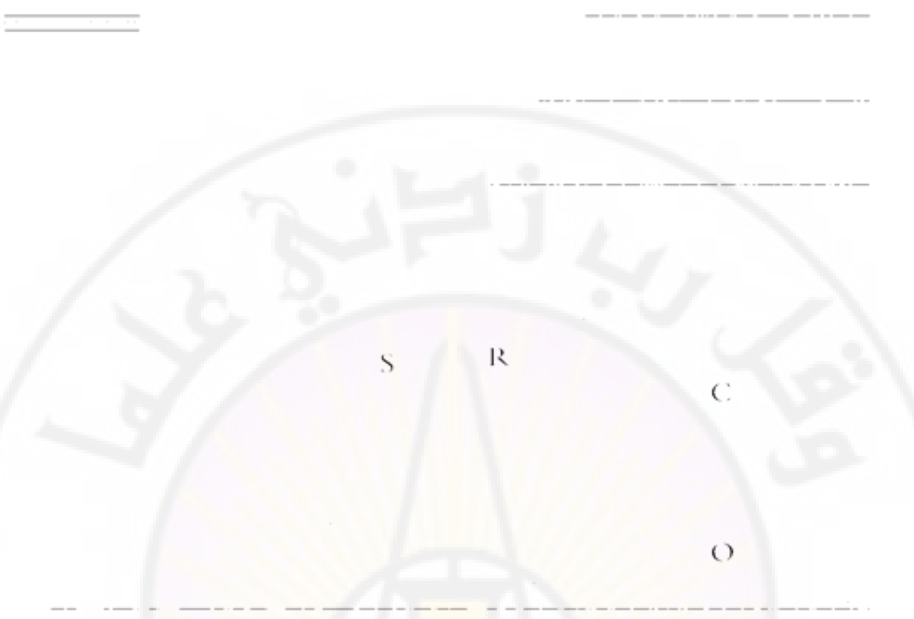
سيتم الحل بافتراض أن التبريد محسوس (يمكن للطالب أن يفترض أن التبريد غير محسوس ولكن ستكون كمية البخار اللازم للمرطبة أكبر، وكذلك استطاعة وشيعة التبريد).

استطاعة وشيعة التبريد اللازمة:

$$Q_{cc} = M_1(h_c - h_s) = 5.85(81.5 - 66) = 90.675[kw]$$

إن الطريقة الأولى أفضل في حال كانت مناسبة للتطبيق المراد تكييفه كونها توفر استطاعة الوشيعة كما توفر في ثمن التجهيزات.

المخطط السايكومتري:



المسألة /2/:

وحدة إرسال هواء تتألف بالتسلسل من مصفاة هوائية ووشيعة تسخين أولي HC_1 ومن مرطبة أديباتيكية وصندوق مزج ووشيعة تسخين ثانية HC_2 ومروحة هواء حيث إن كمية الهواء الجديد تساوي كمية الهواء المعاد، يدخل الهواء الخارجي بدرجة حرارة جافة $t_{od}=-2$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset = 85\%$ حيث ترفع وشيعة التسخين المسبق الأولى (HC_1) درجة حرارته إلى $t_P=21.5$[°C] ثم يمر خلال المرطبة الأديباتيكية، ويخرج منها بدرجة حرارة $t_Z=17$ [°C]. والمطلوب أن نحصل على درجة حرارة داخل الغرفة $t_R=20$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset = 50\%$.

1- حدّد الرطوبة النسبية للهواء بعد المرطبة مباشرة، ودرجة الحرارة الرطبة.

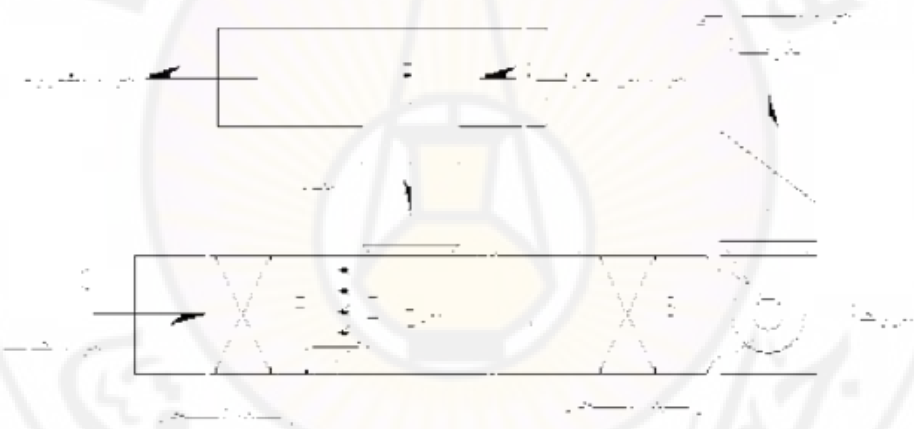
2- احسب درجة حرارة هواء التغذية جافة ورطبة إذا كان الضياع الحراري المحسوس Q_s=30 [kw] والربح الكامن Q_l=7.5 [kw].

3- احسب درجة حرارة المزج جافة ورطبة، وحدّد كميات الهواء (كلي – جديد – معاد).

4- احسب استطاعة وشيعتي التسخين.

5- احسب كمية الماء المتبخر بالمرطبة.

الحل:



1- الرطوبة النسبية للهواء بعد المرطبة: $\phi_2 = 37\%$

درجة حرارة الهواء الرطبة بعد المرطبة: $t_{2w} = 9.8[^\circ C]$

2- لحساب درجة حرارة التغذية t_s نحسب أولاً خط ميل الغرفة RRL

$$RRl = \frac{Q_s}{Q_s + Q_l} = \frac{30}{37.5} = 0.8$$

تقع النقطة M في منتصف الخط الواصل بين R ، Z وخط عمل وشيعة التسخين الثانية S، M . نقاطع بين خط عمل الغرفة وخط عمل الوشيعة الثانية فنحصل على النقطة S

$$t_{Sd} = 32.5[^{\circ}C] \text{ ، } t_{Sw} = 17.8[^{\circ}C]$$

3- كمية الهواء الكلي

$$\dot{M}_t = \dot{M}_S = \frac{Q_t}{h_S - h_R} = \frac{22.5}{49.25 - 38.5} = 2.093[kg/s]$$

كمية الهواء الجديد تساوي كمية الهواء المعاد:

$$\dot{M}_o = \dot{M}_R = \frac{\dot{M}_t}{2} = \frac{2.093}{2} = 1.0465[kg/s]$$

4- استطاعة وشيعة التسخين الأولى:

$$Q_{HC1} = M_o(h_p - h_o) = 1.0465(28 - 4.75) = 24.3[kw]$$

استطاعة وشيعة التسخين الثانية:

$$Q_{HC2} = M_t(h_S - h_M) = 2.093(49.25 - 33.5) = 32.96[kw]$$

5- كمية الماء المتبخر بالمرطبة:

$$\Delta W = M_o(w_P - w_Z) = 1.046(0.00445 - 0.00265) = 0.00188[kg/s]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

المسألة /3/:

تتألف وحدة إرسال هواء بالتسلسل من مصفاة هوائية ووشيعة تسخين مسبق HC_1، ومن مرطبة أديباتيكية، ووشيعة تسخين ثانية HC_2، ومروحة هواء. تعمل هذه الوحدة على الهواء الخارجي فقط، يدخل الهواء الخارجي إليها بدرجة حرارة جافة $t_0=-5$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset=85\%$، حيث ترفع وشيعة التسخين حرارته إلى $t_p=23$ [°C] ثم يمر خلال المرطبة ذات المردود $\eta=0.85$ ودرجة حرارة ماء الترطيب فيها $t=10$ [°C]. والمطلوب:

1- تحديد الرطوبة النسبية للهواء بعد المرطبة مباشرة ودرجة الحرارة (∠).

2- حساب كمية الماء المتبخر في المرطبة إذا كان حجم الهواء الرطب بعد المرطبة مباشرة هو $V=2.5$ [m^3/s] (استخدم الحجم النوعي من مخطط الهواء).

3- احسب درجة حرارة هواء التغذية الجافة t_S إذا كان الضياع الحراري المحسوس للغرفة المراد تكييفها $Q_s=24\ [kw]$ ودرجة الحرارة الجافة الداخلية المطلوبة هي $t_R=20\ [^oC]$.

4- احسب استطاعة وشيعتي التسخين.

5- حدد الرطوبة النسبية داخل المكان المكيف إذا كان الربح الحراري الكامن داخل الغرفة $Q_l=6\ [kw]$.

الحل:

1- o-p: خط عمل وشيعة التسخين الأولى

p-z: خط عمل المرطبة

z-s: خط عمل وشيعة التسخين الثانية

من علاقة مردود المرطبة:

$$\eta=\frac{t_P-t_Z}{t_P-t_{RH\ 100\%}}=\frac{23-t_Z}{23-10}=0.85 \Rightarrow t_Z=11.95[^oC]$$

ومن المخطط السايكومتري نوجد الرطوبة النسبية: $RH_Z=77\%$

2- كمية الماء المتبخر بالمرطبة:

نحسب أولا كمية الهواء المار عبر المرطبة $M = \frac{V}{\upsilon_2} = \frac{2.5}{0.817} = 3.06[kg/s]$

كمية الماء المتبخر بالمرطبة:

$$\Delta W = \dot{M}(w_2 - w_1) = 3.06(0.0068 - 0.0022) = 0.014[kg/s]$$

3- حساب درجة حرارة هواء التغذية:

من العلاقة:

$$Q_S = M_1 \times C \times (t_S - t_R) = 3.06 \times 1 \times (t_S - 20) = 24 \Rightarrow t_S = 27.8[^{\circ}C]$$

4- استطاعة وشيعة التسخين الأولى:

$$Q_{HC1} = M\ (h_1 - h_0) = 3.06(29 - 0.5) = 87.21[kw]$$

استطاعة وشيعة التسخين الثانية:

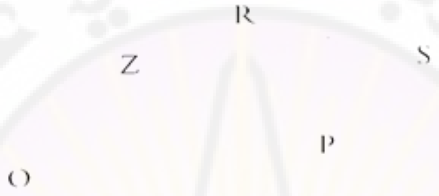
$$Q_{HC2} = M\ (h_S - h_2) = 3.06(45 - 29.5) = 47.43[kw]$$

5- تحديد الرطوبة النسبية داخل المكان المكيف:

نحسب خط ميل الغرفة $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{24}{30} = 0.8$

نرسم خط ميل الغرفة ونقاطعه مع درجة حرارة الغرفة، فنحصل على الرطوبة النسبية داخل المكان المكيف: Rh=50%

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



المسألة /4/:

يراد تكييف صالة بواسطة وحدة تكييف مركزية حسب المعطيات الآتية:

درجة الحرارة الداخلية المطلوبة للصالة $t_R=24$ [°C] والرطوبة النسبية $\emptyset=50\%$

درجة الحرارة الخارجية الجافة $t_{od}=38$ [°C] والرطبة $t_{ow}=23$ [°C] ، الربح الحراري المحسوس من المصادر الخارجية 21[Kw]، عدد الأشخاص الموجودين في الصالة 100 شخص، الربح الحراري المحسوس من كل شخص $q_S=90$ [w] والكامن $q_l=30$ [w] ، درجة حرارة هواء التغذية اللازمة $t_S=14$ [°C] ، معدل تدفق الهواء الخارجي الجديد اللازم للصالة $m_o=1$ [kg/s].

والمطلوب:

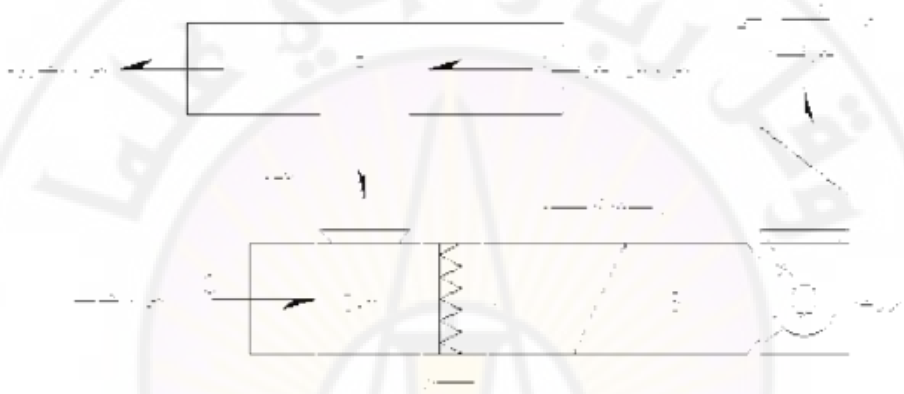
1- حساب الربح الحراري المحسوس الكلي والربح الحراري اللازم الكلي للصالة.

2- معدل تدفق هواء التغذية الكلي للصالة [kg/s] ومعدل تدفق الهواء المعاد.

3- الحمل التبريدي الكلي والمحسوس والكامن لوشيعة التبريد.

4- معامل التحويل لوشيعة التبريد ودرجة حرارة سطح الوشيعة.

الحل:



1- الحمل الحراري المحسوس: $Q_S = 90 \times 100 + 21000 = 30000[W] = 30[kw]$

الحمل الحراري الكامن: $Q_L = 30 \times 100 = 3000[W] = 3[kw]$

الحمل الحراري الكلي للغرفة: $Q_t = Q_S + Q_L = 30 + 3 = 33[kw]$

2- معدل تدفق هواء التغذية:

نحدد أولاً خط ميل الغرفة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{30}{33} = 0.91$

ونحدد النقطة R والنقطة S ونحدد قيم الإنتالبي h_S ، h_R ونعوض في العلاقة

كمية الهواء الكلي: $\dot{M}_t = \frac{Q_t}{h_R - h_S} = \frac{33}{48.5 - 36.5} = 2.75[kg/s]$

كمية الهواء المعاد: $M_R = M_t - M_o = 1.75[kg/s]$

3- لتحديد استطاعة وشيعة التبريد:

نحدد أولاً درجة حرارة نقطة المزج M

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 29.1[^{\circ}C]$$

فيكون خط عمل وشيعة التبريد M-S / ونحدد النقطة K

الحمل الحراري المحسوس لوشيعة التبريد:

$$Q_{SCC} = M_t(h_K - h_S) = 2.75(51.5 - 36.5) = 41.25[kw]$$

الحمل الحراري الكامن لوشيعة التبريد:

$$Q_{LCC} = M_t(h_M - h_K) = 2.75(55.25 - 51.5) = 10.3[kw]$$

الحمل الحراري الكلي لوشيعة التبريد:

$$Q_{TCC} = M_t(h_M - h_S) = 2.75(55.25 - 36.5) = 51.55[kw]$$

4- نمدد خط عمل وشيعة التبريد حتى يقطع خط $RH - 100\%$ فنحدد النقطة A

ونحدد درجة حرارة سطح الوشيعة $t_A = 12[^{\circ}C]$

معامل التحويل لوشيعة التبريد $BF = 1 - \eta = \frac{t_S - t_A}{t_M - t_A} = 0.118$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

Damascus University

المسألة /5/:

وحدة تكييف صيفية تتألف بالتسلسل من فتحة لدخول الهواء الجديد (O)، وفتحة لدخول الهواء المعاد (R) إلى غرفة المزج (M) ومن مصفاة هواء ووشيعة تبريد (CC) ومروحة هواء المعطيات كانت وفق الآتي:

درجة الحرارة الخارجية الجافة والرطبة $t_{od}=36\ [^oC]$ ، $t_{ow}=24\ [^oC]$ ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للمكان المكيف $t_R=22\ [^oC]$ ، $\emptyset_R=50\%$. كمية الهواء الجديد والمعاد $m_R=0.76\ [kg/s]$، $m_o=0.108\ [kg/s]$.

الربح الحراري المحسوس والربح الكامن للمكان المكيف $Q_s=6244\ [w]$ ، $Q_l=832\ [w]$ الحرارة الكامنة للماء $L_w=2454\ [kj/kg]$، السعة الحرارية للهواء $C_a=1026\ [j/kg.^oC]$ وللماء $C_w=4.2\ [kj/kg.^oC]$.

والمطلوب:

1- رسم وحدة التكييف.

2- حساب درجة حرارة هواء التغذية ونسبة رطوبته.

3- حساب درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

4- تمثيل عمل وحدة التكييف على المخطط السايكومتري بدقة.

5- حساب استطاعة وشيعة التبريد الكلية والمحسوسة وعامل التحويل لها وخط عمل للغرفة.

6- حساب تدفق الماء إلى الوشيعة إذا كان درجة حرارة دخول الماء $t_{w1}=7\ [^oC]$ والخروج $t_{w2}=13\ [^oC]$.

الحل:

1-

2- نحسب درجة حرارة التغذية من العلاقة:

$$Q_s = M_s \times C \times (t_R - t_s) = 0{,}868 \times 1026 \times (22 - t_s) \Rightarrow t_s = 15[^oC]$$

ونحسب الرطوبة النسبية لهواء التغذية من العلاقة:

$$Q_L = M_s \times L_w \times (W_R - W_s) = 0{,}868 \times 2454 \times (0{,}0084 - W_s) = 0{,}832 \Rightarrow W_s = 0{,}008[kg/kg]$$

3- نحدد درجة حرارة نقطة المزج M من العلاقة:

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 23.74[^oC]$$

4 نحدد النقطة o بدلالة درجة الحرارة الجافة والرطبة، والنقطة R بدلالة درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والنقطة M بدلالة الخط R–o ودرجة الحرارة، والنقطة S بدلالة درجة الحرارة والرطوبة النسبية، نصل النقطة M بالنقطة S فيكون خط عمل وشيعة التبريد.

5- الحمل الحراري المحسوس لوشيعة التبريد:

$$Q_{Scc} = M_t (h_K - h_S) = 0.868(44.5 - 35.5) = 7.812[kw]$$

الحمل الحراري الكلي لوشيعة التبريد:

$$Q_{Tcc} = M_t (h_M - h_S) = 0.868(47 - 35.5) = 9.982[kw]$$

لتحديد معامل التحويل لشيعة التبريد نحدد أولا درجة حرارة سطح الوشيعة نمدد خط عمل وشيعة التبريد حتى يقطع خط $RH = 100\%$ فنحدد النقطة A ، ونحدد درجة حرارة سطح الوشيعة: $t_A = 9.7[^oC]$

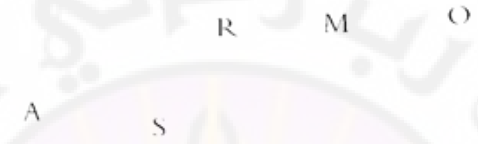
معامل التحويل لوشيعة التبريد: $BF = 1 - \eta = \frac{t_S - t_A}{t_M - t_A} = 0.378$

نحدد خط عمل الغرفة من العلاقة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{6244}{7076} = 0.882$

6- نحدد كمية الماء اللازمة للوشيعة من العلاقة:

$$M_w = \frac{Q_{Tcc}}{C_w \times \Delta t_w} = \frac{9.982}{4.18 \times 6} = 0.398[kg/s]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



المسألة /6/:

يراد تكييف صالة بوحدة إرسال هواء تتألف بالتسلسل من فتحة لدخول الهواء الجديد m_o، وفتحة لدخول الهواء المعاد m_R إلى غرفة المزج ومن وشيعة تسخين أولية HC_1 ومرطبة هواء تعمل على بخار الماء، ووشيعة تسخين لاحق HC_2، ووشيعة تبريد والمروحة اللازمة حيث تعمل وشيعتا التسخين والمرطبة فقط لمعالجة الهواء شتاء، بينما تستخدم وشيعة التبريد فقط لمعالجة الهواء صيفاً.

المعطيات شتاء:

Q_S=72.23 ،$\emptyset_o$=85% ، t_o=0 [°C] ، $\emptyset_R$=50% ، t_R=20 [°C]
m_R/m_S=0.3 ، t_S=36 [°C] ، Q_L=12 [kw] ، [kw] الحرارة الكامنة

للماء $L_w=2454\ [kj/kg]$ ، السعة الحرارية للهواء $C_a=1026\ [j/kg.^oC]$.

استطاعة وشيعة التسخين الأولى تساوي استطاعة وشيعة التسخين الثانية.

والمطلوب:

1- رسم وحدة تكييف الهواء المستعملة، وحساب معدل تدفق هواء التغذية m_S بـ $[m^3/s]$ ، $[kg/s]$ وحساب نسبة رطوبة هواء التغذية W_S.

2- حساب درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

3- حساب استطاعة وشيعة التسخين المسبق، واستطاعة وشيعة التسخين اللاحق، ومعدل بخار الماء اللازم (تمثيل الوحدة على المخطط السايكومتري ونقله إلى ورقة الإجابة).

المعطيات صيفا :

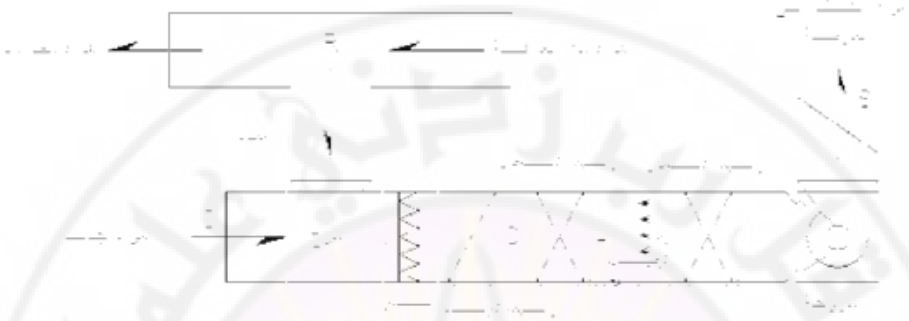
معدل الهواء نفسه ونسبة المزج نفسها، درجة حرارة سطح وشيعة التبريد $t_A=9\ [^oC]$ ، $t_R=25\ [^oC]$ ، $\emptyset_R=40\%$ ، $t_o=38\ [^oC]$ ، $\emptyset_o=25\%$، درجة حرارة الهواء بعد وشيعة التبريد مباشرة $t_C=13\ [^oC]$ والمروحة ترفع درجة حرارة الهواء بمقدار $\Delta t = 2\ [^oC]$.

والمطلوب:

حساب استطاعة وشيعة التبريد الكلية، ومعامل التحويل لها، وحساب الحمل الحراري الكلي للغرفة.

الحل:

شتاء



1- نحدد كمية الهواء الكلي من العلاقة:

$$Q_s = M_t \times C \times (t_s - t_R) = M_t \times 1.026 \times (36 - 20) = 72.23 \Rightarrow M_t = 4.4[kg/s]$$

نحسب الرطوبة النسبية لهواء التغذية من العلاقة:

$$Q_L = M_t \times L_w \times (W_R - W_s) = 4.4 \times 2454 \times (0.0076 - W_s) = 12 \Rightarrow W_s = 0.0065[kg/kg]$$

ومن المخطط بدلالة درجة الحرارة والرطوبة النسبية نحدد النقطة S ونحدد الحجم النوعي $\upsilon_s = 0.884[m^3/kg]$ وبالتالي نحسب حجم هواء التغذية من العلاقة:

$$V_s = M_s \times \upsilon_s = 3.89[m^3/s]$$

2- كمية الهواء المعاد: $M_R = 0.3 \times M_t = 1.32[kg/s]$

كمية الهواء الجديد: $M_R = 0.7 \times M_t = 3.08[kg/s]$

نحدد درجة حرارة نقطة المزج M من العلاقة:

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 6[^oC]$$

3- إن استطاعة وشيعتي التسخين متساوية حيث إن الوشيعتين تعملان على رفع درجة حرارة الهواء من مواصفات نقطة المزج $t_M = 6[^oC]$ وحتى درجة حرارة التغذية $t_S = 36[^oC]$ (حيث إن بينهما عملية ترطيب بالبخار تتم بثبات درجة الحرارة الجافة) وبالتالي تكون $\Delta t = 36 - 6 = 30[^oC]$ للوشيعتين ولوشيعة واحدة تكون $\Delta t = 15[^oC]$ وبالتالي تكون النقطة P مخرج الوشيعة الأولى ومدخل مرطبة البخار: $t_P = 6 + 15 = 21[^oC]$ ، والنقطة K مدخل الوشيعة الثانية ومخرج مرطبة البخار: $t_K = 36 - 15 = 21[^oC]$ استطاعة وشيعة التسخين الأولى:

$$Q_{IIC1} = M_t(h_P - h_M) = 4.4(32 - 17) = 66[kw]$$

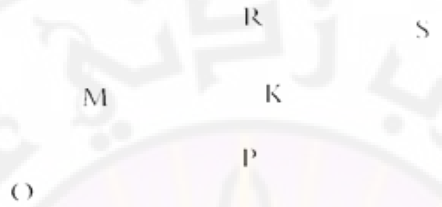
استطاعة وشيعة التسخين الثانية:

$$Q_{IIC2} = M_t(h_S - h_K) = 4.4(52.5 - 37.5) = 66[kw]$$

معدل بخار الماء اللازم:

$$\Delta w = M_t(W_K - W_P) = 4.4(0.0065 - 0.0044) = 0.00924[kg/s]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



صيفاً:

1- لحساب استطاعة وشيعة التبريد نحسب أولا درجة حرارة نقطة المزج M:

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 34.1[^oC]$$

استطاعة وشيعة التبريد:

$$Q_{cc} = M_t (h_M - h_C) = 4.4(60 - 32.25) = 122.1[kw]$$

حيث النقطة C مخرج وشيعة التبريد، معامل التحويل لوشيعة التبريد:

$$BF = 1 - \eta = \frac{t_C - t_A}{t_M - t_A} = 0.16$$

ونحدد النقطة S بالانتقال بمقدار $\Delta t = 2[^oC]$ بشكل محسوس حيث إن ارتفاع درجة الحرارة خلال المروحة يكون بشكل محسوس دوماً.

الحمل الحراري الكلي للغرفة:

$$Q_t = M_t (h_R - h_S) = 4.4(45.5 - 34.25) = 49.5[kw]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

المسألة /7/:

وحدة إرسال هواء تتألف بالتسلسل من فتحة لدخول الهواء الجديد m_o وفتحة لدخول الهواء المعاد m_R إلى غرفة المزج ومن وشيعة تسخين أولية HC_1 ومرطبة ماء أديباتيكية تعمل على درجة حرارة رطبة $t=14\ [^oC]$ ووشيعة تسخين لاحق HC_2 ومروحة لدفع الهواء. تستعمل هذه الوحدة لتدفئة صالة بالهواء الساخن في فصل الشتاء.

درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء الخارجي $t_o=0\ [^oC]$ ، $\emptyset_o=85\%$

درجة الحرارة والرطوبة النسبية للمكان المكيف $t_R=22\ [^oC]$ ، $\emptyset_R=50\%$

الضياع الحراري المحسوس والربح الكامن للمكان المكيف $Q_s=80\ [kw]$ ، $Q_l=20\ [kw]$ ، كمية الهواء الجديد والمعاد $m_R=3\ [kg/s]$ ، $m_o=6\ [kg/s]$ ، السعة الحرارية للهواء $C_a=1026\ [j/kg.^oC]$.

والمطلوب حساب مايلي:

1- حساب درجة حرارة مزيج الهواء جافة ورطبة وكمية الرطوبة.

2- حساب درجة حرارة التغذية جافة ورطبة وكمية الرطوبة.

3- تمثيل عملية التكييف على المخطط السايكومتري ونقلها بإتقان على ورقة الاجابة

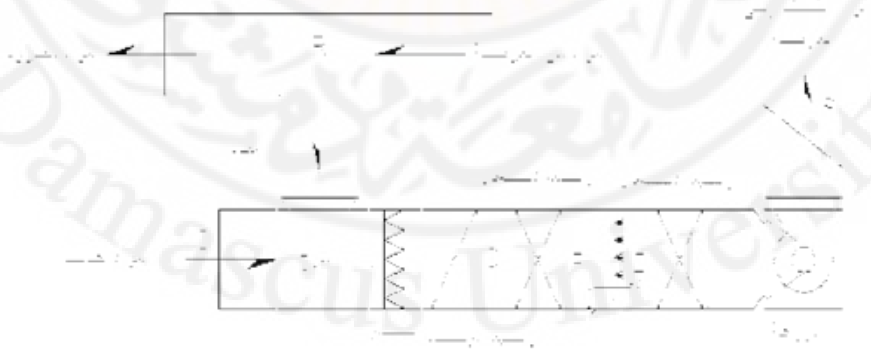
4- إيجاد درجة حرارة الهواء بعد خروجه من المرطبة وتحديد مردود المرطبة.

5- حساب استطاعة وشيعتي التسخين HC_1 ، HC_2 اللازمتين للوحدة.

6- إذا كانت درجة حرارة سطح الوشيعة الثانية HC_2 تساوي $t=75$ [°C] احسب مردود هذه الوشيعة.

7- إذا تعطلت المرطبة عن العمل احسب معدل تدفق الهواء الجديد والمعاد (نقطة المزج الجديدة) للحصول على نفس مواصفات هواء التغذية من حيث درجة الحرارة والرطوبة وماذا تصبح استطاعة وشيعة التسخين المطلوبة في هذه الحالة وما مسوغ الفرق في الاستطاعة عن ناتج الحساب بالطلب الخامس؟

الحل:



1- حساب درجة حرارة نقطة المزج: $t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 7.33[^{\circ}C]$

نحدّد النقطة R ، O وتكون النقطة M واقعة على الخط الواصل بينهما ونحددها بدلالة درجة الحرارة ومن ثم من المخطط نحدد $t_{MW} = 5.5[^{\circ}C]$ ، $W_M = 0.0048[kg/kg]$

2- نحدد درجة الحرارة الجافة لنقطة التغذية من العلاقة:

$$Q_S = M_t \times C \times (t_S - t_R) = 9 \times 1.026 \times (t_S - 22) = 80 \Rightarrow t_S = 30.66[^{\circ}C]$$

نحدد خط عمل الغرفة من العلاقة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_I} = \frac{80}{100} = 0.8$

ثم نحدد النقطة S بدلالة درجة الحرارة وخط ميل الغرفة ومن المخطط نوجد:

$$W_S = 0.0076[kg/kg] \ ، \ t_{SW} = 18[^{\circ}C]$$

3- بعد تحديد النقاط o ، R ، S ، M نرسم خط عمل وشيعة التسخين الأولى من النقطة M وبشكل أفقي حتى يقطع خط درجة الحرارة الرطبة $t = 14[^{\circ}C]$ ونكون قد حددنا النقطة P مخرج وشيعة التسخين الأولى ومدخل المرطبة، ومن ثم نحدد خط عمل المرطبة على ثبات درجة الحرارة الرطبة من P وحتى Z التي تمتلك نفس كمية الرطوبة لهواء التغذية S $W_S = W_Z = 0.0076[kg/kg]$، ومن ثم نحدد خط عمل وشيعة التسخين الثانية من Z وحتى S.

4- درجة حرارة الهواء بعد خروجه من المرطبة: $t_Z = 20[^{\circ}C]$ ، نحدد مردود المرطبة من العلاقة:

$$\eta = \frac{t_P - t_Z}{t_P - t_A} = \frac{26.5 - 20}{26.5 - 14} = 0.52$$

5- استطاعة وشيعة التسخين الأولى:

$$Q_{HC1} = M_1(h_1 - h_M) = 9(38.5 - 19) = 175.5[kw]$$

استطاعة وشيعة التسخين الثانية $Q_{HC2} = M_1(h_S \quad h_Z) = 9(50 \quad 39) = 99[kw]$

6- مردود وشيعة التسخين: $\eta = \frac{t_S - t_Z}{t_1 - t_Z} = \frac{30.66 - 20}{75 - 20} = 0.2$

7- تم الحفاظ على كمية الهواء الكلية ومواصفات هواء التغذية

نحدد النقطة M من خلال خط أفقي من النقطة S وحتى يقطع الخط o-R وبالتالي نكون قد استخدمنا وشيعة تسخين واحدة للوصول إلى نقطة التغذية المطلوبة

$$t_M = 18.5[^oC]$$

ونحدد كمية الهواء الجديد والمعاد من العلاقتين $t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_1}$ ،

$$M_1 = M_o + M_R$$

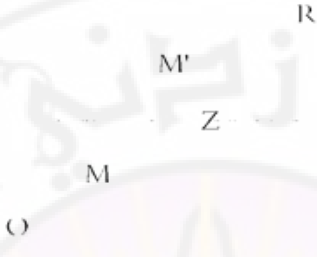
ونحل المعادلتين: $M_R = 7.36[kg/s]$ ، $M_o = 1.636[kg/s]$

استطاعة وشيعة التسخين الجديدة:

$$Q_{HC} = M_1(h_S - h_M) = 9(50 - 39) = 99[kw]$$

مبرر الفرق في الاستطاعة هو انخفاض تدفق الهواء الجيد إلى الربع تقريباً وإلغاء عمل المرطبة التي تبرد الهواء قليلاً أثناء ترطيبه

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



المسألة /8/:

يراد تكييف صـــالة حملها التبريدي المحســـوس Q_c=35.9 [kW] يمزج هواء يتضـــمن 2 [kg/s] من الهواء الجديد درجة حرارته الجافة والرطبة t_{od}=40 [°C]، t_{ow}=30 [°C] وكمية 3 [kg/s] من الهواء المعاد بشـــروط المكان المكيف درجة حرارته الجافة t_R=25 [°C] ورطوبته النســـبية $\emptyset_R$=50% يمر هذا المزيج على وشـــيعة تبريد درجة حرارة ســـطحها t_A=10 [°C]، فيخرج الهواء بدرجة حرارة t=12 [°C]، ثم يمر مزيج الهواء بعد ذلك على وشيعة تسخين، فيسخن إلى درجة الحرارة المطلوبة للتغذية t_S. والمطلوب حساب الآتي:

1- درجة حرارة مزيج الهواء.

2- استطاعة وشيعة التبريد الكلية والمحسوسة والكامنة.

3- تدفق مياه التبريد اللازم لوشيعة التبريد إذا كانت درجة حرارة دخول مياه التبريد

t_{w2}=13 [°C] والخروج t_{w1}=7 [°C]

4- مردود وشيعة التبريد وكمية الماء المتكاثف من الهواء أثناء مروره على وشيعة التبريد.

5- احسب درجة حرارة هواء التغذية t_S ليتمكن المزيج من التغلب على الحمل الحراري المحسوس

6- استطاعة وشيعة التسخين اللازمة لتحقيق درجة الحرارة t_S.

7- تدفق المياه الساخنة اللازمة لوشيعة التسخين إذا كانت درجة حرارة دخول المياه التسخين[°C] t_{w1}=90 والخروج [°C] t_{w2}=70 ومثل العمليات التي تجري على الهواء على المخطط السايكومتري.

8- الحمل الحراري المحسوس والكامن والكلي للصالة وخط ميل الغرفة RRL.

9- احسب أبعاد مجرى الهواء مستطيلة المقطع لمجرى التغذية، باعتماد طريقة السرعة الثابتة مع العلم أن السرعة بعد المروحة مباشرة هي v=10 [m/s]، والمسافة بين السقف المستعار والحقيقي 0.55 [m]، وتعطى العلاقة بين المقطع الدائري والمستطيل كالآتي:

$$d=\frac{2.a.b}{a+b}$$

الحل:

1- حساب درجة حرارة نقطة المزج: $t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 31[^oC]$

2- نحدد النقاط o ، R ، M، ونحدد خط عمل وشيعة التبريد بوصل النقطة M مع النقطة A الواقعة على خط $RH = 100\%$ ودرجة $t_A = 10[^oC]$ ومن ثم نحدد النقطة C مخرج الوشيعة الواقعة على الخط M-A، ودرجة حرارتها $t_C = 12[^oC]$، فيكون خط عمل وشيعة التبريد / M-C / ونحدد النقطة K

الحمل الحراري المحسوس لوشيعة التبريد:

$$Q_{Scc} = M_t(h_K - h_C) = 5(52.5 - 33.5) = 95[kw]$$

الحمل الحراري الكامن لوشيعة التبريد:

$$Q_{Lcc} = M_t(h_M - h_K) = 5(70 - 52.5) = 87.5[kw]$$

الحمل الحراري الكلي لوشيعة التبريد:

$$Q_{Tcc} = M_t(h_M - h_C) = 5(70 - 33.5) = 182.5[kw]$$

3- نحدد كمية الماء اللازمة لوشيعة التبريد من العلاقة

$$\dot{M}_w = \frac{Q_{Tcc}}{C_w \times \Delta t_w} = \frac{182.5}{4.18 \times 6} = 7.27[kg/s]$$

4- نحدد مردود الوشيعة من العلاقة: $\eta = \frac{t_M - t_C}{t_M - t_A} = \frac{31-12}{31-10} = 0.9$

كمية الماء المتكاثف:

$$\Delta w - M_t(W_M - W_C) - 5(0.015 - 0.0084) - 0.033[kg/s]$$

5- نحدد درجة حرارة نقطة التغذية من العلاقة:

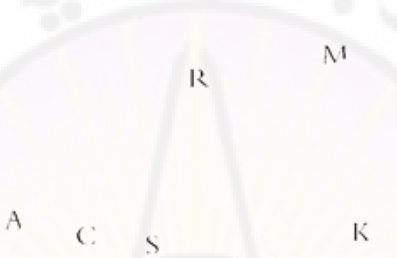
$$Q_S = M_t \times C \times (t_R - t_S) = 5 \times 1.026 \times (25 - t_S) = 35.9 \Rightarrow t_S = 18[^oC]$$

نحدد النقطة S بالانتقال بشكل أفقي من النقطة C وحتى نصل لدرجة الحرارة $t = 18[^oC]$

6- استطاعة وشيعة التسخين:

$$Q_{HC} = M_t(h_S - h_C) = 5(39.5 - 33.5) = 30[kw]$$

7- تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



نحدد كمية الماء اللازمة لوشيعة التسخين من العلاقة:

$$M_w = \frac{Q_{HC}}{C_w \times \Delta t_w} = \frac{30}{4.18 \times 20} = 0.359[kg/s]$$

8-

الحمل الحراري الحسوس للغرفة $Q_S = 35.9[kw]$

الحمل الحراري الكلي للغرفة $Q_{tot} = M_t(h_R - h_S) = 5(51 - 39.5) = 57.5[kw]$

الحمل الحراري الكامن للغرفة $Q_L = Q_{tot} - Q_S = 21.6[kw]$

خط عمل الغرفة من العلاقة $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{35}{57.5} = 0.624$

9- لحساب أبعاد مجرى الهواء نحسب أولا مساحة المقطع

مساحة مقطع **التغذية** حيث سرعة الهواء $V=10[m/s]$ وتدفق الهواء M_s

$$A_s=\frac{M_s\times v_s}{V_s}=\frac{5\times 0.835}{10}=0.4175[m^2]$$

ونحسب d من العلاقة $$d_s=\sqrt{\frac{4\times A_s}{\pi}}=0.73[m]$$

وبما أن مجاري الهواء تكون تحت السقف المستعار، فيكون البعد الأول للمقطع المستطيل $a=0.55[m]$ والبعد الآخر من العلاقة:

$$d=\frac{2\times a\times b}{a+b}=>b=1.085[m]$$

المسألة /9/:

لدينا وحدة إرسال هواء رطب تعمل صيفاً وشتاءً حيث يدخل الهواء الجديد O إلى حجرة المزج M ليختلط مع الهواء المعاد r، بعدها يمر عبر الفلتر F. يمر الهواء في فصل الصيف على وشيعة التبريد CC، وفي فصل الشتاء يمر عبر وشيعة التسخين الأولية HC1 ومن ثم عبر المرطبة وبعدها يعاد تسخين الهواء عبر الوشيعة HC2، ومن ثم يرسل الهواء بواسطة المروحة إلى الصالة. الربح الحراري المحسوس من المصادر الخارجية |45|KW صيفاً، يوجد في الصالة 30 نولاً و50 شخصاً، الربح الحراري المحسوس من كل شخص q_{S1}=100 |w| والكامن q_{L1}=220 |w| ، الربح الحراري المحسوس من كل نول q_{S2}=1000 |w| والكامن q_{L2}=300 |w| وبارمترات الهواء صيفاً : درجة الحرارة الخارجية |40|°C والرطوبة النسبية 20% ودرجة الحرارة الداخلية |24|°C والرطوبة النسبية 50% ويعطى درجة حرارة التغذية

صيفاً $18|^{o}C|$ وكمية الهواء الجديد لكل نزل $457.8|m^3/h|$ ولكل شخص $50|m^3/h|$ والسعة الحرارية للهواء $C_a=1.026|kj/kg.^{o}C|$. والمطلوب:

1- ارسم وحدة معالجة الهواء.

2- حساب الحمل الحراري المحسوس الكلي والحمل الكلي للصالة.

3- كمية هواء التغذية m_{tot} وكمية الهواء الجديد اللازم للصالة وكمية الهواء المعاد والمطرود.

4- درجة حرارة الهواء بعد غرفة المزج t_m.

5- حساب استطاعة وشيعة التبريد فقط بالطن التبريدي.

6- تمثيل عمل الوحدة على المخطط السايكومتري ثم نقلها على ورقة الإجابة.

الحل:

1-

2- الحمل الحراري المحسوس:

$$Q_s = 45 + (\frac{1000*30}{1000}) + (\frac{100*50}{1000}) = 80Kw$$

الحمل الحراري الكامن:

$$Q = (\frac{300*30}{1000}) + (\frac{220*50}{1000}) = 20Kw$$

3- معدل تدفق هواء التغذية:

$$M_t = \frac{Q_s}{C_a(t_R - t_S)} = 13[kg/s]$$

ويمكن حسابها من الحمل الحراري الكلي وتعطي ناتج قريب

كمية الهواء الجديد:

$$\dot{M}_a = \frac{V_a}{\upsilon_a \times 3600} = \frac{(50*50) + (800 \times 30)}{0.902 \times 3600} = 8.1[kg/s]$$

كمية الهواء المعاد: $\dot{M}_R = M_t - M_a = 4.9[kg/s]$

كمية الهواء المطرود تساوي كمية الهواء الجديد.

4- نحدد أولا خط ميل الغرفة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{80}{100} = 0.8$

ونحدد النقطة R والنقطة S

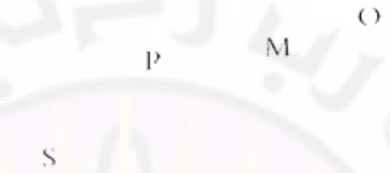
نحدد درجة حرارة نقطة المزج من العلاقة:

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 33.84[^oC]$$

فيكون خط عمل وشيعة التبريد / M-S /

استطاعة وشيعة التبريد: $Q_{tot} = M_t(h_M - h_S) = 13(59-40) = 247[kw] = 70.23RT$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



المسألة /10/:

يراد تكييف صالة فيمزج تيار من الهواء الخارجي درجة حرارته $|^oC|40$ ورطوبته النسبية 20% وتدفقه $|kg/s|6$ مع آخر معاد من الصالة درجة حرارته $|^oC|25$ ورطوبته النسبية 60% وتدفقه $|kg/s|4$ ويمرر المزيج على وحدة معالجة هواء تحتوي على فلتر ووشيعة تبريد درجة حرارة دخول الماء $t_{w1}=7|^oC|$ وخروجه $t_{w2}=13|^oC|$ومعامل التحويل لها 21%، والمطلوب:

1- رسم وحدة المعالجة.

2- درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

3- درجة حرارة التغذية (مخرج وشيعة التبريد).

4- استطاعة وشيعة التبريد بالطن التبريدي.

5- الحمل الحراري الكلي والمحسوس والكامن للغرفة وخط عمل الغرفة.

6- تمثيل العمليات بدقة على المخطط السايكومتري ونقلها على ورقة الإجابة.

الحل:

1-

2- درجة حرارة المزيج:

$$t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 34[^{\circ}C]$$

3- نحسب درجة حرارة التغذية من علاقة المردود:

$$BF = 1 - \eta = \frac{t_s - t_A}{t_m - t_A} = 1 - \frac{t_m - t_s}{t_m - t_A} \Rightarrow t_s = 15^{\circ}C$$

ولكن بداية يجب أن نحدد درجة حرارة سطح الوشيعة من العلاقة:

$$t_A = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} = 10[^{\circ}C]$$

4- استطاعة وشيعة التبريد:

$$Q_{Tcc} = M_t(h_M - h_S) = 10(61.5 - 36) = 255[kw] = 72.5RT$$

5- الحمل الحراري الكلي والمحسوس والكامن للغرفة:

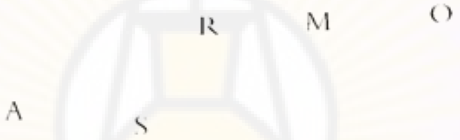
الحمل الحراري الكامن للغرفة: $Q_L = M_t(h_R - h_P) = 10(56 - 46) = 100[kw]$

الحمل الحراري المحسوس للغرفة: $Q_L = M_t(h_P - h_S) = 10(46 - 36) = 100[kw]$

الحمل الحراري الكلي للغرفة: $Q_{tot} = M_t(h_R \quad h_S) = 10(56 \quad 36) = 200[kw]$

خط عمل الغرفة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{100}{200} = 0.5$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



Damascus University

المسألة /11/:

يستخدم مجفف هواء في إحدى صالات الصناعات النسيجية، يدخل إليه هواء رطب درجة حرارته الجافة $t=35\ [^oC]$ ورطوبته النسبية $\emptyset = 40\%$ وكميته $m=10\ [kg/s]$ يدخل الهواء إلى وشيعة تبريد ويخرج منها بحالة الإشباع بدرجة حرارة $t=10\ [^oC]$ ثم يمرر الهواء على وشيعة تسخين لترتفع درجة حرارته إلى الدرجة $t=30\ [^oC]$ جافة.

استخدم المخطط السايكومتري للحصول على النتائج، وارسم النتيجة على ورقة إجابتك، وحدد عليها القيم المعتمدة في حسابك، واحسب:

1- استطاعة وشيعة التبريد (كلي، محسوس، كامن).

2- مقدار كمية الرطوبة المزالة من الهواء بعد تبريده.

3- استطاعة وشيعة التسخين اللازمة.

4- تدفق ماء التسخين اللازم لوشيعة إذا كان $\Delta t_w=10\ [^oC]$ بين الدخول والخروج للوشيعة $C_w=4.18\ [kj/kg.^oC]$.

الحل:

1- استطاعة وشيعة التبريد:

المحسوسة: $Q_s = M\ (h_4 \quad h_2) = 10(54.5 \quad 29.5) = 250[kw]$

الكامنة: $Q_L = M\ (h_1 - h_4) = 10(73 - 54.5) = 185[kw]$

الكلية: $Q_t = M\ (h_1 - h_2) = 10(73 - 29.5) = 435[kw]$

2- كمية الرطوبة المزالة من الهواء بعد تبريده:

$$\Delta W = \dot{M}(w_1 - w_2) = 10(0.0148 - 0.0076) = 0.072[kg/s]$$

3- استطاعة وشيعة التسخين:

$$Q_{HC} = \dot{M}\ (h_3 - h_2) = 10(49.5 - 29.5) = 200[kw]$$

4- تدفق ماء التسخين اللازم للوشيعة:

$$\dot{M}_w = \frac{Q_{HC}}{C.\Delta t} = \frac{200 \times 1000}{4180 \times 10} = 4.785[kg/s]$$

تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

1

2 3 1

Damascus University

المسألة /12/:

لدينا وحدة إرسال هواء رطب تعمل صيفاً وشتاءً حيث يدخل الهواء الجديد O إلى حجرة المزج M ليختلط مع الهواء المعاد R، بعدها يمر عبر الفلتر F. يمر الهواء في فصل الصيف على وشيعة التبريد CC، وفي فصل الشتاء يمر عبر وشيعة التسخين الأولية HC1 ومن ثم عبر مرطبة الماء وبعدها يعاد تسخين الهواء عبر الوشيعة HC2، ومن ثم يرسل الهواء بواسطة المروحة إلى الصالة.

المعلومات صيفاً: الحمل الحراري المحسوس Q_S=30 [kw] والكامن Q_L=7.5 [kw] درجة الحرارة الداخلية للصالة t_R=25 [°C] والرطوبة النسبية Ø =50% ودرجة الحرارة الخارجية الجافة t_o=40 [°C] والرطوبة النسبية Ø =20%، يوجد في الصالة 100 شخص، وكمية الهواء اللازمة للشخص 35m³/h، ودرجة حرارة هواء التغذية t_S=16 [°C]، Ca=1[k J/kg.°C].

1- ارسم وحدة معالجة الهواء.

2- كمية هواء التغذية، وكمية الهواء الجديد اللازم للصالة وكمية الهواء المعاد والمطرود.

3- استطاعة وشيعة التبريد بالطن التبريدي، وكمية الماء المتكاثف، منها ومعامل التحويل لها.

المعلومات شتاءً: الضياع الحراري المحسوس Q_S=24 [kw]، درجة الحرارة الداخلية للصالة t_R=20 [°C] والرطوبة النسبية Ø =50%، ودرجة الحرارة الجافة t_o=-2 [°C] والرطوبة النسبية Ø =85% وكمية الهواء اللازمة للشخص 25m³/h علماً أن استطاعة وشيعة التسخين الأولى تساوي استطاعة وشيعة التسخين الثانية. والمطلوب:

4- استطاعة وشيعتي التسخين.

5- كمية الماء اللازم للمرطبة.

6- تمثيل عمل الوحدة صيفاً وشتاءً على المخطط السايكومتري ثم نقلها إلى ورقة الإجابة.

الحل:

1-

2- كمية هواء التغذية:

$$\dot{M}_t = \frac{Q_s}{C_a(t_R - t_S)} = 3.34[kg/s]$$

ويمكن تحديدها من العلاقة: $\dot{M}_t = \frac{Q_{tot}}{(h_R - h_S)}$ بعد أن نحدد t_S و RRL على المخطط

كمية الهواء الجديد: $\dot{M}_a = \frac{V_a}{\upsilon_a} = \frac{35*100}{3600*0.901} = 1.08[kg/s]$

كمية الهواء المعاد: $\dot{M}_R = \dot{M}_t - \dot{M}_o = 2.26[kg/s]$

كمية الهواء المطرود تساوي كمية الهواء الجديد.

3- نحدد النقطتين m ، s

$$t_m = \frac{\dot{M}_o \times t_o + \dot{M}_R \times t_R}{\dot{M}_t} = 29.85[^oC]$$

$$RRL - \frac{\dot{Q}_s}{\dot{Q}_s + \dot{Q}_l} - 0.8$$

استطاعة وشيعة التبريد:

$$\dot{Q}_{cc} - \dot{m}_t(h_m - h_s) - 3.34(55.5 - 39.5) - 53.44[kw]$$

$$\dot{Q}_{cc} = 53.44/3.517 = 15.2[RT]$$

4- إن كمية الهواء الكلي لا تتغير صيفاً شتاءً: $\dot{M}_t = 3.34[kg/s]$

بما أن حاجة الشخص تغيرت بين الصيف والشتاء فهذا يعني تغير نسبة المزج:

$$\dot{M}_o = \frac{\dot{V}_o}{\upsilon_o} = \frac{25*100}{3600*0.771} = 0.9[kg/s]$$

كمية الهواء المعاد: $\dot{M}_R = \dot{M}_t - \dot{M}_o = 2.44[kg/s]$

درجة حرارة المزج: $t_m = \frac{\dot{M}_o * t_o + \dot{M}_R * t_R}{\dot{M}_t} = 14.1[^oC]$

نحسب درجة حرارة التغذية شتاءً: $\dot{Q}_s = \dot{m}_t C_a(t_S - t_R) = 27.2[^oC]$

لتحديد النقاط p و z عن طريق رسم إجراء التسخين مع الترطيب على أساس وشيعة واحدة ثم نقسم إجراء التسخين إلى قسمين متساويين وننقل إجراء الترطيب إلى مكان القسم.

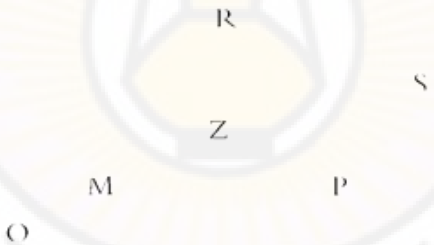
$$Q_{HC1} = m_1(h_P - h_m) = 3.34(37 - 29.5) = 25.05[kw]$$

$$Q_{HC2} = m_1(h_S - h_Z) = 3.34(46 - 38.5) = 25.05[kw]$$

5- كمية الماء اللازم للمرطبة:

$$\Delta_w = m_1(w_2 - w_P) = 3.34(0.0072 - 0.006) = 0.00401[kw]$$

6- تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:



المسألة /13/:

يراد تكييف صالة بواسطة وحدة إرسال هواء مركزية حسب المعطيات التالية. الربح الحراري المحسوس من المصادر الخارجية |w| 34332 والكامن |w| 3470 وعدد الأشخاص الموجودين في الصالة 300 شخص. الربح الحراري المحسوس من كل شخص |w| 90=q_S والكامن |w| 30= q_l ودرجة حرارة هواء التغذية 13 =t_S

[°C] ودرجة الحرارة الوسطية لوشيعة التبريد[°C] 8.5 =t_A، ومعدل الهواء الجديد اللازم لكل شخص [m^3/h] 35. الحرارة الكامنة للماء [kj/kg] 2454=L_w ، السعة الحرارية للهواء [j/kg.°C] 1026=C_a، [°C] 37 =t_{od} ، [°C] 26 =t_{ow} ، [°C] 22 =t_R ، 50%=$\emptyset_R$. والمطلوب:

1- حساب الربح الحراري المحسوس الكلي، والربح الحراري الكامن الكلي للصالة.

2- حساب معدل تدفق هواء التغذية.

3- حساب نسبة الرطوبة لهواء التغذية.

4- حساب درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

5- إيجاد درجة حرارة الهواء بعد وشيعة التبريد، وحساب استطاعة وشيعة التبريد الكلية، ومعامل التحويل لها، والخط النسبي للغرفة.

6- إيجاد ارتفاع درجة حرارة الهواء بعد وشيعة التبريد نتيجة المروحة ومجاري الهواء.

7- تمثيل عمل الوحدة بدقة على المخطط السايكومتري.

الحل:

1- يتألف الحمل الحراري المحسوس من الحمل المحسوس للمصادر الخارجية والأشخاص:

$$Q_S = 34332 + (90 \times 300) = 61332[W]$$

يتألف الحمل الحراري الكامن من الحمل الكامن للأشخاص والمصادر الخارجية:

$$Q_L = (30 \times 300) + 3470 = 12470[W]$$

2- كمية هواء التغذية:

$$M_t = \frac{Q_s}{C \times (t_R - t_S)} = \frac{61332}{1026 \times (22 - 13)} = 6.642[kg/s]$$

3- حساب الرطوبة النسبية لهواء التغذية:

$$Q_L = M_t \times l_w \times (W_R - W_S) = 6.642 \times 2454 \times (0.0084 - W_S) = 12.470 \Rightarrow W_S = 0.007635[kg/kg]$$

4- لحساب درجة حرارة نقطة المزج نحدد أولاً كمية الهواء الجديد والمعاد

كمية الهواء الجديد تحسب على أساس كمية الهواء اللازمة للأشخاص

$$M_o = \frac{257 \times 35}{0.902 \times 3600} = 2.77[kg/s]$$

حيث: $\upsilon_O = 0.902[m^3/kg]$

كمية الهواء المعاد: $M_R = M_t - M_o = 3.872[kg/s]$

درجة حرارة مزيج الهواء: $t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 28.25[^oC]$

5- نحدد خط عمل وشيعة التبريد بوصل النقطة M مع النقطة A الواقعة على خط $RH = 100\%$ ودرجة $t_A = 8.5[^oC]$ ومن ثم نحدد النقطة S نقطة التغذية عن رطوبتها النسبية ودرجة حرارتها $t_S = 13[^oC]$ فنجد أنها غير واقعة على الخط M-A، وبالتالي مخرج الوشيعة ليس هو نقطة التغذية ويفصل بين نقطة التغذية ومخرج

الوشيعة ارتفاع درجة الحرارة في المروحة، حيث نسير من S بشكل أفقي حتى نقطع الخط A–M؛ فنحصل على النقطة C مخرج الوشيعة $t_C = 11.5[^oC]$.

استطاعة وشيعة التبريد:

$$Q_{CC} = M_1(h_M - h_C) = 6.642(58.5 - 31) = 182.655[kw]$$

معامل التحويل لوشيعة التبريد: $BF = 1 - \eta = \frac{t_C - t_A}{t_M - t_A} = \frac{11.5 - 8.5}{28.25 - 8.5} = 0.15$

نحدد خط عمل الغرفة من العلاقة: $RRI = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L} = \frac{61332}{73800} = 0.831$

6 ارتفاع درجة الحرارة نتيجة المروحة: $\Delta t = t_S - t_C = 1.5[^oC]$

7- تمثيل العمليات رمزياً على المخطط السايكومتري:

O

R

M

A C S

المسألة /14/:

صالة للصناعات النسيجية أبعادها [m]25×[m]40 وارتفاعها [m]4 معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف يوجد تتسع لـ 200 شخص، أرضية الصالة على التربة مباشرة، مساحة النوافذ الموجودة في جدران الصالة [m^2] 60. يراد تدفئة الصالة بواسطة وحدة إرسال هواء تحتوي على صندوق مزج ومشيعة تسخين تستعمل الماء الساخن (90°C-70°C) ومرطبة ماء ومروحة دفع. فإذا كانت درجة الحرارة داخل الصالة [°C] t_i=18 والرطوبة النسبية Rh=60% ودرجة الحرارة الخارجية [°C] t_o=0 والرطوبة النسبية Rh=80% وكانت معاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول التالي:

العنصر	أرض	سقف	نوافذ	جدران
U [w/m².°C]	1.2	0.6	5	0.75

عدّ تسرب الهواء بمعدل مرة بالساعة من حجم الصالة، كثافة الهواء[kg/m^3] 1.2 =ρ والسعة الحرارية للهواء [kj/kg.°C]1.026=C_a وللماء [kj/kg.°C]4.18=C_w والحرارة النوعية للمازوت [kj/kg]41800=C_f ومردود المرجل 0.85= η .

والمطلوب حساب:

1- الحمل الحراري الكلي للصالة.

2- إذا علمت أن وحدة المعالجة تمزج 6500 [m^3/h] من الهواء الجديد مع 3000[m^3/h] من الهواء المعاد احسب تدفق الهواء الكلي اللازم للصالة ودرجة

حرارة التغذية ودرجة حرارة المزيج (استخدم الحجم النوعي من المخطط السايكومتري).

3- ارسم مخططاً رمزياً لوحدة المعالجة، واحسب استطاعة وشيعة التسخين، وكمية الماء اللازم للترطيب.

4- حدد استطاعة المرجل اللازم للوشيعة، والحراق المناسب، وأبعاد المدخنة المربعة، وحجم خزان المازوت الكافي مدة تشغيل 600 ساعة، علماً أن ارتفاع المدخنة h=16[m].

5- استطاعة الوشيعة، وكمية الماء اللازم للمرطبة عند دخول 200 شخص إلى الصالة، علماً أن الشخص الواحد يعطي 110[w] حرارة محسوسة و 110[w] حرارة كامنة.

6- قم بتمثيل العمليات على المخطط السايكومتري وانقله إلى ورقة الإجابة.

الحل:

1- تعطى كمية الحرارة المنتقلة بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران: $Q_1 = [(40+25)\times 2\times 4 - 60]\times 0.75\times(18-0) = 6210[W]$

عبر السقف: $Q_2 = 40\times 25\times 0.6\times(18\quad 0) = 10800[W]$

عبر الأرض: $Q_3 = 40\times 25\times 1.2\times(18-10) = 9600[W]$

عبر النوافذ: $Q_4 = 60\times 5\times(18-0) = 5400[W]$

نتيجة تسرب الهواء: $Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 24624[w]$

الحمل الحراري الكلي للصالة: $Q_{tot} = \Sigma Q = 56634[W]$

2- نحسب التدفق الكتلي للهواء الجديد والمعاد بعد إيجاد الحجم النوعي من المخطط السايكومتري:

$$\dot{m}_o = \frac{V_o}{v_o} = \frac{6500}{3600 \times 0.778} = 2.32[kg/s]$$

$$\dot{m}_R = \frac{V_R}{v_R} = \frac{3000}{3600 \times 0.835} = 0.998[kg/s]$$

تدفق الهواء الكلي: $\dot{m}_t = \dot{m}_o + \dot{m}_R = 3.32[kg/s]$

نحسب درجة حرارة التغذية: $Q_s = \dot{m}_t \times C_a (t_S - t_R) \Rightarrow t_S = 34.62[^\circ C]$

درجة حرارة المزج $t_M = \frac{M_R \times t_R + M_o \times t_o}{M_t} = 5.42[^\circ C]$

-3

استطاعة وشيعة التسخين:

$$Q_{HC} = M_t (h_P - h_M) = 3.32(53.5 - 16.5) = 122.84[kw]$$

كمية الماء اللازم للمرطبة:

$$\Delta W = \dot{M}(w_S - w_P) = 3.32(0.0078 - 0.0046) = 0.0106[kg/s]$$

4- استطاعة المرجل: $Q_b = Q_{HC}(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 122.84 = 159.692[Kw]$

استطاعة الحراق: $M = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_L} = 16.18[kg/h]$

مقطع المدخنة: $S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.0587[m^2]$

كمية المازوت المستهلكة شهرياً M: $M = 16.18 \times 600 = 9708[kg/month]$

حجم خزان المازوت الشهري: $V = \frac{M}{\rho} = 11557.5[L/month]$

5- عند دخول الأشخاص إلى الصالة يتغير الحمل الحراري للصالة وفق الآتي:

الحمل الحراري المحسوس: $Q_S = 56634 \quad (110 * 200) = 34634[w]$

الحمل الحراري الكامن: $Q_L = 110 * 200 = 22000[w]$

الحمل الحراري الكلي: $Q_t = Q_s - Q_L = 34634 - 22000 = 12634[w]$

نحدد النقطة S' بدلالة درجة الحرارة وخط عمل الغرفة

درجة حرارة التغذية: $Q_s = \dot{m}_t \times C_a(t_S' - t_R) \Rightarrow t_S' = 28.16[^\circ C]$

خط عمل الغرفة: $RRL = \frac{Q_s}{Q_s + Q_L} = \frac{34634}{34634 + 22000} = 0.611$

استطاعة وشيعة التسخين

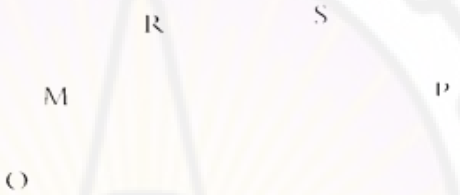
$$Q_{HC} = M_t(h_P' - h_M) = 3.32(40.5 - 16.5) = 79.68[kw]$$

كمية الماء اللازم للمرطبة:

$$\Delta W = \dot{M}(w_S' - w_P) = 3.32(0.0052 - 0.0046) = 0.002[kg/s]$$

6- يبين الشكل التالي تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري:

الحالة /1/



الحالة /2/ عند دخول الأشخاص

Damascus University

المسألة /15/:

صالة للصناعات النسيجية أبعادها |m|35×|m|25، وارتفاعها |m|4 معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف، وأرضية الصالة على التربة مباشرة مساحة النوافذ الموجودة في جدران الصالة |m^2| 45. يتم إدخال هواء خارجي للصالة بواسطة وحدة إرسال هواء تحتوي على وشيعة تسخين تستعمل الماء الساخن (70°C-60°C) ومروحة دفع تدفقها 7000 m^3/h، فإذا كانت درجة الحرارة داخل الصالة |°C| t_i=18 ودرجة الحرارة الخارجية |°C| t_0=-2 والرطوبة النسبية Rh=80%، وكانت معاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول الآتي:

العنصر	أرض	سقف	نوافذ	جدران
U [w/m^2.°C]	1	2	5.5	1.5

والسعة الحرارية للهواء |kj/kg.°C| C_a=1.026 وللماء |kj/kg.°C| C_w=4.18 والحرارة النوعية للمازوت |kj/kg| C_f=41800ومردود المرجل η =0.85 وكثافة الوقود |kg/L| ρ=0.84 باعتبار أن تسرب الهواء مهمل المطلوب حساب:

1- الحمل الحراري الكلي للصالة.

2- التدفق الكتلي للهواء الجديد، وتحديد كمية الهواء الكلي والمعاد والمطرود.

3- درجة حرارة التغذية.

4- رسم مخطط رمزي لوحدة المعالجة وحساب استطاعة وشيعة التسخين.

5- استطاعة المرجل اللازم للوشيعة، والحراق المناسب، وأبعاد المدخنة المربعة، وحجم خزان المازوت الكافي مدة تشغيل 1000 ساعة، علماً أن ارتفاع المدخنة .h-16|m|

6- بهدف التوفير تم عزل السقف بمادة عازلة من الستريوبور سماكتها 4 cm ومعامل انتقالها الحراري $\lambda = 0.03$ |w/m.°C|. احسب الزمن اللازم بالساعة لاسترجاع كلفة العزل، إذا كان سعر المتر المكعب يساوي 30000|s.p| وسعر ليتر المازوت 185|s.p|

7- تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري، ونقله إلى ورقة الإجابة.

الحل:

1- كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(35+25)\times 2\times 4 - 45]\times 1.5\times (18-(-2)) = 13050[W]$$

عبر السقف: $Q_2 = 35\times 25\times 2\times (18 \quad (\ 2)) = 35000[W]$

عبر الأرض: $Q_3 = 35\times 25\times 1\times (18-10) = 7000[W]$

عبر النوافذ: $Q_4 = 45\times 5.5\times (18-(-2)) = 4950[W]$

نتيجة تسرب الهواء: مهمل

الحمل الحراري الكلي للصالة: $Q_{tot} = \Sigma Q = 60000[W]$

2- نحسب التدفق الكتلي للهواء الجديد بعد إيجاد الحجم النوعي من المخطط السايكومتري (وهو نفسه الهواء الكلي والهواء المطرود ولا يوجد هواء معاد)

$$\dot{m}_a = \dot{m}_f \frac{V_a}{v_a} = \frac{7000}{3600 \times 0.771} = 2.522[kg/s]$$

3- درجة حرارة التغذية: $Q_s = \dot{m}_f \times C_w (t_s - t_R) \Rightarrow t_s = 41.2[^\circ C]$

4-

استطاعة وشيعة التسخين:

$$Q_{HC} = M_f (h_s - h_a) = 2.522(48.5 - 4.5) = 111[kw]$$

5- استطاعة المرجل: $Q_b = Q_{HC}(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 111 = 144.3[Kw]$

استطاعة الحراق: $M = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_v} = 14.6[kg/h]$

مقطع المدخنة: $S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.053[m^2]$

أبعاد المدخنة المربعة: $a = \sqrt{S} = 0.23[m]$

كمية المازوت المستهلكة شهرياً M: $M = 14.6 \times 1000 = 14600[kg/month]$

حجم خزان المازوت الشهري $V = \frac{M}{\rho} = 17381[L/month]$

نختار خزان بحجم 18000 ليتر

6- نحسب معامل انتقال الحرارة للسقف بعد العزل:

$$U_{New} = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{\delta}{\lambda}} = 0.5454[W/m^2.^oC]$$

نحسب كمية الحرارة المنتقلة عبر السقف بعد العزل

$$Q_{2_New} = 35 \times 25 \times 0.5454 \times (18-(-2)) = 9544.5[W]$$

نحسب الحمل الحراري الكلي للصالة بعد العزل: $Q_{tot} = \Sigma Q = 34544.5[W]$

نحسب درجة حرارة التغذية الجديدة:

$$Q_2 = m_1 \times C_p (t_S - t_R) \Rightarrow t_S = 31.7[^oC]$$

استطاعة وشيعة التسخين الجديدة:

$$Q_{HC} = M_1 (h_S - h_R) = 2.522(39-4.5) = 87[kw]$$

استطاعة المرجل الجديد: $Q_b = Q_{HC}(1+P_1+P_2) = 1.3 \times 87 = 113.1[Kw]$

استطاعة الحراق الجديد: $\dot{M} = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_F} = 11.46[kg/h]$

التوفير في المازوت $\Delta \dot{M} = \dot{M}^* - \dot{M} = 3.14[kg/h]$

كلفة العازل:

لحساب كلفة العازل نحسب أولاً حجم العازل

حجم العازل: $V = 35 \times 25 \times 0.04 = 35[m^3]$

كلفة العازل: $\cos t = 35 \times 30000 = 1050000[l.s]$

فترة استرجاع كلفة العازل:

نحسب أولا المبلغ المتوفر من المازوت: $\Delta V = \frac{\Delta M}{\rho} = 3.738[l/h]$

$$saving = 3.738 \times 185 = 691.54[\frac{l.s}{h}]$$

عدد ساعات التشغيل اللازم لاسترجاع كلفة العزل:

$$n = \frac{\cos t}{saving} = 1518.3[h]$$

7- يبين الشكل الآتي تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المسألة /16/:

صالة أبعادها [m]15×[m]25، وارتفاعها [m]3.5 معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف ،أرضية الصالة على التربة مباشرة ، مساحة النوافذ الموجودة في جدران الصالة [m^2] 37. يراد تدفئة الصالة بواسطة مشعات من الفونت تستعمل الماء الساخن(90^oC-70^oC) فإذا كانت درجة الحرارة داخل الصالة [^oC] ti=22 والرطوبة النسبية 50% ودرجة الحرارة الخارجية [^oC] t_o=-1 والرطوبة النسبية 80%، وكانت معاملات انتقال الحرارة ومواصفات الجدران مبينة بالجدول الآتي:

العنصر	U [$w/m^2.^oC$]	طبقات الجدار	السماكة [cm]	λ [$w/m.^oC$]	α [$w/m^2.^oC$]	
سقف	2.2	بيتون	20	1.3		
أرض	2	حجر	6	1	α_o	22.5
نوافذ	6.7	عازل	1	0.01	α_i	10.5

عدّ تسرب الهواء بمعدل مرة بالساعة من حجم الصالة كثافة الهواء[kg/m^3] ρ =1.2 والسعة الحرارية للهواء [$kj/kg.^oC$] C_a=1.026، وللماء [$kj/kg.^oC$] C_w=4.18 والحرارة النوعية للمازوت [kj/kg] C_v=41800، ومردود المرجل η =0.85.

والمطلوب حساب:

1- الحمل الحراري الكلي للصالة.

2- مواصفات التجهيزات (مرجل، حراق، مدخنة، مضخة، غرفة التجهيزات، خزان المازوت الشهري) إذا كان ارتفاع المدخنة [m] h=16 وكان عدد ساعات التشغيل اليومي 10 ساعات، وكثافة المازوت [kg/L] ρ_l=0.84 .

3- بفرض أن الحمل الحراري الناتج من الطلب الأول 48 Kw (الحمل الكامن معدوم) ويراد تكييف الصالة باستخدام وحدة معالجة إذا علمت أن درجة حرارة هواء التغذية المطلوبة الجافة t_S=32 [°C]، ونسبة الهواء الجديد إلى الهواء الكلي تساوي ¼.

- اختر العناصر المناسبة في وحدة إرسال الهواء للوصول إلى نقطة التغذية (S) المطلوبة وما الفرضيات التي اعتمدت عليها عند اختيار عناصر وحدة إرسال الهواء؟
- احسب استطاعة هذه العناصر وحدد شروط عملها.
- قم بتمثيل عمل الوحدة على المخطط السايكومتري ثم انقلها إلى ورقة الإجابة.

الحل:

1- حساب معامل انتقال الحرارة للجدران:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 0.739 \left[\frac{W}{m^2.^oC}\right]$$

كمية الحرارة المنتقلة تعطى بالعلاقة: $Q = A.U.\Delta t$

عبر الجدران:

$$Q_1 = [(15+25)\times 2\times 3.5 - 37]\times 0.739\times (22-(-1)) = 4130.27[W]$$

عبر السقف:

$$Q_2 = 15\times 25\times 2.2\times (22-(-1)) = 18975[W]$$

عبر الأرض:

$$Q_3 = 15 \times 25 \times 2 \times (22 - 10) = 9000[W]$$

عبر النوافذ:

$$Q_4 = 37 \times 6.7 \times (22 - (-1)) = 5701.7[W]$$

نتيجة تسرب الهواء:

$$Q_5 = \frac{\rho.c.v.n.\Delta t}{3600} = 10324.125[w]$$

الحمل الحراري الكلي للصالة: $Q_{tot} = \Sigma Q = 48131[W]$

2- استطاعة المرجل: $Q_b = Q_{tot}(1 + P_1 + P_2) = 1.3 \times 48131 = 62570[W]$

استطاعة الحراق: $\dot{M} = \frac{Q_b \times 3600}{\eta \times C_V} = 6.34[kg/h]$

تدفق مضخة التسريع المناسبة:

$$M = \frac{Q_{net}}{C_W \times \Delta t} = \frac{1.1 \times Q_{tot}}{4.18 \times 20} = 0.633[kg/s]$$

مقطع المدخنة: $S = \frac{Q_b}{680 \times \sqrt{h}} = 0.023[m^2]$

كمية المازوت المستهلكة شهرياً M :

$$M = 10 \times 30 \times 6.34 = 1902[kg/month]$$

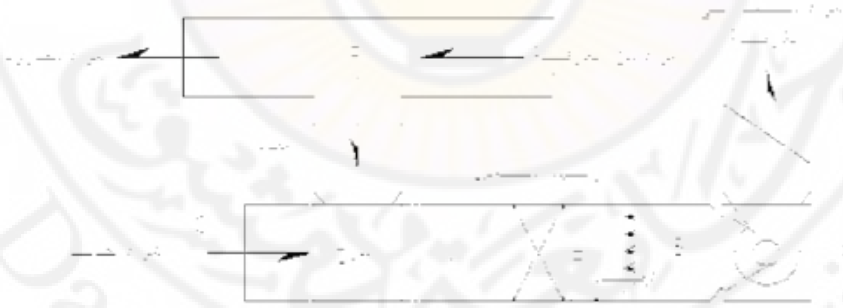
حجم خزان المازوت الشهري: $V = \frac{M}{\rho} = 2264[L/month]$

مساحة غرفة التجهيزات $A = \frac{\sqrt{Q_t}}{20} = 10.97[m^2]$

3- يمكن الوصول إلى نقطة التغذية المطلوبة بأكثر من طريقة وأي حل يعتمده الطالب صحيح

- إجراء تسخين ومن ثم ترطيب ماء.
- إجراء تسخين ومن ثم ترطيب بخار.
- إجرائين تسخين وإجراء ترطيب ماء أو بخار.

وسيتم حل المسألة بالاعتماد على الاحتمال الأول، أي إن وحدة المعالجة تتألف من صندوق مزج ووشيعة تسخين ومرطبة ماء ومروحة.



لتحديد شروط عمل الوحدة نحدد أولاً مواصفات نقطة المزج.

$$M_R \times t_R + M_o \times t_o = M_t \times t_M$$

$$M_R + M_o = M_t$$

نقسم المعادلة الأولى على m_t، فتصبح من الشكل:

$$\frac{M_R}{M_t}\times t_R+\frac{M_o}{M_t}\times t_o=t_M$$

حيث إن: $\frac{M_R}{M_t}=\frac{3}{4}$ ، $\frac{M_o}{M_t}=\frac{1}{4}$

وبالتعويض نجد إن: $t_M=16.25[^oC]$

ثم نحسب كمية الهواء الكلي من العلاقة: $\dot{M}_t=\frac{Q_s}{C_a(t_S-t_R)}=4.68[kg/s]$

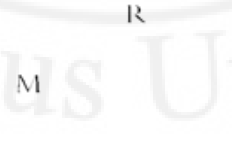
شرط عمل وشيعة التسخين: تعمل على خط كمية رطوبة ثابتة نحسب استطاعتها:

$$Q_{HC}=M_t(h_K-h_M)=4.68(53.5-33.5)=93.6[kw]$$

شرط عمل مرطبة الماء: تعمل على خط ثبات درجة الحرارة الرطبة:

$$\Delta W=\dot{M}(w_S-w_K)=4.68(0.0084-0.0068)=0.007488[kg/s]$$

يبين الشكل التالي تمثيل العمليات على المخطط السايكومتري:



مسائل غير محلولة

المسألة /1/:

يراد تكييف صالة للصناعات النسيجية، فيمزج تيار من الهواء الخارجي درجة حرارته |40|°C ورطوبته النسبية 20% وتدفقه |5|kg/s، مع آخر معاد من الصالة درجة حرارته |24|°C ورطوبته النسبية 50% وتدفقه |8|kg/s، ويمرر المزيج على وحدة معالجة هواء تحتوي على وشيعة تبريد درجة حرارة سطحها 10 ومردودها 75%. والمطلوب:

1- درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

2- درجة حرارة التغذية (مخرج وشيعة التبريد).

3- استطاعة وشيعة التبريد بالطن التبريدي.

4- الحمل الحراري الكلي والمحسوس والكامن للغرفة وخط عمل الغرفة.

5- تمثيل العمليات بدقة على المخطط السايكومتري، ونقلها إلى ورقة الإجابة.

المسألة /2/:

لدينا وحدة إرسال هواء تتألف بالتسلسل من مصفاة هواء وصندوق مزج ووشيعة تبريد ووشيعة تسخين ومروحة هواء تستعمل لتكييف صالة للصناعات النسيجية بالمواصفات الآتية:

t_{od}=37 [°C]، t_{ow}=25 [°C]، t_R=25 [°C]، $\emptyset_R$=40% الحمل التبريدي المحسوس Q_s=100 [kw] والكامن Q_L=20 [kw]،نسبة المزج m_o/m_t=0.4، ودرجة حرارة الهواء بعد وشيعة التبريد tc=12 [°C]، ودرجة

حرارة التغذية $ts=15\ [^oC]$ والسعة الحرارية للهواء $C_a=1\ [j/kg.^oC]$ وللماء $C_w=4.18\ [kj/kg.^oC]$. والمطلوب:

1- رسم وحدة المعالجة.

2- تدفق هواء التغذية، وتدفق الهواء الجديد والمعاد والمطرود.

3- درجة حرارة مزيج الهواء الجديد والهواء المعاد.

4- استطاعة وشيعة التبريد الكلية بالطن التبريدي.

5- تدفق مياه التبريد اللازمة لوشيعة التبريد، إذا كانت درجة حرارة دخول مياه التبريد $t_{w1}=5\ [^oC]$ والخروج $t_{w2}=9\ [^oC]$، ومردودها، وكمية الماء المتكاثف من الهواء أثناء مروره عليها.

6- استطاعة وشيعة التسخين اللازمة، وتدفق المياه الساخنة اللازمة لها، إذا كانت درجة حرارة دخول المياه التسخين $t_{w1}=90\ [^oC]$ والخروج $t_{w2}=70\ [^oC]$ ومردود وشيعة التسخين.

7- أوصل النقطة m بالنقطة S، وناقش هذا الخط. هل يمكن تنفيذه باستخدام وشيعة تبريد أم أنه لابد من استعمال وشيعة تسخين بعد وشيعة التبريد للوصول إلى النقطة S؟ وضح ذلك مع الشرح.

المسألة /3/:

لدينا وحدة إرسال هواء رطب تعمل صيفاً وشتاءً حيث يدخل الهواء الجديد O إلى حجرة المزج M ليختلط مع الهواء المعاد r بعدها يمر عبر الفلتر F. يمر الهواء في فصل الصيف على وشيعة التبريد CC، وفي فصل الشتاء يمر عبر وشيعة التسخين الأولية HC1 ومن ثم عبر المرطبة وبعدها يعاد تسخين الهواء عبر الوشيعة HC2،

ومن ثم يرسل الهواء بواسطة المروحة إلى الصالة. الربح الحراري الكامن |20|KW والمحسوس |80|KW صيفاً، يوجد في الصالة 30 نولاً و50 شخصاً. بارمترات الهواء صيفاً: درجة الحرارة الخارجية |40|°C والرطوبة النسبية 20% ودرجة الحرارة الداخلية |24|°C والرطوبة النسبية 60%. تعطى درجة حرارة التغذية صيفاً |18|°C، وكمية الهواء الجديد لكل نول |400|m³/h، ولكل شخص |50|m³/h. والمطلوب:

1- ارسم وحدة معالجة الهواء.

2- كمية هواء التغذية m_{tot} ، كمية الهواء الجديد اللازم للصالة، وكمية الهواء المعاد والمطرود.

3- درجة حرارة الهواء بعد غرفة المزج t_m.

4- حساب خط عمل الغرفة RRL.

5- حساب استطاعة وشيعة التبريد فقط بالطن التبريدي.

6- احسب أبعاد مجرى الهواء مستطيلة المقطع لمجرى التغذية باعتماد طريقة السرعة الثابتة؛ مع العلم أن السرعة بعد المروحة مباشرة هي |v=10|m/s، والمسافة بين السقف المستعار والحقيقي |0.8| m. وتعطى العلاقة بين المقطع الدائري والمستطيل كالآتي: $d = \frac{2 \times a \times b}{a+b}$

7- قم بتمثيل عمل الوحدة على المخطط السايكومتري، ثم انقلها إلى ورقة الإجابة.

المسألة /4/:

صالة مكيفة بشروط داخلية $t_R=25\ [^oC]$ ورطوبة نسبية $\emptyset=60\%$ الشروط الخارجية صيفاً $t_{od}=40\ [^oC]$ جافة ، $t_{ow}=22\ [^oC]$ رطبة الربح الحراري المحسوس للمكان المكيف $Q_s=100\ [kw]$ والربح الكامن $Q_l=10\ [kw]$ نستعمل وحدة إرسال هواء بحيث يبرد الهواء الجديد بواسطة وشيعة تبريد بحمل محسوس فقط (حدد درجة حرارة سطحها) لنحصل على هواء بدرجة حرارة $t_{s1}=16\ [^oC]$ ونمرر الهواء المعاد على مرطبة أديباتيكية بحيث يصل الهواء إلى رطوبة نسبية $\emptyset=80\%$ نأخذ بالمزج النقطة $S=S_M$ شروط التغذية. والمطلوب حساب:

1- قم بتمثيل عملية التكييف على المخطط السايكومتري، وارسم نموذجاً واضحاً على ورقة إجابتك عليه جميع القيم.

2- درجة حرارة الخروج من المرطبة (S_2) جافة ورطبة.

3- درجة حرارة الخروج من وشيعة التبريد (S_1) جافة ورطبة.

4- درجة حرارة نقطة المزج (S_M) جافة ورطبة.

5- كمية الهواء الكلي اللازم للصالة، وحدّد كمية الهواء الجديد والمعاد.

6- استطاعة وشيعة التبريد.

7- كمية الماء اللازم للمرطبة.

المسألة /5/:

لدينا وحدة إرسال هواء رطب تعمل صيفاً وشتاءً حيث يدخل الهواء الجديد O إلى حجرة المزج M ليختلط مع الهواء المعاد R بعدها يمر عبر الفلتر F. يمر الهواء في فصل الصيف على وشيعة التبريد CC، وفي فصل الشتاء يمر عبر وشيعة التسخين الأولية HC1 ومن ثم عبر مرطبة ماء، وبعدها يعاد تسخين الهواء عبر الوشيعة HC2، ومن ثم يرسل الهواء بواسطة المروحة إلى الصالة.

المعلومات صيفاً: الحمل الحراري المحسوس $Q_S=30$ [kw] والكامن $Q_L=7.5$ [kw] درجة الحرارة الداخلية للصالة $t_R=25$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset=50\%$ ودرجة الحرارة الخارجية الجافة $t_o=40$ [°C] والرطوبة النسبية $\emptyset=20\%$، يوجد في الصالة 100 شخص، وكمية الهواء اللازمة للشخص $35m^3/h$، ودرجة حرارة هواء التغذية $t_S=16$ [°C]، والسعة الحرارية للهواء $Ca=1$[k J/kg.°C] والمطلوب حساب:

1- ارسم وحدة معالجة الهواء

2- كمية هواء التغذية، وكمية الهواء الجديد اللازم للصالة، وكمية الهواء المعاد والمطرود.

3- احسب استطاعة وشيعة التبريد بالطن التبريدي، وكمية الماء المتكاثف منها، ومعامل التحويل لها.

المسألة /6/:

صالة مكيفة بشروط داخلية $t_R=25$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset=60\%$ الشروط الخارجية صيفاً $t_{od}=40$ [°C] جافة، $t_{ow}=22$ [°C] رطبة. الربح الحراري المحسوس للمكان المكيف $Q_s=100$ [kw] والربح الكامن $Q_l=10$ [kw].

نستعمل وحدة إرسال هواء بحيث يبرد الهواء الجديد بواسطة وشيعة تبريد بحمل محسوس فقط (حدد درجة حرارة سطحها) لنحصل على هواء بدرجة حرارة $t_{s1}=16$ [°C]، وتمرر الهواء المعاد على مرطبة أديباتيكية بحيث يصل الهواء إلى رطوبة نسبية $\emptyset=80\%$، نأخذ بالمزج النقطة $S=S_M$ شروط التغذية. والمطلوب حساب:

1- قم بتمثيل عملية التكييف على المخطط السايكومتري، وارسم نموذجاً واضحاً على ورقة إجابتك عليه جميع القيم.

2- درجة حرارة الخروج من المرطبة (S_2) جافة ورطبة.

3- درجة حرارة الخروج من وشيعة التبريد (S_1) جافة ورطبة.

4- درجة حرارة نقطة المزج (S_M) جافة ورطبة.

5- كمية الهواء الكلي اللازم للصالة، وحدّد كمية الهواء الجديد والمعاد.

6- استطاعة وشيعة التبريد.

7- كمية الماء اللازم للمرطبة.

المسألة /7/:

لدينا صالة معمل يراد معالجة هوائها بحيث نحصل على جو داخلي بدرجة حرارة $t_R=20$ [°C] والرطوبة النسبية $\emptyset = 50\%$ عندما يكون الجو الخارجي بدرجة حرارة $t_o=0$ [°C] ورطوبة نسبية $\emptyset = 85\%$ الضياع الحراري المحسوس من الصالة $Q_s=80$ [kw] ودرجة حرارة هواء التغذية المطلوبة الجافة $t_S=30$ [°C] ونسبة الهواء الجديد إلى الهواء الكلي تساوي ¼ والمطلوب:

1- اختر العناصر المناسبة في وحدة إرسال الهواء للوصول إلى نقطة التغذية (S) المطلوبة.

2- استطاعة هذه العناصر وشروط عملها.

3- استعمل المخطط السايكومتري لتوضيح كافة النقاط وبشكل جيد.

4- اشرح جميع خطوات العمل التي قمت بها، وما الفرضيات التي اعتمدت عليها عند اختيار عناصر وحدة إرسال الهواء؟

المسألة /8/:

وحدة إرسال هواء تتألف من وشيعة تبريد أولى وصندوق مزج ووشيعة تبريد ثانية ومروحة، كمية الهواء الجديد تساوي كمية الهواء المعاد. يدخل الهواء الخارجي بدرجة حرارة جافة $t_{od}=40$ [°C] ورطبة $t_{ow}=22$ [°C]، ويخرج من وشيعة التبريد الأولى بدرجة حرارة $t=25$ [°C] مع ثبات كمية الرطوبة، ويدخل الهواء بعد المزج إلى وشيعة التبريد الثانية حيث تزيل حرارة محسوسة فقط ويخرج منها بشروط التغذية. والمطلوب:

1- احسب درجة حرارة التغذية إذا كان الربح الحراري المحسوس للمكان المكيف $Q_s=40$ [kw] والكامن $Q_l=10$ [kw] ودرجة حرارة المكان المكيف $t_R=25$ [°C] والرطوبة النسبية Ø =50%.

2- احسب كمية هواء التغذية، وكمية الهواء الجديد.

3- احسب استطاعة وشيعتي التبريد، ودرجة حرارة سطح كل منها.

4- استعمل المخطط السايكومتري لتحديد القيم اللازمة، وارسم النتيجة على ورقة إجابتك.

المسألة /9/:

يراد المحافظة على درجة حرارة جافة $t_R=22$ [°C] ورطوبة نسبية Ø =50% صيفاً، شتاءً داخل مكان مكيف بالهواء حيث الربح الحراري المحسوس $Q_s=8$ [kw] والربح الحراري الكامن $Q_l=2$ [kw] صيفاً، وذلك باستخدام وحدة معالجة تتألف من فتحة لدخول الهواء الجديد وفتحة لدخول الهواء المعاد إلى صندوق المزج، ووشيعة تسخين، ووشيعة تبريد، ومروحة (تستخدم وشيعة التبريد صيفاً والتسخين شتاءً) والمطلوب :

1- ارسم وحدة المعالجة مع وضع التسميات عليها.

2- حساب كمية هواء التغذية اللازم [kg/s] علماً أن درجة حرارة هواء التغذية الجافة $t_S=14$ [°C]، وحدّد درجة الحرارة الرطبة لهواء التغذية. علماً أن السعة الحرارية للهواء $C_a=1026$ [j/kg.°C].

3- إذا كان الضياع الحراري المحسوس للمكان المذكور $Q_s=5$ [kw] والربح الحراري الكامن $Q_l=2$ [kw] شتاء. احسب درجة الحرارة الجافة والرطبة لهواء التغذية

للحفاظ على مواصفات الهواء الداخلي ذاته للغرفة. بفرض أن كمية هواء التغذية لاتتغير وهي ذاتها المحسوبة صيفاً.

4- للحصول على نقطة التغذية المطلوبة شتاء (S_1) تم مزج الهواء المعاد مع كمية من الهواء الخارجي بشروط درجة حرارة جافة $t_{od}=0$ [°C]، ورطبة $t_{ow}=-1$ [°C]. احسب كمية الهواء الخارجي الواجب استخدامه، وكمية الهواء المطرود من المكان وكمية الهواء المعاد استخدامه، وحدد درجة الحرارة الجافة والرطبة لنقطة المزج (M)، واستطاعة وشيعة التسخين اللازمة.

5- احسب استطاعة وشيعة التبريد اللازمة للوحدة صيفاً، وحدّد درجة حرارة سطحها، ومعامل التحويل لها، بفرض أن درجة الحرارة الخارجية $t_{od}=40$ [°C] والرطوبة النسبية $\varphi = 20\%$.

6- قم بتمثيل العمليات على المخطط السايكومتري، وانقلها بشكل واضح إلى ورقة الإجابة.

المسألة /10/:

صالة للصناعات النسيجية أبعادها 30[m]×40[m]×4[m]، وارتفاعها 4[m] معرضة للجو الخارجي من جميع الجدران والسقف. يوجد فيها 30 نولاً و60 شخصاً أرضية الصالة فوق مستودع درجة حرارته $t_0=12$ [°C]، مساحة النوافذ الموجودة في جدران الصالة 140 [m^2]. يراد تدفئة الصالة بواسطة وحدة إرسال هواء تحتوي على صندوق مزج ووشيعة تسخين تستعمل الماء الساخن (90°C-70°C) ومرطبة ماء ومروحة دفع، فإذا كانت درجة الحرارة داخل الصالة $t_i=22$ [°C] والرطوبة

النسبية Rh=50%، ودرجة الحرارة الخارجية t_o=-2 [°C] وكمية الرطوبة w=0.0026 [kg/kg]. وكانت معاملات انتقال الحرارة مبينة بالجدول الآتي:

العنصر	أرض	سقف	نوافذ	جدران
U [w/m².°C]	1.2	3	4.2	0.8

عدّ تسرب الهواء بمعدل نصف مرة بالساعة من حجم الصالة، كثافة الهواء ρ =1.2 [kg/m³] والسعة الحرارية للهواء C_a=1.026[kj/kg.°C]، وللماء C_w=4.18[kj/kg.°C] والحرارة النوعية للمازوت C_f=41800[kj/kg]، ومردود المرجل η =0.85. والمطلوب حساب:

1- معامل الانتقال الحراري للسقف بعد عزله بـ 4[cm] من الستريوبور معامل توصيله الحراري 0.03[w/m.°C].

2- الحمل الحراري الكلي للصالة (استعمل معامل انتقال الحرارة للسقف بعد العزل).

3- تدفق الهواء الكلي اللازم للصالة إذا علمت أن درجة حرارة التغذية t_s=32 [°C]

4- تدفق الهواء الجديد اللازم إذا علمت أن كمية الهواء الجديد اللازم للشخص 30[m³/h] وللتول 440[m³/h].

5- رسم مخطط رمزي لوحدة المعالجة، وحساب استطاعة وشيعة التسخين، وكمية الماء اللازم للترطيب.

6- حدد استطاعة المرجل اللازم للوشيعة، والحراق المناسب، وأبعاد المدخنة المربعة، وتدفق المضخة اللازمة، وحجم خزان المازوت الشهري اللازم لتشغيل 10 ساعات في اليوم.

7- بفرض استخدام مرطبة بخار عوضاً عن مرطبة الماء، احسب استطاعة وشيعة التسخين الجديدة، وكمية البخار اللازم للترطيب، وكمية الحرارة اللازمة لتوليد البخار؛ علماً أن: Lw=2454 [kj/kg].

الفصل الثالث: التهوية

ويضم هذا الفصل مجموعة من المسائل مع حلولها تتناول الأفكار الآتية:

1- مسائل حول التهوية بوجود غبار النسيج فقط.

2- مسائل حول التهوية بوجود ملوثات غازية.

3- مسائل حول التهوية مع إعادة تدوير للهواء المفلتر.

كما يتناول مجموعة من المسائل غير المحلولة.

المسألة /1/:

لتهوية صالة للصناعات النسيجية يجب التغلب على ملوثتين تنبعثان من جو الصالة على النحو الآتي:

الملوثة a بمعدل $100[g/h]$ وتركيز حدي $y_{AC}=2[mg/m^3]$

الملوثة b بمعدل $300[g/h]$ وتركيز حدي $y_{AC}=5[mg/m^3]$

فإذا علمت أن الهواء الخارجي نقي من هاتين الملوثتين، وأن معامل طبيعة الانتشار لكل من الملوثتين هو $\psi_{a,b}=1$، ومعامل عدم الانتظام للملوثة a هو $\chi_a=1.2$ وللملوثة b $\chi_B=1.6$.

1- أوجد تدفق الهواء اللازم للتغلب على هاتين الملوثتين في حالتي وجود أو عدم وجود تأثير مشترك للملوثتين على جسم الإنسان.

2- بفرض أن الهواء اللازم للتغلب على الحمل الحراري هو $200.10^3 m^3/h$ احسب التدفق الكلي والجديد والمعاد في الحالتين السابقتين.

الحل:

1-

$$V_a = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{1c} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_b = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{1c} - y_o} = 96 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

التدفق في حالة عدم وجود تأثير مشترك هو: $V_{tot} = V_b = 96 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

التدفق في حالة وجود تأثير مشترك هو: $V_{tot} = V_a + V_b = 156 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

2- في حالة عدم وجود تأثير مشترك:

تدفق الهواء الكلي: $V_{tot} = 200 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء الجديد: $V_o = 96 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء المعاد: $V_r = V_{tot} - V_a = 104 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

في حالة وجود تأثير مشترك:

تدفق الهواء الكلي: $V_{tot} = 200 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء الجديد: $V_o = 156 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء المعاد: $V_r = V_{tot} - V_a = 44 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

المسألة /2/:

في صالة للصناعات النسيجية تنبعث الملوثات الآتية:

الملوثة	درجة انتشارها [g/h]	درجة التركيز الحدية $y_{AC}[mg/m^3]$
أكاسيد الآزوت	200	5
غاز الكلور	4	0.1
غبار النسيج	160	2

ولدينا المعلومات الآتية للملوثات كافة: $\psi = 1$, $\chi = 1.5$, $y_0=0$، يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف، والمطلوب:

1- إيجاد تدفقات الهواء الأولية اللازمة للتغلب على الملوثات كافة.

2- شرح دارة التهوية المناسبة مع الرسم بفرض أن أكاسيد الآزوت وغاز الكلور لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان، وحساب التدفقات النهائية المطلوبة.

3- بفرض أن حاجة الأنوال والأشخاص $130.10^3[m^3/h]$، احسب تركيز الملوثات الثلاث في هواء الصالة

4- بفرض أن كمية الهواء اللازمة للتغلب على الحمل الحراري $160.10^3[m^3/h]$. فما تدفق الهواء المعاد والجديد والكلي؟

الحل:

1-

$$V_{a,Dust} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 120 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,N} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,cl} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

2- بما أن غاز الكلور وغاز الآزوت لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان، فإن تدفق الهواء اللازم للتغلب عليهما هو مجموع كل من التدفقات اللازمة، ويكون $120*10^3$ وبما أن الهواء اللازم للتغلب على الملوثات الغازية يجب أن يكون هواء جديداً فقط، وقيمته تساوي قيمة التدفق اللازم للتغلب على غبار النسيج؛ بالتالي فإن كامل الهواء يجب أن يكون هواء جديد ولا يمكن إعادة تدوير أي جزء من الهواء.

3- أصبح تدفق الهواء الجديد $130*10^{-3}$ وهو تدفق الهواء الكلي؛ لأنه قادر على التغلب على جميع الملوثات وهو اللازم لحاجة الأشخاص.

ولحساب التراكيز نعوض في القانون التالي: $V = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ic} - y_o}$ قيمة التدفق $65*10^{-3}$ بالنسبة للملوثات الغازية (بفرض أن كل ملوثة تحتاج نصف الهواء الجديد، وذلك بسبب أن للملوثتين تأثيراً مشتركاً في جسم الإنسان) وقيمة التدفق $130*10^{-3}$ بالنسبة لغبار النسيج ونحسب قيمة التركيز:

تركيز غبار النسيج: $1.846\ mg/m^3$

تركيز غاز الكلور: $0.0923\ mg/m^3$

تركيز غاز الآزوت: $4.6\ mg/m^3$

4- تدفق الهواء الكلي في هذه الحالة $160*10^{-3}$ وتدفق الهواء الجديد هو $120*10^{-3}$ ويعد صحيحاً إذا فرضه الطالب $130*10^{-3}$ على أساس الطلب الثالث؛ بالتالي تدفق الهواء المعاد $40*10^{-3}$ أو $30*10^{-3}$ (إذا اعتمد الطلب الثالث في الحساب).

المسألة /3/:

في صالة للصناعات النسيجية تنبعث الملوثات التالية

الملوثة	درجة انتشارها [g/h]	درجة التركيز الحدية $y_{AC}[mg/m^3]$
أكاسيد الآزوت	100	5
غاز الكلور	4	0.1
غبار النسيج	160	2

ولدينا المعلومات الآتية للملوثات كافة: $\psi = 1$ ، $\chi = 1.5$ ، $y_0=0$

يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف بمردود $\eta = 0.88$ وحمل نوعي $\sigma_f = 4000[m^3/m^2.h]$ وسرعة عظمى للهواء داخل الأسطوانة $\upsilon_{\max} = 10[m/s]$ والمطلوب:

1- إيجاد تدفقات الهواء الأولية اللازمة.

2- إيجاد التدفق النهائي وتركيز كلا الملوثتين في هواء الصالة بفرض وجود تأثير مشترك للآزوت والكلور في جسم الإنسان.

3- شرح دارة التهوية المناسبة مع الرسم.

4 - إيجاد أبعاد الفلتر وحجرة التصفية بناء على التدفقات النهائية.

الحل:

-1

$$V_{a,Dust} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 120 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,X} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 30 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,cl} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

2- بما أن غاز الكلور وغاز الآزوت لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان، فإن تدفق الهواء اللازم للتغلب عليهما هو مجموع كل من التدفقات اللازمة، ويكون $Vo=90*10^3$. وبما أن الهواء اللازم للتغلب على الملوثات الغازية يجب أن يكون هواء جديداً فقط وقيمته أقل من قيمة التدفق اللازم للتغلب على غبار النسيج؛ بالتالي يمكن إعادة تدوير جزء من الهواء.

تدفق الهواء الجديد: $V_o = 60 + 30 = 90 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء المعاد: $V_R = V_a - V_o - 120 - 90 - 30 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

نسبة المزج: $r = V_R / V_a = 30/120 = 0.25$

إن إعادة تدوير جزء من الهواء المصفى يتسبب في إضافة نسبة تلوث إلى هواء التغذي؛ة مما يزيد من تدفق الهواء الواجب تصفيته؛ وبالتالي يصبح التدفق المطلوب:

$$V_a = \frac{m \times \chi \times \psi}{C.y_{Ac} - (1-r)y_o}$$

$$C = 1 \quad r(1 \quad \eta) = 1 \quad 0.25(1 \quad 0.88) = 0.97$$

$$V_a = \frac{m \times \chi \times \psi}{C.y_{Ac} - (1-r)y_o} = 123.7.10^3 [m^3/h]$$

التدفق النهائي للهواء الجديد: $V_n = (1-r)V_a = 92.775 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

التدفق النهائي للهواء المعاد: $V_R = rV_a = 30.925 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$

-3

4- مقطع أسطوانة الفلتر: $F_C = \frac{V_a}{v_{max}} = \frac{123.7.10^3}{10 \times 3600} = 3.436[m^2]$

قطر أسطوانة الفلتر: $D = \sqrt{\frac{4.F_C}{\pi}} = 2.1[m]$

مساحة السطح الجانبي لأسطوانة الفلتر:

$$A_C = \frac{V_a}{\sigma_{.t}} = \frac{123.7.10^3}{4000} = 30.925[m^2]$$

طول أسطوانة الفلتر: $L_C = \frac{A_C}{\pi.D} = 4.69[m]$

أبعاد حجرة التصفية:

$L_R = L_C + 2 = 6.69[m]$ ، $W_R = D + 2 = 4.1[m]$ ،

$$H_R = D + 1 = 3.1[m]$$

المسألة /4/:

في صالة للصناعات النسيجية تنبعث الملوثات الآتية:

الملوثة	درجة انتشارها [g/h]	درجة التركيز الحدية $y_{AC}[mg/m^3]$
أكاسيد الآزوت	100	5
غاز الكلور	2	0.1
غبار النسيج	80	2

ولدينا المعلومات الآتية للملوثات كافة: $\psi = 1$ ، $\chi = 1.5$ ، $y_o=0$. يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف مردوده 0.85، والمطلوب:

1- إيجاد تدفقات الهواء الأولية اللازمة للتغلب على الملوثات كافة.

2- شرح دارة التهوية المناسبة مع الرسم، وحساب التدفقات النهائية في الحالتين:

- أن أكاسيد الآزوت وغاز الكلور ليس لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان.
- أن أكاسيد الآزوت وغاز الكلور لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان.

الحل:

1- التدفقات الأولية:

$$V_{a,Dust} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,N} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 30 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a,cl} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 30 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

2- في حال وجود تأثير مشترك

بما أن غاز الكلور وغاز الآزوت لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان، فإن تدفق الهواء اللازم للتغلب عليهما هو مجموع كل من التدفقات اللازمة ويكون $60*10^3$. وبما أن الهواء اللازم للتغلب على الملوثات الغازية يجب أن يكون هواء جديداً فقط وقيمته

تساوي قيمة التدفق اللازم للتغلب على غبار النسيج؛ وبالتالي فإن كامل الهواء يجب أن يكون هواء جديداً ولا يمكن إعادة تدوير أي جزء من الهواء.

تدفق الهواء الكلي:

$$V_{tot} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

تدفق الهواء الجديد:

$$V_o = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

تدفق الهواء المعاد:

$$V_r = V_{tot} - V_o = 0 [\frac{m^3}{h}]$$

في حال عدم وجود تأثير مشترك:

بما أن غاز الكلور وغاز الآزوت ليس لهما تأثير مشترك في جسم الإنسان، فإن تدفق الهواء اللازم للتغلب عليهما هو التدفق الأكبر بينهما ويكون $Vo=30*10^{3}$. وبما أن الهواء اللازم للتغلب على الملوثات الغازية يجب أن يكون هواء جديداً فقط وقيمته أقل من قيمة التدفق اللازم للتغلب على غبار النسيج؛ وبالتالي يمكن إعادة تدوير جزء من الهواء.

تدفق الهواء الجديد:

$$V_{a} = 30\times10^{3}[\frac{m^{3}}{h}]$$

تدفق الهواء المعاد:

$$V_{R} = V_{a} - V_{a} = 60 - 30 = 30\times10^{3}[\frac{m^{3}}{h}]$$

نسبة المزج:

$$r = V_{R}/V_{a} = 30/60 = 0.5$$

إن إعادة تدوير جزء من الهواء المصفى يتسبب في إضافة نسبة تلوث إلى هواء التغذية؛ مما يزيد من تدفق الهواء الواجب تصفيته وبالتالي يصبح التدفق المطلوب:

$$V_{a} = \frac{m\times\chi\times\psi}{C.y_{lc} - (1-r).y_{a}}$$

$$C = 1 - r(1-\eta) = 1 - 0.5(1-0.85) = 0.925$$

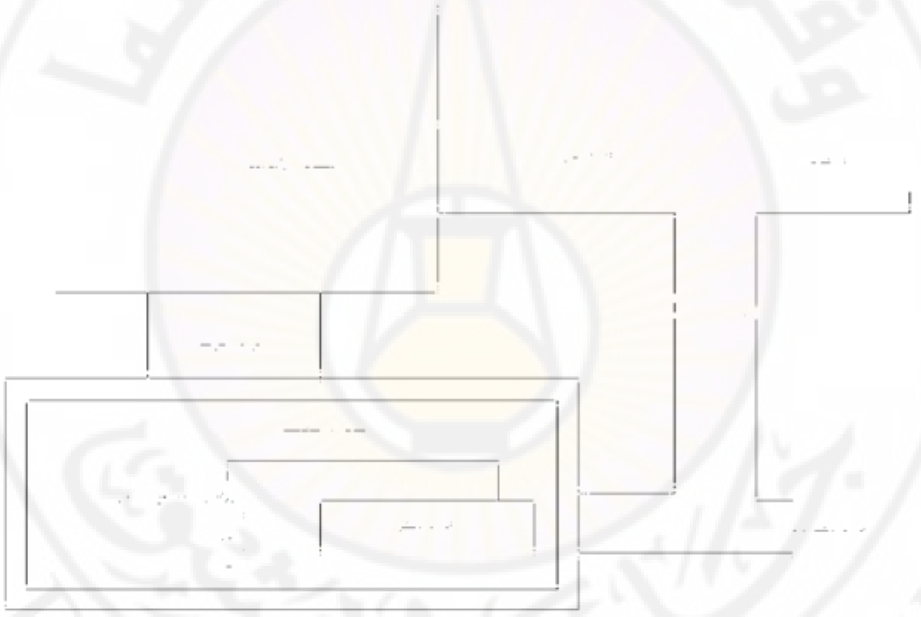
$$V_{a} = \frac{m\times\chi\times\psi}{C.y_{lc} - (1-r).y_{a}} = 64.86.10^{3}[m^{3}/h]$$

التدفق النهائي للهواء الجديد:

$$V_o = (1-r)V_o = 32.432\times10^3[\frac{m^3}{h}]$$

التدفق النهائي للهواء الجديد:

$$V_R = rV_o = 32.432\times10^3[\frac{m^3}{h}]$$



Damascus University

المسألة /5/:

في صالة للصناعات النسيجية تنبعث الملوثات الآتية:

الملوثة	درجة انتشارها [g/h]	درجة التركيز الحدية $y_{AC}[mg/m^3]$
أكاسيد الآزوت	150	5
غبار النسيج	80	2

ولدينا المعلومات الآتية للملوثات كافة: $\psi = 1$ ، $\chi = 1.5$ ، وللغبار $y_0=0$ وللآزوت $y_0=1[mg/m^3]$.

يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف بمردود $\eta = 0.88$.

والمطلوب:

1- إيجاد تدفقات الهواء الأولية اللازمة للتغلب على كلا الملوثتين.

2- إيجاد التدفقات النهائية للهواء الكلي الجديد والمعاد.

3- شرح دارة التهوية المناسبة مع الرسم.

4- كم تصبح قيمة التدفق النهائي إذا علمت أن $y_0=0.4[mg/m^3]$ للغبار.

الحل:

-1

$$V_{a.Diss} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 60 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

$$V_{a.N} = \frac{m \times \chi \times \psi}{y_{Ac} - y_o} = 45 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}]$$

2- بما أن الهواء اللازم للتغلب على الملوثات الغازية يجب أن يكون هواء جديداً فقط، وقيمته أقل من قيمة التدفق اللازم للتغلب على غبار النسيج؛ وبالتالي يمكن إعادة تدوير جزء من الهواء.

تدفق الهواء الجديد: $V_o = 45\times10^3[\frac{m^3}{h}]$

تدفق الهواء المعاد: $V_R = V_a - V_o = 60 - 45 = 15\times10^3[\frac{m^3}{h}]$

نسبة المزج: $r = V_R / V_a = 15/60 = 0.25$

3- إن إعادة تدوير جزء من الهواء المصفى يتسبب في إضافة نسبة تلوث إلى هواء التغذية؛ مما يزيد من تدفق الهواء الواجب تصفيته؛ وبالتالي يصبح التدفق المطلوب:

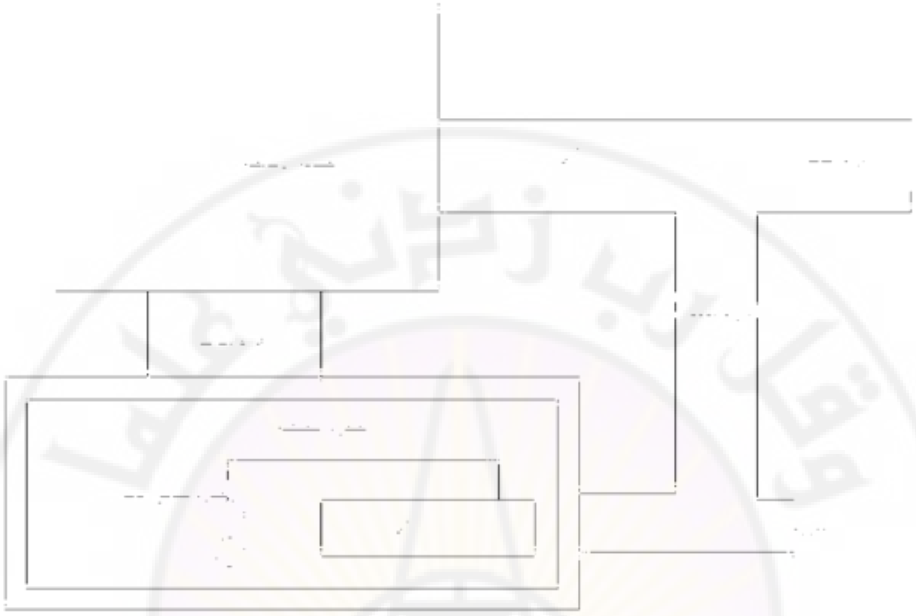
$$V_a = \frac{m\times\chi\times\psi}{C.y_{Ac} - (1-r)y_o}$$

$$C = 1 - r(1-\eta) = 1 - 0.25(1-0.88) = 0.97$$

$$V_a = \frac{m\times\chi\times\psi}{C.y_{Ac} - (1-r)y_o} = 61.85.10^3[m^3/h]$$

التدفق النهائي للهواء الجديد: $V_o = (1-r)V_a = 46.3875\times10^3[\frac{m^3}{h}]$

التدفق النهائي للهواء المعاد: $V_R = r.V_a = 15.4625\times10^3[\frac{m^3}{h}]$



$$V_a = \frac{m \times \chi \times \psi}{C_p y_{ic} - (1-r) y_a} = 73.17 \times 10^3 [\frac{m^3}{h}] \quad -4$$

Damascus University

مسائل غير محلولة

المسألة/1/:

لتهوية صالة للصناعات النسيجية يجب التغلب على ملوثتين تنبعثان من جو الصالة على النحو التالي الملوثة a بمعدل [100[g/h وتركيز حدي [y_{AC}=2[mg/m^3]

الملوثة b بمعدل [300[g/h وتركيز حدي [y_{AC}=5[mg/m^3].

فإذا علمت أن الهواء الخارجي نقي من هاتين الملوثتين، وأن معامل طبيعة الانتشار لكل من الملوثتين هو $\psi_{a,b}=1$ ومعامل عدم الانتظام للملوثة a هو $\chi_a=1.2$ وللملوثة b $\chi_b=1.6$. أوجد تدفق الهواء اللازم للتغلب على هاتين الملوثتين في حالتي وجود أو عدم وجود تأثير مشترك للملوثتين في جسم الإنسان.

المسألة/2/:

في صالة للصناعات النسيجية تنبعث الملوثات الآتية

الملوثة	درجة انتشارها [g/h]	درجة التركيز الحدية y_{AC}[mg/m^3]
أكاسيد الآزوت	140	5
غاز الكلور	6	0.1
غبار النسيج	80	2

ولدينا المعلومات الآتية للملوثات كافة: $\psi=1$ ، $\chi=1.5$ ، $y_0=0$ يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف بمردود $\eta=0.85$ وحمل نوعي

$\sigma_f = 4000[m^3/m^2.h]$ وسرعة عظمى للهواء داخل الاسطوانة $\upsilon_{\max} = 10[m/s]$ والمطلوب:

1- إيجاد تدفقات الهواء الأولية اللازمة للتغلب على كلا الملوثتين.

2- إيجاد التدفق النهائي، وتركيز كلا الملوثتين في هواء الصالة.

3- شرح دارة التهوية المناسبة مع الرسم،

4- إيجاد أبعاد الفلتر، وحجرة التصفية بناء على التدفقات النهائية.

المسألة/3/:

لتهوية صالة للصناعات النسيجية يجب التغلب على ملوثتين تنبعثان من جو الصالة على النحو التالي الملوثة a (غبار نسيج) بمعدل 100[g/h] وتركيز حدي y_{AC}=2[mg/m3] الملوثة b (أكاسيد آزوت) بمعدل 100[g/h] وتركيز حدي y_{AC}=5[mg/m3] فإذا علمت أن الهواء الخارجي نقي من هاتين الملوثتين وأن معامل طبيعة الانتشار لكل من الملوثتين هو $\psi_{a,b} = 1$ ومعامل عدم الانتظام للملوثة a هو $\chi_a = 1.2$ وللملوثة b هو $\chi_b = 1.25$

1- أوجد تدفق الهواء اللازم للتغلب على هاتين الملوثتين.

2- يستخدم لتصفية الغبار فلتر أسطواني شبكي ذاتي التنظيف حمله النوعي $\sigma_f = 4000[m^3/m^2.h]$ وسرعة عظمى للهواء داخل الاسطوانة $\upsilon_{\max} = 10[m/s]$. أوجد أبعاد أسطوانة الفلتر، وأبعاد حجرة التصفية اللازمة.

3- بفرض أردنا تدوير جزء من الهواء المصفى، ارسم مخططاً للدارة في هذه الحالة، واستنتج علاقة تدفق الهواء الكلي (دون إجراء حسابات).

الرموز والمصطلحات

الرمز	الاسم بالعربية	الاسم بالإنكليزية	الواحدة
$\dot{m}$	Mass flow rate	معدل التدفق	kg/s
Q	heat flux	كمية الحرارة –حمل حراري	$/W/$
U	Overall heat transfer coefficient	معامل انتقال الحرارة الكلي	W/m^2K
t	temperature	درجة حرارة	$K, °C$
R	resistance	مقاومة الحرارية	$m^2°C/W$
δ	thickness	سماكة الطبقة الحدية	$\mathbf{m}$
α	Convection heat transfer coefficient	معامل انتقال الحرارة بالحمل	W/m^2K
λ	Thermal conductivity	معامل انتقال الحرارة بالتوصيل	W/mK
A	Area	مساحة المقطع	m^2
q	specific heat flux	كمية الحرارة النوعية	W/m
V	Heat area volume	حجم الفراغ المدفأ	m^3
C	specific heat	الحرارة النوعية	$J/kg.k$
n	Air change per hour	عدد مرات تبديل الهواء	$1/h$

الواحدة	الاسم بالإنكليزية	الاسم بالعربية	الرمز
kg/m^3	الكثافة	density	ρ
m^2	مقطع المدخنة	Chimney area	S
m	الارتفاع	Length	h
–	مردود المضخة	Efficiency	η
kJ/kg	القيمة الحرارية للوقود		Cv
m^3	حجم خزان الوقود السنوي	Fuel tank	v
kW	استطاعة المرجل	Boiler Capacity	Qb
kJ/kg	الرطوبة النوعية	Specific humidity	ω
%	الرطوبة النسبية	Relative humidity	RH
kJ/kg	الإنتالبي	Enthalpy	h
m^3/s	معدل تدفق الهواء الحجمي	Specific volume flow	$\dot{V}$
m^3/kg	الحجم النوعي للهواء الخارجي	Specific volume	$\dot{v}_o$
–	خط عمل الغرفة	Room ratio line	RRL
–	معامل التحويل	By bass factor	BF

الرموز الدليلية

AIR	الهواء	a
WATER	الماء	w
SUPPLY	تغذية	s
Delta	فرق	Δ
saturate	الاشباع	Sat
Cooling coil	وشيعة التبريد	Cc
Heating coil	وشيعة التسخين	Hc
Out	الخارج	o
In	الداخل	i
sensible	محسوس	S
Latent , light	كامن	L

Damascus University

اللجنة العلمية:

أ.د. عبد الرحمن الشياح

أ.د. نصر ياسين

أ.د. عيسى مراد

المدقق اللغوي:

أ.د. فخري بوش

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية