Subject : Date :

سمد تعالی

«طراحی سیستم های تبرید و سردخانه» استاد: جناب آقای افشین مهینی راد
«دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری - نیمسال اول ۹۲-۹۱ »

A.Fahimirad @desa.ir جلسه اول: چهارشنبه: 91/7/19

جدا قل های پروژه برای این درس: ۱) در طراحی سردخانه هم باید اتاق بالای صفر در نظر گرفته شود و هم اتاق پائین صفر در نظر گرفته شود.

* ۵ تا اتاق بالای صفر باید داشته باشد (حداقل سه تا محصول)
* ۵ تا اتاق زیر صفر درجه

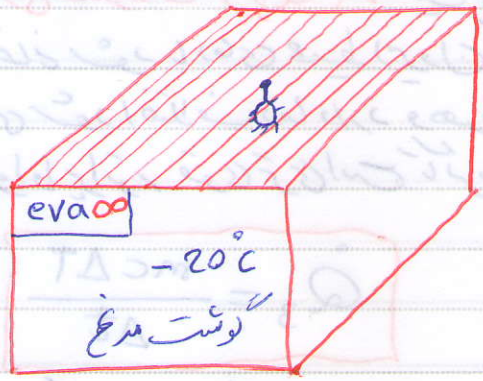
۲) تونل انجماد داشته باشد ۳) پیش سردکن داشته باشد

بعد از محاسبهٔ بار برودتی کل سردخانه به انتخاب تجهیزات سردخانه از جمله: اواپراتور انتخاب واحد تقطیر (کندانسور و کندانسور)

* محاسبهٔ متقلب لوله کشی برای پروژه نمره مثبت دارد.

فصل اول: «مقدمات»

محاسبهٔ بار برودتی ساختمان سردخانه: برای طراحی سردخانه هایی که قابلیت نگهداری میوه جات، سبزیجات، انواع گوشت و... را در درجه حرارت مناسب دارد، بررسی نکات زیر لازم است:



یک اتاق از سردخانه را در نظر می گیریم و فضای داخل را $-20^{\circ}c$ و دمای محیط را 30° در نظر می گیریم.

Subject : Date

حرارت معمولاً از طرق مختلف وارد سردخانه می شود که مهمترین آنها عبارتند از:

۱) بار جداره ها ($\dot{Q}_1$): رابطهٔ اصلی محاسبهٔ بار جداره ها بدین صورت است:
جدای از انتقال حرارت از جداره ها تشعشع نیز
از جداره ها انتقال می یابد.

$$\dot{Q} = UA\Delta T$$

بار جداره ها: ۱) حرارتی که از دیواره ها از خارج وارد سردخانه می شوند.
۲) حرارتی که از طریق تشعشع از سطوح وارد می شوند (که این سطح با توجه به جنس و ... ارزیابی می شود)

* دیوارهای شمالی تشعشع ندارند، کف سردخانه هم تشعشع ندارد.

---

۲) بار تعویض هوا ($\dot{Q}_2$): حرارتی که بوسیلهٔ هوای گرم خارج و از طریق باز و بسته شدن درب ها و (یا درزها) ... وارد می شود و با $\dot{Q}_2$ نشان می دهند.

* رطوبت هوا و تعداد بار باز و بسته شدن درب در یخچالها عاملی برای برفک زدن بیشتر است.

* نحوهٔ محاسبهٔ بار تعویض هوا در ادامه مطرح خواهد شد.

---

۳) بار حرارتی محصولات ($\dot{Q}_3$): یک محصول که در تماس با هوای از بیرون می خواهد وارد سردخانه شود با دمای محیط (بیرون) که گرم است سازگار است و وقتی وارد سردخانه می شود اختلاف دما دارد و هرچه این اختلاف دما بیشتر باشد نیاز به کمپرسور و اواپراتور قوی تری است تا گرمای ناشی از محصولات را جبران کند.

$$Q_3 = mc\Delta T \qquad \dot{Q}_3 = \frac{mc\Delta T}{\Delta t}$$

* حرارتی است که بواسطهٔ محصولات وارد سردخانه می شود.

Subject : Date :

۴) بارهای حرارتی متفرقه ($\dot{Q}_4$) : تعداد کارگر، روشنایی هر اتاق و ... حرارتی که بوسیله کارگرانی که در سردخانه کار می کنند و یا سایر افرادی که رفت و آمد دارند بخشی از بارهای متفرقه می باشند. حرارت ورودی ناشی از وسایل مولد قدرت، لامپ ها و ...

بار حرارتی یک اتاق : با توجه به انواع بارهای حرارتی گفته شده، برای محاسبه بار حرارتی یا برودتی یک اتاق داریم :

$$\dot{Q}_{tot} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4$$ ✱

جلسه دوم : پنجشنبه 91/7/26

عمل برفک زدایی : برفک ها در سردخانه ها مانند عایق عمل می کنند و انتقال حرارت را کاهش می دهند و موجب کاهش ضریب عملکرد می شوند.

W_c : کار کمپرسور β : ضریب عملکرد

$$\beta = \frac{Q_L}{W_c}$$

موارد زیر به جهت برفک زدایی پیشنهاد می شود:

۱) برفک زدایی هر فته خاموش (مثلاً شش ساعت اواپراتور را خاموش می کنند) فرضاً در 24 ساعت هر فته 6 الی 8 ساعت خاموش باشد. (این روش معمول است و در اکثر سردخانه ها از این روش استفاده می شود)

۲) از المنت های حرارتی و یا دستگاه های برفک پاش استفاده می شود.

۳) برعکس نمودن کار اواپراتور و کندانسور (سیکل کارکرد را تغییر می دهیم)

۴) اواپراتور برفک زدا (در یخچال های بدون برفک امروزی از این روش استفاده می شود)

Subject : Date

$$\dot{Q}_{eva} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4) \times \frac{24}{\text{مدت زمان کارکرد تجهیزات سرمایشی}} \times (1.05 \sim 1.1)$$

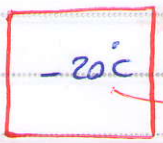
(مثلاً 18 ساعت)

ضریب اطمینان
۵ تا ۱۰٪

محاسبات بارهای حرارتی جداره‌ها: (بارهای حرارتی‌ای که از طریق هدایت از فضای بیرون وارد فضای داخلی سردخانه می‌شوند) (دمای طرح داخل با توجه به نوع محصول تعیین می‌شود و دمای طرح خارج از جداول هواشناسی)

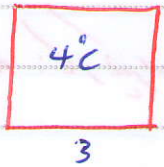
$$\dot{Q}_1 = UA\,T_D$$

بابل
38°C
از هواشناسی



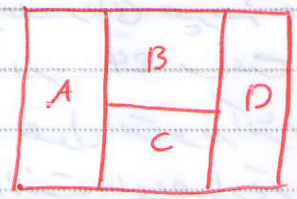
با توجه به نوع محصول

مثال: مطلوبست مقدار حرارتی گاز دیواری به ابعاد $(3 \times 6\ m^2)$ در صورتی که ضریب $(U = 0.37\ \frac{W}{m^2.K})$ و درجه‌ی طرح داخل $(4°C)$ و طرح خارج $(35°C)$ باشد.

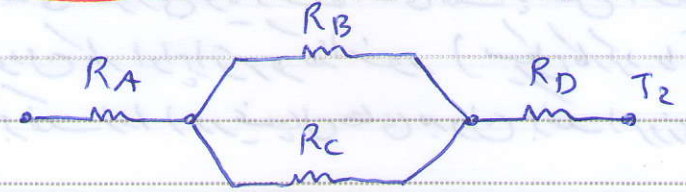


$$Q = UA\Delta T = 0.37 \times 18 \times 31 = 206\ W$$

محاسبه‌ی U:



$$U = \frac{1}{\Sigma R \times A}$$



برای پروژه باید U ها را از این روش استفاده کنیم.

MICRO

Subject : Date

ضریب U : ضریب U معیاری از شدت عبور حرارت از یک متر مربع سطح دیوار به ازای یک درجهٔ کلوین اختلاف دمایی باشد.
مقدار U به ضخامت دیواره و نوع عایق و مصالح مصرفی بستگی دارد.

$$R = \frac{\Delta X}{k.A} \qquad U = \frac{1}{\Sigma R.A}$$

k = قابلیت انتقال حرارتی

برای جلوگیری از ورود حرارت بیشتر به فضای سرد خانه و افزایش بار تجهیزات تبرید باید از عایقی مناسب بهره برد بطوری که U پایین نگه داشته شود. با معلوم بودن ضخامت دیواره (دیواره های کناری، سقف، کف) و نوع مصالح تشکیل دهندهٔ جداره ها ضریب هدایت حرارتی (C) و یا قابلیت هدایت حرارتی (k) مقدار U قابل محاسبه خواهد بود.
مقادیر k و C توسط تولید کنندگان مواد و مصالح ارائه می شود و همچنین در جداول کتب مرجع هم آمده است.

با بدست آوردن (C) انگار که U را بدست آورده ایم. $C \simeq U$

$$C = \frac{k}{\Delta X}$$

مثال : مطلوب است ضریب هدایت حرارتی عایق پلی یورتان به ضخامت (125mm) ؟

$$C = \frac{k}{\Delta X}$$

k : از جدول (2) خوانده می شود : $\Leftarrow k = 0.025$

$\Delta X = 0.125\ m$

$$C = \frac{0.025}{0.125} = 0.2\ \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

مثال : مطلوبست ضریب هدایت حرارتی برای عایق چوب پنبه به ضخامت (5 in)

$k \xrightarrow{\text{از جدول}} k = 0.043$

$\Delta X = 5 \times 0.0254 = 0.127$ $\quad C = \frac{0.043}{5 \times 0.0254} = 0.338$

Subject : Date

محاسبه U برای یک دیواره مرکب :

$T_i = 20^\circ C$	روکش داخلی	عایق پلی یورتان یا چوب پنبه	بلوک سیمانی	روکش خارجی	$T_o = 35^\circ C$

* فیلم هوای داخل و خارج ناشی از انتقال حرارت جابجایی هستند و مابقی ناشی از انتقال حرارت هدایتی

T_i — فیلم هوای داخل (جابجایی) — روکش داخلی — عایق — بلوک سیمانی — روکش خارجی — فیلم هوا خارج — T_o

مثال : مطلوبست ضریب U برای دیواری که از مصالح زیر ساخته شده است :

(1) $X = 200\ mm$ تن سیمانی با ملوط ماسه

(2) $X = 75\ mm$ عایق پلی یورتان

(3) $X = 13\ mm$ روکش سیمان سفید در طرف داخل

سرعت باد ($3.35\ m/s$) فرض شود.

f_i (فیلم هوا داخل)	(1)	(2)	(3)	o (فیلم هوا خارج)

بتن سیمانی $C = 5.11$ پلی یورتان $K = 0.025$ روکش $K = 0.72$

داخل $f_i = 9.37$ خارج $f_o = 22.70$

$$U = \frac{1}{\sum R \times A} = \frac{1}{\frac{1}{9.37} + \frac{0.013}{0.72} + \frac{0.075}{0.025} + \frac{1}{5.11} + \frac{1}{22.7}}$$

$$U = 0.297$$

MICRO

Subject : Date :

* اگر دیواره صرفاً یلی پورتان باشد:

$$U = C = \frac{k}{x} = \frac{0.025}{0.075} = 0.33$$

نکته: مهمترین عامل در مقدار انتقال گرما (q) ضخامت و (k) قابلیت هدایت عایق است. این نکته را می‌توان با مقایسهٔ C دیوارهٔ صرفاً یلی پرویان و مثال اخیر درک کرد.

لذا در موارد ضخیم بیشتر اوقات از باقی مصالح چشم‌پوشی کرده و با توجه به ضخامت عایق و نوع آن U را برآورد می‌کنیم.

از جدول 6 می‌توان برای حل مسائل امتحانی و صنعتی استفاده کرد.

مثال: U را برای دیوارهٔ مثال قبل از جدول 6 بدست آورید:

$k = 0.025$
$\Delta x = 75\,mm$ } $\xrightarrow{\text{از جدول}}$ $U = 0.295$

مثال: ضریب U را برای دیواری که از (150 mm) آجر سفالی و (150 mm) عایق چوب پنبه‌ای تشکیل شده است بدست آورید:

از جدول شمارهٔ 2 k را بدست می‌آوریم:

$k = 0.043$ (عایق چوب پنبه‌ای)
$\Delta x = 150\,mm$ } $\xrightarrow{\text{از جدول 6}}$ $U = 0.256$

محاسبهٔ T_D برای دیواره‌های خارجی، سقف و کف:

T_i = دمای فضای داخل سردخانه

T_o = دمای فضای خارج سردخانه

$T_D = T_o - T_i$

Subject : Date

اگر دیوارها و سردخانه فضای بیرون باشد دمای T_o، دمای تابستانی یا متوسط دمای تابستانی که این اطلاعات از داده های سازمان هواشناسی قابل استخراج است. (جدول شماره ۹)

دمای کف سردخانه: برای بدست آوردن دمای کف زمین از جدول 7 استفاده می کنیم.

مثال: دمای طرح تابستانی و کف زمین بوشهر را بدست آورید:

دمای تابستانی بوشهر ← جدول 9 ← $T = 36.6^\circ C$

دمای زمستانی بوشهر ← جدول 9 ← $T = 10.3$

با استفاده از جدول 7 و درون یابی T زمین بدست می آید:

$T = 32^\circ C$ زمین در بوشهر

جلسه سوم: چهارشنبه: ۹۱/۸/۱۵

دمای کف زمین | دمای طرح زمستانی

$7^\circ C$ | $-45^\circ C$

- T_o دمای کف زمین را از جدول 7 بدست می آوریم.
- دمای طرح زمستانی محل مورد نظر با دمای کف زمین مناسب است.

بار تشعشعات خورشیدی: در ابتدا باید انواع سطوح را شناخت که عبارتند از: سطح صاف تیره، سطح صاف روشن (کمترین مقدار جذب انرژی را دارد) سطح زبر تیره (بیشترین مقدار جذب انرژی تشعشعی را دارد)، سطح زبر روشن

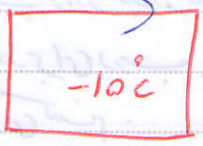
کیفیت سطوح را از جدول شماره ۸ می توان بدست آورد. برای پروژه پایانی باید نوع سطوح دیوارها را تعیین کنیم.

MICRO

Subject : Date :

نوع سطح	شرق	جنوب	غرب	سقف
سفال سرمیز	3	2	3	8
آسفالت	5	3	5	11

اگر سقفی داشته باشیم که از جنس آسفالت باشد با داده های جدول مفروض:
رابطهٔ اصلی همان $Q = UA\Delta T$ است.



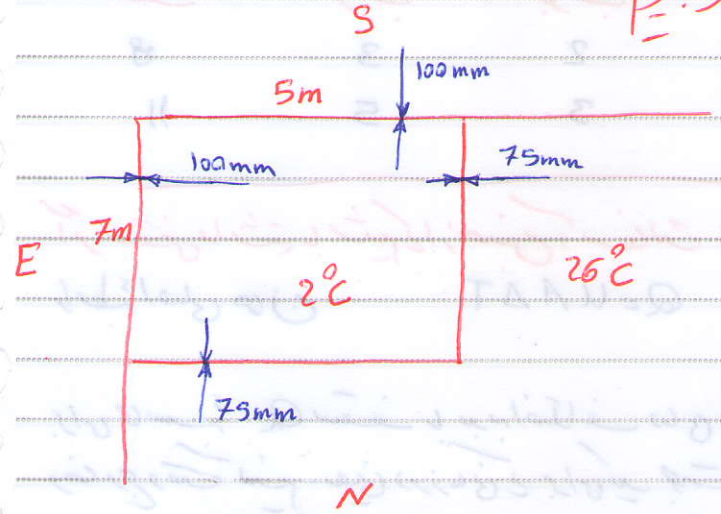
برای محاسبهٔ Q سقف باید به اختلاف دمای داخل و خارج دقت کنیم. یعنی در زمانی که برای کدام جهت تشعشع داریم مقدار آن را با توجه به جنس دیوار و یا سطح از جدول ها سبب کرده و با ΔT ناشی از اختلاف دمای دو طرف جداره جمع می کنیم.
~~X~~ برای جهت شمال در کشورهای نیمکرهٔ شمالی تشعشع نداریم و برابر صفر است.

سقف $Q = UA\Delta T = UA(40+11)$
غربی $Q = UA\Delta T = UA(40+5)$
جنوبی $Q = UA\Delta T = UA(40+3)$
شرقی $Q = UA\Delta T = UA(40+5)$

مثال: سردخانه ای مطابق شکل به ابعاد $(3\times7\times5)\ m^3$ در گوشهٔ جنوب شرقی انباری و در محلی که درجهٔ حرارت طرح خارج آن در زمستان و تابستان به ترتیب (-6°C) و (35°C) می باشد. دیواره های جنوبی و شرقی سردخانه با دیواره های جنوبی و شرقی انبار مشترک هستند. ارتفاع انبار (4m) بوده و محیط بالای اتاق سردخانه بوسیلهٔ تهویهٔ مطبوع خنک می شود بطوری که درجهٔ حرارت معادل (26°C) را دارا بوده و دمای داخل سردخانه (2°C) می باشد. دیواره های شمالی، غربی، کف و سقف سردخانه با عایق پلی استیرن به ضخامت (75mm) و دیواره های جنوبی و شرقی با همان نوع عایق به ضخامت (100mm) پوشانده شده است. مطلوب است محاسبهٔ بار حرارتی ناشی از جداره های سردخانه برحسب (KW) اگر

Subject : Date

کیفیت سطوح را آسفالت در نظر بگیرید.



چون از درب عبوری نشده است عبور درب را همان عبور دیوار در نظر می گیریم. از درب به علت درب را شیشه باشیم مساحت درب را از جدار کم می کنیم و بعد برای درب $\dot{Q}_1$ را محاسبه می کنیم.

ابتدا K عایق پلی یورتان استیرن را از جدول (2) می خوانیم: $K = 0.029$

100 mm $\xrightarrow{U \text{ از جدول 6}}$ $U = 0.267$ 75mm $\xrightarrow{U \text{ از جدول 6}}$ $U = 0.346$

$T_0 = 25^\circ C$ دمای کف زمین را از جدول 7 می خوانیم.

نام جداره ها	U	$A(m^2)$	ΔT		تشعشعات خورشید	$\dot{Q}_1$
شمالی	0.346	15	24	+	ندارد	124.56
جنوبی	0.267	15	33	+	3	144.18
شرقی	0.267	21	33	+	5	213.06
غربی	0.346	21	24	+	ندارد	174.38
سقف	0.346	35	24 ~~33~~	+	ندارد	290.64
کف	0.346	35	23 (25-2=23)	+	ندارد	278.53
جمع						1.225 kw

MICRO®

Subject : Date :

* سقف ما در این مثل سقفشیع نداشت چون از بالا با محیط انبار مشترک بود و تحت تابش مستقیم آفتاب قرار نداشت. همچنین دیوار غربی هم با محیط داخل سرد خانه مشترک بود و اتاب شمال هم که سقفشیع ندارد.

تغذ حرارت از طریق ورود هوای گرم به علت باز و بسته شدن درب سردخانه‌ها ($\dot{Q}_2$)

$\dot{m}$ = مقداری جرمی هوایی که وارد و خارج می‌کند.

$Q = mc\Delta T = m\Delta h$ وچون q را بر حسب KW می‌خواهیم از $\dot{m}$ استفاده کردیم.

$q = \dot{Q} = \dot{m}\Delta h$ $(h_o - h_i) = \Delta h$

h_o = انتالپی هوای خارج h_i = انتالپی هوای داخل

$\dot{Q}_2 = q$ = بار حرارتی ورودی ناشی از تعویض

هر بار که درب سردخانه باز می‌شود مقداری هوای گرم از محیط خارج وارد محیط سردخانه می‌شود و در مقابل مقداری از هوای سرد سردخانه به خارج هدایت می‌شود. مقدار بار تعویض هوا است به ساعی بارها ثابت نبوده و با شرایط سردخانه تغییر می‌کند. تعیین دقیق این بار بسیار مشکل بوده و بطور تقریبی با داشتن حجم هوای گرم از رابطه فوق بدست می‌آید. (چون دفعات باز و بسته شدن درب مشخص نمی‌باشد.

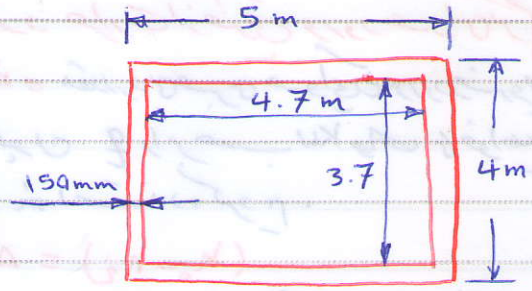
سرویس متوسط: شامل دستگاههای سردکننده‌ای می‌باشد که از آنها بسیار کم استفاده می‌شود و هرگز غذاهای گرم و با تناژ بالا در آنها وارد نمی‌شود. سردکننده‌های آزمایشگاهی، یخچال فریزرهای خانگی جزء این دسته هستند.

سرویس سنگین: شامل دستگاههایی است که غذای گرم و با تناژ بالا در آنها وارد می‌شود و از آنها زیاد استفاده می‌شود. یخچال‌های سوپرمارکت‌ها، هتل‌ها، رستوران‌ها و...

تغییرات انتالپی هوا: این تغییرات بر حسب kJ/kg برای سردخانه‌های بالا و پایین صفر درجه در جداول (10) و (11) آمده است. همچنین مقدار رشد تقریبی حاصل از تعویض هوا بر حسب kg/h ناشی از باز و بسته شدن درب در جدول (12) آمده است. ($\dot{m}$)

Subject : Date

مثال: ابعاد خارجی یک سردخانه $(4\times5\times3)\,m^3$، درجه حرارت خارج (25°c) و رطوبت نسبی (50٪) می باشد و سردخانه با سرویس متوسط در دمای (2°c) نگهداری می شود. ضخامت دیواره ها بطور متوسط (150mm) است. مقدار هوای تقویتی و بار حرارتی هوا را بدست آورید:



$$\dot{Q}_2 = \dot{m}\,\Delta h$$

* سردخانه از نوع بالای صفر است (2°c)
برای پیدا کردن $\dot{m}$ از جدول (12) استفاده می کنیم
* ابتدا حجم داخلی سردخانه را بدست می آوریم:

$$V_{in} = 4.7 \times 3.7 \times 2.7 = 47\ m^3$$

اینک برای سردخانه بالای صفر و حجم داخلی $47m^3$، $\dot{m}$ را محاسبه می کنیم:

$$\dot{m} = 7.3\ \ lit/s$$

اینک برای محاسبه Δh از جدول (11) استفاده می کنیم و باید دقت کنیم که در حیطه بالای صفر عمل کنیم:

با میان یابی داریم $\Longleftarrow$ $\Delta h = 0{,}0451\ \ kJ/lit$

$$\dot{Q} = \dot{m}\Delta h = 7.3 \times 0{,}0451 = 3.2923\ \ kJ/s$$

مثال: اگر مقدار هوای ورودی به یک سردخانه (8 lit/s) باشد و درجه حرارت داخل (2°c) و درجه حرارت هوای خشک خارج (30°c) و رطوبت نسبی (50٪) باشد بار حرارتی هوا را بر حسب (KW) بدست آورید:

Subject : Date

$\dot{m} = 8 \ lit/s$ چون $\dot{m}$ جزء معلومات مسئله است دیگر نیازی به داشتن ابعاد و یا حجم سردخانه نداریم.

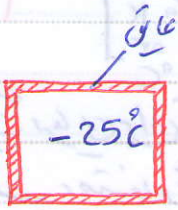
$\Delta h = 0.0598 \ kJ/lit$ ⇐ با استفاده از جدول

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = 8 \times 0.0598 = 0.478 \ kW$$

حلسه چهارم: چهارشنبه: 91/8/24

محاسبه بار حرارتی محصولات: الف) درصورتی که دمای فضای سردخانه زیر نقطه انجماد محصول باشد:

آگر محصولی چون گوشت را که دمای بیرون $3^\circ C$ بوده و دمای اتاق نگهداری $-25^\circ C$ باشد را بخواهیم مورد ارزیابی قرار دهیم بسته به شرایط و دمای نقطه انجماد مراحل مختلفی برای محاسبه بار حرارتی لحاظ می شود:



دمای انجماد گوشت $-1.5^\circ C$ (10 to 15)

$3^\circ C$ $-1.5^\circ C$ $-1.5^\circ C$ $-25^\circ C$

گرمای محسوس — نهان — محسوس

برای محصولی چون گوشت که نقطه انجماد مشخصی دارد سه مرحله رفتیم ولی آگر بخواهیم کارتن محصول را نیز محاسبه کنیم چون نقطه انجماد ندارد یک مرحله بیشتر نداریم بنابراین رابطه اصلی تحت این شرایط:

$$Q_3 = m C_1 (T_i - T_f) + m h_{if} + m C_2 (T_f - T_e)$$

قبل از انجماد — حین انجماد — بعد از انجماد

Subject : Date

m = جرم محصول — h_{if} = حرارت نهان انجماد

c_1 = ظرفیت گرمایی ویژه قبل از انجماد — c_2 = ظرفیت گرمایی ویژه بعد از انجماد

T_i = دمای ورودی — T_e = دمای نهایی (نگهداری)

T_f = دمای انجماد محصول

ب) در صورتی که دمای فضای سردخانه بالاتر از نقطه انجماد محصول باشد مقدار حرارت ناشی از محصول برابر می شود با:

$$Q_3 = m\,C\,\Delta T$$

$Q_3 = [kJ]$ $\quad m = [kg]$

$C = \left[\frac{kJ}{kg\,{}^{\circ}K}\right]$ $\quad T = \begin{bmatrix} {}^{\circ}K \\ {}^{\circ}R \\ {}^{\circ}C \end{bmatrix}$

مقدار ظرفیت گرمایی برای قبل و بعد از انجماد برای مواد مختلف، متفاوت است.

رابطه اصلی و کامل

$$\dot{Q}_3\,[kW] = \frac{Q_3\,[kJ]}{\text{ضریب سردکردن} \times \text{مدت زمان تعیین شده برای سردکردن}}$$

ضریب سردکردن برای اتاق های پیش سردکن و تونل انجماد استفاده می شود و در اتاق های نگهداری استفاده نمی شود.

می توان گفت که اتاق های نگهداری بارهای ناشی از محصولات را ندارند زیرا ماده مورد نظر در اتاق انجماد به دمای مورد نظر می رسد مثلاً $(-25^{\circ}C)$ بعد وارد اتاق نگهداری می شود که در این صورت بارناشی از محصول صفر می شود.

Subject : Date

نکته : برای میوه جات و سبزیجات به علت تنفس مقداری بار حرارتی ایجاد می‌شود که به بار تنفسی معروف است.

$$\dot{Q}_{\text{بار تنفسی}}\ [kw] = \text{جرم محصول}\ [kg] \times \text{حرارت تنفسی}\ \left[\frac{W}{kg}\right]$$

این قسمت صرفاً برای میوه جات و سبزیجات بوده و در اتاق نگهداری بوده و حرارت تنفسی را می‌توان از جدول بدست آورد.

مثال : هر روز (3500 kg) گوشت تازه گاو با درجه حرارت (39°C) وارد سردخانه می‌شود تا به (7°C) برسد. بار حرارتی این محصول را بر حسب (kw) بدست آورید.

ازآنجایی که زمان ایجاد برای گوشت تازه ($T_f = -0.5°C$) است از این رابطه استفاده می‌کنیم: $Q_3 = m c_1 \Delta T$

با استفاده از جدول 14:

$$Q_3 = 3500 \times 3.14 \times (39 - 7)$$

$$Q_3 = 351680\ kg$$

با فرض زمان کارکرد تجهیزات تبرید داریم:

$$t = 20\ hr \qquad \dot{Q}_3 = \frac{351680}{20 \times 3600} = 4.88\ kw$$

مثال : مطلوبست محاسبه بار محصول ناشی از (300 kg) گوشت بدنه با درجه حرارت (5°C) وارد سردخانه شده و باید در مدت (12 hr) به درجه حرارت نهایی سردخانه (-15°C) است برسد.

چون زمان نگهداری از زمان ایجاد کمتر است از رابطه Q_3 کامل استفاده می‌کنیم:

$$T_f = -2.75°C$$

$$Q_3 = m c_1 (T_i - T_f) + m h_{if} + m c_2 (T_f - T_e)$$

MICRO

Subject : Date

$T_e = -15^\circ C$ $T_i = 5^\circ C$ $C_1 = 3.18$ $C_2 = 1.55$

$m = 300\ kg$ $h_{if} = 246\ \frac{kJ}{kg}$

$$Q_3 = (300)(3.18)(5-(-2.75)) + (300)(246) + (300)(1.55)(-2.75-(-15^\circ C))$$

$$Q_3 = 86889.75$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{86889.75}{12 \times 3600} = 2.01\ KW$$

۴) سه بارهای متفرقه: ۱) بار ناشی از تجهیزات روشنایی

$$\dot{Q}_{4-1} = \text{توان لامپ‌ها} \times \frac{\text{مدت کارکرد شبانه روزی}}{24}$$

نکته (مهم): معمولاً بطور متوسط به ازای هر متر مربع فضای سردخانه 5 تا 10 وات روشنایی در نظر می‌گیرند.

۲) بار ناشی از افراد: جدول شماره 20

$$\dot{Q}_{4-2} = \text{تعداد کارگران} \times \text{حرارت هر نفر کارگر} \times \frac{\text{ساعت کار کارگران}}{24\ hr}$$

نکته: معمولاً اگر مساحت سردخانه زیر ($200\ m^2$) باشد یک یا دو کارگر و برای مقادیر بیشتر 3 تا 4 کارگر در نظر می‌گیرند.

تذکر: در صورت وجود وسایل دیگر اعم از برقی و غیر برقی تولید کننده حرارت (مثل فن خود اواپراتور) در داخل فضای سردخانه بار حرارتی آنها باید لحاظ شود. معمولاً تلفات حرارتی وسایل را 5 تا 10 درصد توان نامی آنها در نظر می‌گیریم:

حرارتی تولید می‌کند $1000 \times 0.1 = 100\ W$ ← یک فن 1000 واتی

MICRO

Subject : Date :

$$Q_{tot} = \sum \dot{Q}_i = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4$$

$$\dot{Q}_{era} = \sum \dot{Q}_i \times (1.05 \simeq 1.1) \times \frac{24}{\text{مدت زمان کار تجهیزات تبرید}}$$

روش کوتاه: ۱) بار حرارتی ناشی از جداره‌ها ($\dot{Q}_1$) که قبلاً توضیح داده شده است.

۲) بار حرارتی سرویس:

$$\dot{Q}_2 = (\text{اختلاف دما}) T_D \times (\text{از جدول 21}) \text{ ضریب سرویس} \times (m^3) \text{ حجم داخلی سردخانه‌ها}$$

$$\dot{Q}_{era} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2) \times (1.05 \simeq 1.1) \times \frac{24}{\text{مدت زمان کار تجهیزات تبرید}}$$

مثال: سردخانه‌ای به ابعاد $(6 \times 4)\ m^2$ و ارتفاع $(3.4)\ m$ با عایقی به ضخامت $(100\ mm)$ از نوع پنل پلی‌یورتان ساخته شده است. ضخامت دیوارها بطور متوسط $(200\ mm)$ بوده و درجه حرارت طرح خارج $(30^\circ C)$ و سرویس متوسط فرض شده است. محصول ورودی از نوع سبزیجات تازه به میزان $(1250\ kg/day)$ با درجه حرارت ورودی $(25^\circ C)$ می‌باشد. دمای طرح داخل سردخانه $(5^\circ C)$ بوده و در صورتی که ساعات کار تجهیزات تبرید $(16\ hr/day)$ باشد مطلوبست محاسبه بار حرارتی مورد نیاز جهت انتخاب اواپراتور مناسب:

$$\dot{Q}_1 \text{ (بار حرارتی ناشی از جداره‌ها)} = U A T_D$$

MICRO

Subject : Date

$A = 2[(6\times4) + (6\times3.4) + (4\times3.4)] = 116\ m^2$

$T_D = (30$ (دمای طراحی خارجی) $- 5$ (دمای محل نگهداری)$) = 25^\circ C$

$\Delta x = 100\ mm$ $k = 0.036$ برای پنجم شیشه از جدول 2

U (از جدول 6) $= 0.3156$ $\dot{Q}_1 = 0.3156 \times 116 \times 25 = 0.915\ kw$

$\dot{Q}_2$ (بار تعویض هوا) $= \dot{m}\,\Delta h$

$V_i = 3.6 \times 5.6 \times 3 = 60.5\ m^3$ ← حجم داخلی

$\dot{m}$ (جدول 12 - بالای صفر) $= 8.13$

$T_i = 5^\circ C$ $T_o = 30^\circ C$ رطوبت $= \%50$ ← (جدول نقاط داده است)

Δh (از جدول 10) $= 0.0536$ بالای صفر

$\dot{Q}_2 = 8.13 \times 0.0536 = 0.435\ kw$

$\dot{Q}_3$ (بار حرارتی محصول) $m = 1250\ kg$

$T_i = 25^\circ C$ $T = 5^\circ C$ $T_D = 20^\circ C$ $C = 3.77$

Subject : Date :

$$\dot{Q}_{3-1} = \frac{mc\,T_D}{24\times3600} = \frac{1250\times3.77\times20}{24\times3600} = 1.09\ kw$$

چون سبزیجات است بار تنفسی هم داریم:

$$\dot{Q}_{3-2} = 1250\times0.055\ {}^{W}/_{Kg} = 0.068\ kw$$

← جدول 18 ـ سبزیجات تر صـ22

از بارهای متفرقه صرف نظر می کنیم بنابراین داریم:

$$\dot{Q}_{eva} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3)(1.1)\times\frac{24}{16}$$

$$\dot{Q}_{eva} = 4.2\ kw$$

روش کوتاه: $\dot{Q}_1 = 0.915\ kw$ و $V_i = 60.5\ m^3$ ← حجم داخلی

جدول ۲۱ و ۲۲

$$\dot{Q}_2 = 60.5\times0.64\times(30-5) = 0.969\ kw$$

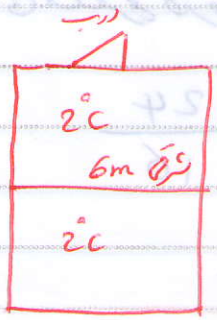
$$\dot{Q}_{eva} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2)(1.1)\left(\frac{24}{16}\right) = 3.1\ kw$$

جلسه پنجم؛ چهارشنبه؛ 8/9/91

مثال: در مجموعه سردخانه‌ای اتاقی به ابعاد ($6\times10\ m^2$) و ارتفاع (4m) برای نگهداری کوتاه مدت گوشت تازهٔ گاو مورد استفاده قرار می‌گیرد. بطوری که روزانه (4 ton) گوشت گاو با درجه حرارت (7°C) وارد شده و کارهای (2°C) سردو نگهداری می شود. کلیهٔ دیوارهای این اتاق بجز دیوار شرقی در فضایی با شرایط هوایی و رطوبت (30°C) و (50٪) همجوار بوده و دیوار شرقی به ابعاد ($6\times4\ m^2$) با دیوار اتاق دیگری که در همان

Subject : Date

شرایط اتاق سرد است مشترک می باشد. دیواره ها با (100 mm) بتن و (100mm) عایق چوب پنبه ساخته شده است. کف اتاق سرد با فضای تحویه شده همجوار می باشد که از (125mm) بتن با عایق به ضخامت (100 mm) و (75 mm) پوکه سیمان تشکیل گردیده است. سقف این اتاق سرد با فضای تحویه شده مشترک است از (100mm) بتن با تیرهای چوبی و (100mm) عایق حرارتی معادل چوب پنبه ساخته شده است. در این اتاق سرد ۲ نفر کارگر روزانه (4 hr) کار می کنند. مصرف الکتریکی لامپ ها بطور متوسط (500 w) بوده و زمان کار سردخانه (4 hr/day) می باشد. اگر مدت زمان کار کرد تجهیزات تبرید (20 hr/day) در نظر گرفته شود مطلوبست توان سرمایشی مورد نیاز جهت انتخاب اواپراتور؟



$$\dot{Q}_1 = U A T_D$$

برای عایق چوب پنبه ← جدول 2 ← $K = 0.043 \frac{w}{m^\circ K}$

$K = 0.043$ و ضخامت 100 mm ← جدول 6 ← $U = 0.363$

A برای کلیه دیواره ها بجز دیواره های شرقی:

$$A = (2 \times 60) + (2 \times 40) + (24) = 120 + 80 + 24 = 224 \, m^2$$

$$\dot{Q}_{1-1} = (0.363)(224)(30-2) = 2.308 \, kW$$

هروقت اختلاف درجه حرارت کمتر از ۱۵° بود، و حتی اگر منفی باشد، اختلاف را ۱۵°C در نظر می گیریم. ضمن اینکه Q ها هیچگاه منفی نمی شوند.

Subject : Date :

برای دیوار شرقی: $\dot{Q}_{1-2} = 0.363 \times 24 \times 10 = 0.087\ kW$ (TD↓)

چون دو طرف دیوار شرقی اختلاف دما برابر صفر بود (10) در نظر گرفتیم.

$\dot{Q}_1 = 2.308 + 0.087$

$\dot{Q}_1 = 2.39\ kW$

برای محاسبهٔ $\dot{Q}_2$ ابتدا حجم داخلی سردخانه را محاسبه کنیم: $(\dot{Q}_2)$

حجم داخلی سردخانه: $V_i = (4 - 0.5)(9.6)(5.6) = 188\ m^3$ (ضخامت سقف و کف)

از یکی از جدول 10 و 12 استفاده می‌کنیم:

با میان‌یابی بین 150 و 200 متر مکعب و دمای بالای صفر بدست می‌آوریم.

from Table.12 → $\dot{v} = 13.49\ lit/s$

from table 10 → $(30^\circ C, 50\%, 2^\circ C) \rightarrow \Delta h = 0.0598\ \frac{kJ}{lit}$

$\dot{Q}_2 = \dot{v}\,\Delta h = 13.49 \times 0.0598 = 0.81\ kW$

بار حرارتی محصول: $\dot{Q}_3 = \frac{mc\Delta T}{t} =$

چون به نقطهٔ انجماد نمی‌رسد c را برای قبل از دمای انجماد می‌خوانیم:

$\dot{Q}_3 = \frac{4000 \times 3.14 \times (7-2)}{24 \times 3600}$

$\dot{Q}_3 = 0.618\ kW$

MICRO

Subject : Date

$$\dot{Q}_{4-1} = \left(2 \times \frac{4}{24} \times 2.61\right) = 0.87 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{4-2} = 500 \times \frac{4}{24} = 0.83 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_4 = 0.170 \text{ W} = 0.17 \text{ KW}$$

$$\dot{Q}_{eva} = \left(\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4\right) \times 1.1 \times \frac{24}{20} = 5.041 \text{ kW}$$

شرکت های فعال و تولید کنندهٔ اواپراتورها:

تبادل گستر - الکترواسپیل - تبادل سازان تهران - تهران مبدل - رادایران

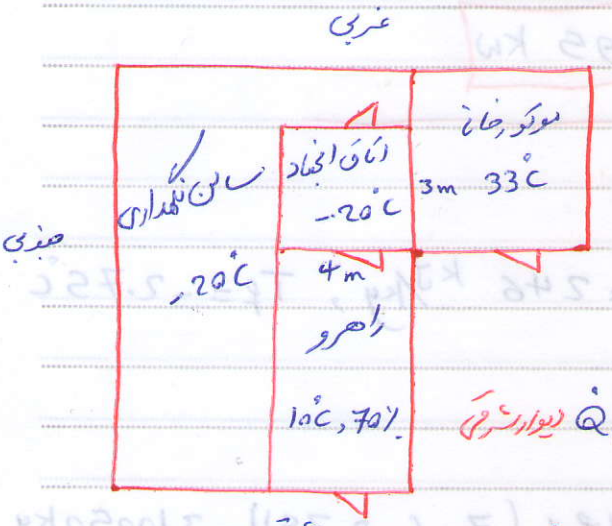
سرما آفرین - ساراول - صنایع برودتی وحید - ... و subcool

مثال: (10 ton) مرغ بسته بندی شده در یک تونل انجماد که با وزش تند هوای سرد عمل می کند و ابعاد آن ($4 \times 3 \text{ m}^2$) و ارتفاع (3.5 m) منجمد می گردد. مرغ ها قبل از ورود به تونل انجماد در یک اتاق پیش سردکن تا (7°C) خنک شده و بعد از گذشتن از تونل به دمای (-20°C) می رسد. بار روشنایی تونل (200 w) و (16 hr) در روز روشن می باشد. مرغ های بسته بندی شده با چرخ های ویژهٔ حمل گوشت با وزن متوسط روزانه (700 kg) به تونل انجماد هدایت می شوند و منجمد می شوند. گرمای ویژهٔ چربی های حمل گوشت بطور متوسط ($0.47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg k}}$) می باشد. دیواره های شمالی و شرقی اتاق انجماد به ترتیب با اتاق های دستگاههای تبرید (موتورخانه) و راهرو مجاور است و (150 mm) آجر سفالی با (150 mm) عایق پلی یورتان ساخته شده است. سقف اتاق انجماد از (150 mm) بتن به همراه (150 mm) عایق پلی یورتان پوشیده شده و با قیر گونی عایق کاری رطوبتی شده است. دیواره های جنوبی و غربی به بیرون نگهداری سردخانه مشرف بوده و از (100 mm) آجر سفالی به همراه (50 mm) عایق پلی یورتان ساخته شده است. کف اتاق انجماد از (150 mm) بلوک بتنی به همراه

©MICRO

Subject : Date

عایق پلی یورتان کربا (150 mm) بین دیگر ساخته شده است. کف اتاق روی محل تعویض شده ای قرار گرفته و سقف آن در معرض مستقیم آفتاب قرار دارد. اتاق موتورخانه تعویض کامل می شود و درجه حرارت داخل آن تقریبا برابر با درجه حرارت طرح خارج و برابر با (33°C) می باشد. درجه حرارت طرح داخل برای تونل انجماد و سالن نگهداری (-20°C) بوده و دما و رطوبت سالن راهرو (10°C) و (70٪) است. درصورتی که ساعات کارکرد تجهیزات تبرید (20 hr) باشد مطلوبست؛ مقدار بار حرارتی متوسط اتاق انجماد جهت انتخاب لوازم اتوماتیک مناسب.



برای عایق پلی یورتان وضخامت 150mm } $U = 0.153$ جدول 6

دیوار شرقی $\dot{Q}_{1-1} = (0.153 \times 14 \times 30) = 0.068\ kw$

دیوار غربی وجنوبی $\dot{Q}_{1-2} = (14 + 10.5)(0.42)(10)$

A V T_D

چون دمای اتاق انجماد و سالن نگهداری یکی است، $10°C$ با T_D می گیریم $\dot{Q}_{1-2} = 0.103\ kw$

سقف $\dot{Q}_{1-3} = (12 \times 0.153)\left[(33 + 5) - (-20)\right] = 0.117\ kw$

(33+5) طرح خارج، (-20) طرح داخل

شمالی $\dot{Q}_{1-4} = (10.5)(0.153)(53) = 0.08514\ kw$

کف $\dot{Q}_{1-5} = (12)(0.153)(53) = 0.097\ kw$

$\dot{Q}_1 = 0.47\ kw$

Subject : Date

برای محصولات ($\dot{Q}_2$)

V_2 (حجم داخلی) $= (2.8 \times 3.55 \times 2.55) = 25.34\ m^3$

$\dot{V} = 4.2\ lit/s \times 0.5 = 2.1\ lit/s$ ← از جدول 12 آناق زیر صفر

به علت وجود پنل سرد کن اولیه

$\Delta h = 0.0456$ ← از جدول 11 (چون زیر صفرات)

$(-20^\circ C)(70\%)(10^\circ C)$

$\dot{Q}_2 = 2.1 \times 0.0456 = 0.095\ kW$

$\dot{Q}_3 =$

$C_1 = 3.18$, $C_2 = 1.55$, $h_{if} = 246\ kJ/kg$, $T_f = -2.75^\circ C$

$T_i = 7^\circ C$, $T_s = -20^\circ C$

برای سرخ $\dot{Q}_{3-1} = mC\Delta T = (10000 \times 3.18 \times (7 - (-2.75)) = 310050\ kg$

$\dot{Q}_{3-2} = m h_{if} = 10000 \times 246 = 2460000\ kg$

$\dot{Q}_{3-3} = m C_2 \Delta T = (10000 \times 1.55 \times (-2.75 - (-20)) =$

$\dot{Q}_{3-3} = 267375\ kg$

برای عرض بستنی $\dot{Q}_{3-4} = mC\Delta T = 700 \times 0.47 \times (7 - (-20)) = 8883\ kg$

MICRO

Subject : Date :

$$\dot{Q}_3 = \frac{Q_{3-1} + Q_{3-2} + Q_{3-3} + Q_{3-4}}{24 \times 3600} = 35.26 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_4 = \left(200 \times \frac{16}{24}\right) = 0.134 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_{eva} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4) \times (1.1)\left(\frac{24}{20}\right) = 62.3 \text{ kw}$$

جلسه ششم: چهارشنبه: 15 / 9 / 91

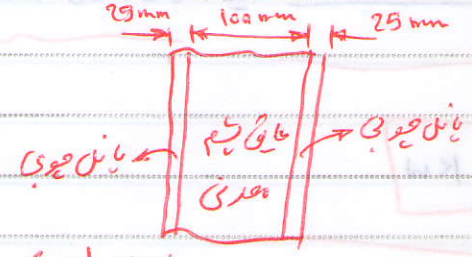
مثال: نگهداری (3000) جعبه در سردخانه‌ای به ابعاد ($16 \times 12\ m^2$) و با ارتفاع (3.4 m) در درجه حرارت ($2^\circ C$) نگهداری می‌شود. سیب‌ها با درجه حرارتی معادل ($30^\circ C$) وارد قرار (200) جعبه در روز وارد سردخانه می‌شوند تا به مدت (15 day) روز نگهداری شوند. دیواره‌ها، سقف و کف این سردخانه از پانل چوبی به ضخامت (25 mm) چوب در هر طرف پشم معدنی که مانند شیشه پشم شیشه است پُر شده است. ضخامت عایق (100 mm) می‌باشد. کلیه سطوح سردخانه خارجی بوده و دمای محیط ($30^\circ C$) است، میانگین وزن هر جعبه سیب خالص (27kg) و وزن هر جعبه خالی (2kg) با گرمای ویژه ($2.5\ \frac{kJ}{kg\ k}$) می‌باشد. بار الکتریکی (روشنایی) (500 w) و مدت زمان کارکرد (3 hr/day) و تعداد کارگران (2) نفر و همچنین از یک جرثقیل با توان (4.17 kw) با کارکرد (3 hr/day) استفاده می‌شود. در صورتی که مدت زمان کارکرد تجهیزات تبرید (16 hr) باشد مطلوبست محاسبه بار سرمایشی متوسط سردخانه جهت انتخاب اواپراتور.

$\dot{Q}_1 = UA\Delta T$ چون دما (اختلاف دما) برای تمامی دیواره‌ها برابر بوده و عایق یکسانی هم دارند به همین خاطر مساحت را حساب کرده و در رابطه قرار می‌دهیم.

MICRO

Subject : Date

$$A = 2 \times [(12 \times 3.4) + (16 \times 3.4) + (16 \times 12)] = 574\ m^2$$



محاسبهٔ U :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_o}}$$

از جدول 6

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.37} + \frac{0.05}{0.12} + \frac{0.1}{0.039} + \frac{1}{22.7}} = 0.319$$

$\dot{Q}_1 =$

محاسبهٔ $\dot{Q}_2$:

حجم داخلی سردخانه $\Rightarrow$

$$V_i = (15.7 \times 11.7 \times 3.1) = 570\ m^3$$

$\dot{V} = 34.1$

این مسئله پیش سردکن ندارد و با توجه به اختلاف دمای زیاد و همچنین بازهٔ 15 روزهٔ مطرح شده سرویس را سنگین در نظر می‌گیریم. یعنی از 50 به عدد خوانده شده از جدول 12 اضافه می‌کنیم.

$\Delta h = 0.0598$ $(2^\circ c, 30^\circ c, 50\%)$

$\dot{Q}_2 = 2.06\ kw$

محاسبهٔ $\dot{Q}_3$: (بار حرارتی محصولات)

$$\dot{Q}_{3-1} = \frac{(27 \times 200) \times 3.72 \times (30-2)}{24 \times 3600 \times 0.67} = 9.72\ kw$$

ضریب سردکردن

Subject : Date

نکته: از آنجایی که در این مسئله سیستم سردکن نداریم باید ضریب سردکردن را وارد کنیم

$$\dot{Q}_{3-2} = \frac{(200\times2)\times2.5\times28}{24\times3600} = 0.324\ kw$$

محاسبهٔ بار تنفس محصولات:

$$\dot{Q}_{3-3} = (27\times3000)\times(0.0148) = 1.215\ kw$$

$$\dot{Q}_3 = 11.259\ kw$$

نکته: در زمانی که از ضریب سردکردن در محاسبات استفاده شده باشد این اجازه وجود دارد که از بار تنفس محصولات صرف نظر شود.

محاسبهٔ $\dot{Q}_4$: (بارهای متفرقه)

$\dot{Q}_{4-1}$ لامپ‌ها $= 500 \times 3/24 = 62.5\ w$

$\dot{Q}_{4-2}$ کارگران $= 2 \times 261 \times 3/24 = 62.25\ w$

از جدول → 0.261 kw

$\dot{Q}_{4-3}$ جرثقیل $= 4170 \times 3/24 \times (0.15) = 78\ w$

۱۵٪ تا ۱۵٪ توان تجهیزات الکتریکی به گرما تبدیل می‌شود.

$$\dot{Q}_4 = 202.75\ w$$

Subject : Date

$$\dot{Q}_{eva} = \left[\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4\right] \times 1.1 \times \frac{24}{16} = 19.9 \text{ kw}$$

مثال: روزانه (2300 lit) ستنی گاوداری (4°C-) سردشده وارد اتاق سردخانه‌ای می‌شود تا فرآیند انجماد رخ داده (در 4°C-) و بشتر سفت شود. ابعاد اتاق سردخانه ($5 \times 3\ m^2$) با ارتفاع (3m) می‌باشد. بعد از عمل سردکردن بشتی به (28°C-) می‌رسد. دیواره‌ها، سقف و کف این اتاق از (150 mm) عایق پلی یورتان پوشانده شده و مجموع ضخامت دیواره‌ها (250 mm) است. شرایط هوای محیط (32°C) با (50%) رطوبت نسبی می‌باشد. درصورتی که جرم مخصوص متوسط بشتی ($0.6\ \frac{kg}{lit}$) فرض شود و گرمای ویژه بعد از انجماد آن ($2.1\ \frac{kJ}{kg\,k}$) و حرارت نهان آن ($233\ \frac{kJ}{kg}$) باشد بار حرارتی اتاق را با حساب (18 hr) کارکرد روزانه دستگاه محاسبه کنید.

$$\dot{Q}_1 = UA\Delta T$$

محاسبه $\dot{Q}_1$:

k (پلی یورتان) $= 0.023$ $\xrightarrow{\text{از جدول 6}}$ $U = 0.153\ \frac{W}{m^2 k}$

$$\dot{Q}_1 = (0.153 \times 78 \times (32 - (-28)) = 0.716 \text{ kw}$$

محاسبه $\dot{Q}_2$: بار تنفس هوا

$$V_2 = (2.5 \times 4.5 \times 2.5) = 28\ m^3$$

$$\dot{V} = 4.411\ \frac{lit}{s}$$

$\Delta h = 0.1104$ ⟸ (جدول بخار صفر، 28°C-، 32°C و 50%)

$$\dot{Q}_2 = \dot{V} \times \Delta h = 0.49 \text{ kw}$$

MICRO

Subject : Date :

محاسبه $\dot{Q}_3$: (بار حرارتی محصول)

$$\dot{Q}_3 = (m h_{if} + mc\Delta T)$$

$$\dot{Q}_3 = [(2300 \times 0.6 \times 233) + (2300 \times 0.6 \times 2.1 \times (-4 - (-28))]$$

$$\dot{Q}_3 = 391092 \text{ kJ} \qquad \dot{Q}_3 = \frac{Q_3}{24 \times 3600} = 4.53 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{eva} = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3) \times 1.1 \times \frac{24}{18} = 8.41 \text{ kW}$$

(از بارهای حرارتی متفرقه صحبتی نشده است بنابراین محاسبه نکردیم)

مثال : در یک مغازه خواربارفروشی یک سردخانه عمودی به ابعاد ($4 \times 3\ m^2$) و ارتفاع ($3m$) با (6 درب شیشه‌ای سه جداره) هریک به ابعاد ($0.7 \times 1\ m^2$) مجهز شده است. درجه حرارت داخل سردخانه ($2^\circ C$) بوده و با سرویس سنگین کار می‌کند. دیواره‌های سردخانه با عایقی معادل چوب پنبه با ضخامت ($100\ mm$) پوشانده شده است. اگر درجه حرارت محیط مغروطگاه ($25^\circ C$) باشد و ساعت کارکرد دستگاه ($16\ hr/day$) فرض شود. بار حرارتی متوسط محصول با استفاده از روش کوتاه را بدست آورید :

برای حل به روش کوتاه کافی است $\dot{Q}_1$ را محاسبه کرده و با بار سرویس جمع کنیم.

$\dot{Q}_1$ بار حرارتی جداره

$$A = \underbrace{(66 - 4.2)}_{\text{دیواره‌ها (خالص)}} + \underbrace{4.2}_{\text{شیشه}} = 66\ m^2$$

چوب پنبه $k = 0.043 \longrightarrow U = 0.3682$

ضریب هدایت شیشه ۳ جداره $\longrightarrow C = 1.65$

Subject : Date

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_{1-1} + \dot{Q}_{1-2}$$

$$\dot{Q}_1 = [(61.8 \times 0.3682 \times (25-2)) + (4.2 \times 1.65 \times (25-21))]$$

$$\dot{Q}_1 = 0.682 \text{ kw}$$

محاسبهٔ بار سروس:

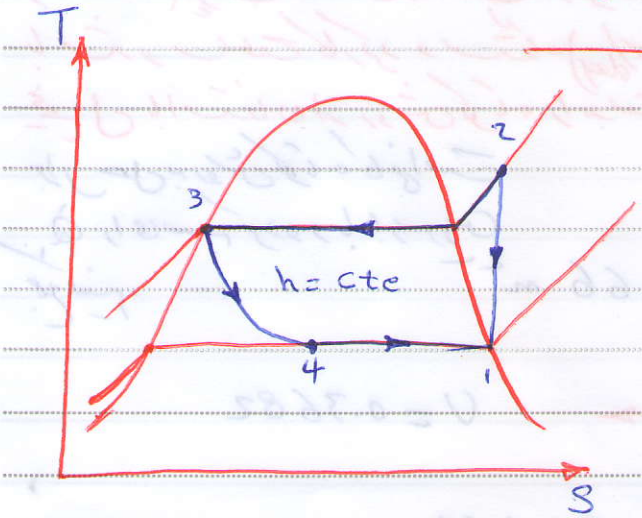
$$V_i = (3.8 \times 2.8 \times 2.8) = 29.8 \text{ m}^3$$

ضریب سروس = 1.28 ← سروس سنگین است

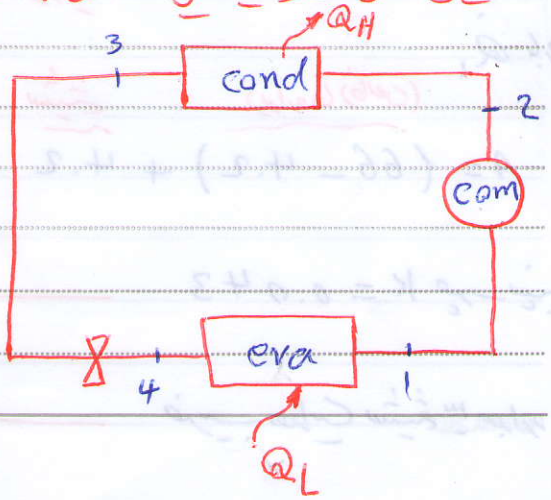
$$\dot{Q}_{ser} = (29.8 \times 1.28 \times (25.2)) = 0.877 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_{eva} = (0.682 + 0.877) \times 1.1 \times \frac{24}{16} = 2.57 \text{ kw}$$

جلسهٔ هفتم، چهارشنبه: 91,9,29



سیکل های کمپرسور تناسبی تراکمی بخار:

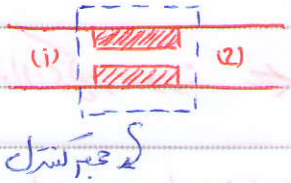


©MICRO®

Subject : Date

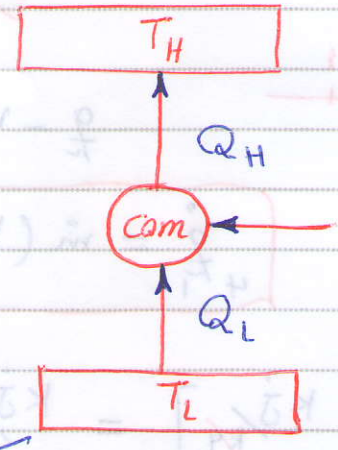
در صرفه های تبرید کمپرسور تعیین کنندهٔ وضعیت فشار است و ورودی کمپرسور حتماً باید بخار اشباع باشد (البته اگر سوپرهیت باشد هم اشکال ندارد ولی نباید حالت دوفازی داشته باشد)

نکته برای شیر: در شیرها فرآیند اختناق رخ می دهد:

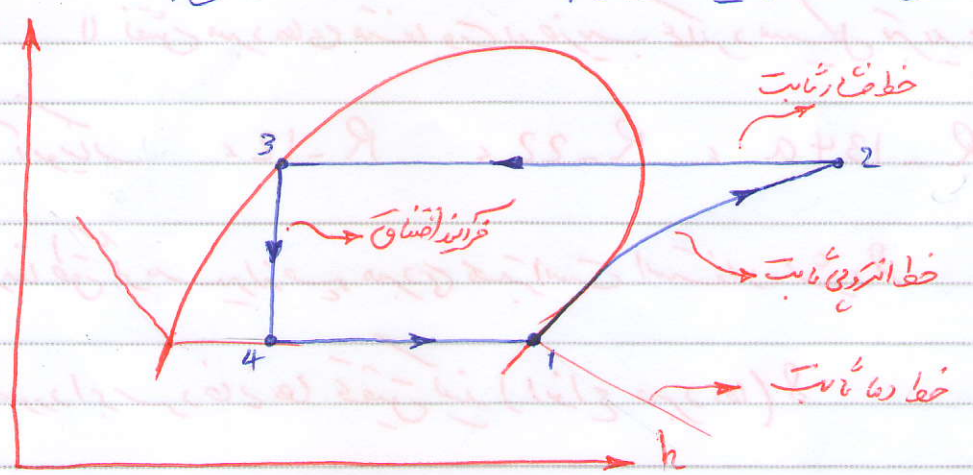


کنترل حجم

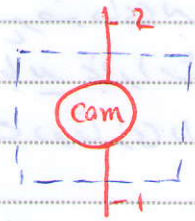
$$\cancel{q}^{\,0} - \cancel{w}^{\,0} = h_i - h_e \qquad \boxed{h_i = h_e}$$



* ما برای حل مسائل تبرید از دیاگرام PH استفاده می کنیم:



محاسبات مربوط به کمپرسور:

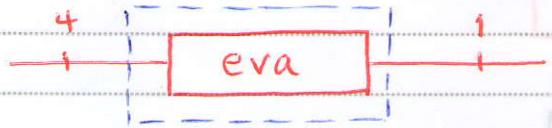


$$q - w = h_i - h_e \qquad -{}_1w_2 = h_1 - h_2$$

$$\boxed{{}_1w_2 = h_2 - h_1}$$

$$\boxed{{}_1\dot{w}_2 = \dot{m}(h_2 - h_1)}$$ ⇐ توان کمپرسور:

محاسبات مربوط به اواپراتور:



$$q - w = h_i - h_e$$

$$\boxed{{}_4q_1 = h_4 - h_1} \qquad \boxed{{}_4\dot{q}_1 = \dot{m}(h_4 - h_1)}$$ توان اواپراتور

$${}_4\dot{q}_1 = [kg/s][kJ/kg] = kJ/s = kW$$

تحقیق: ۱) نقش مبردهای مختلف در ضریب عملکرد سیکل تبرید:

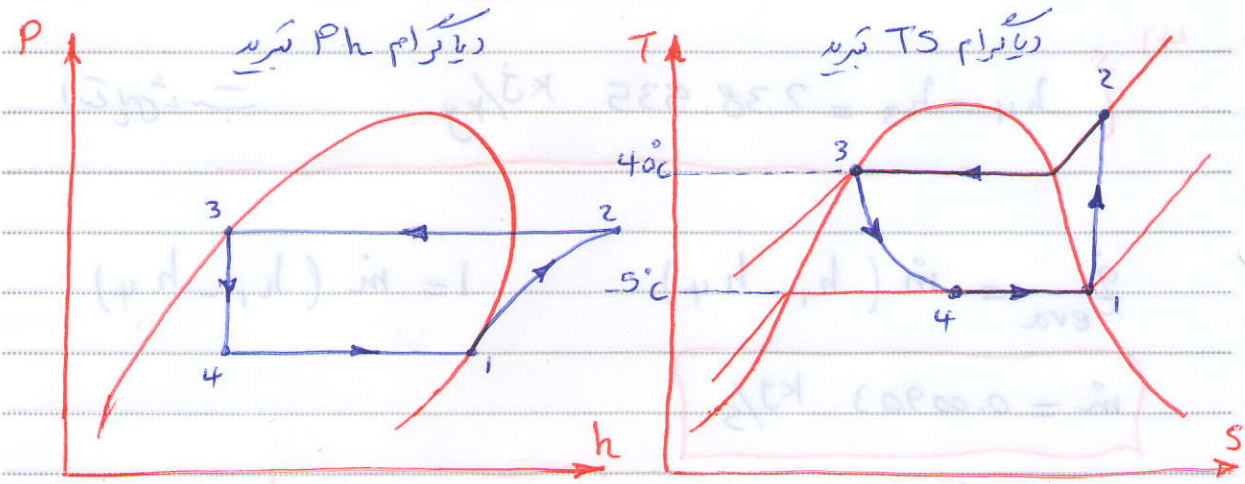
آمونیاک، R-12، R-22، R-134a

2) در مناطق گرمسیر از چه مبردی بهتر است استفاده شود؟

3) در مورد ابرسردخانه‌ها تحقیق کنید (انواع مبردها)؟

Subject : Date

مثال: یک سیستم تبرید از مبرد (R-12) بعنوان سیکل کاری استفاده می‌کند. بطوری که دمای اواپراتور ($-5^{\circ}C$) و کندانسور ($40^{\circ}C$) می‌باشد. ظرفیت مبرد برای (1 kw) سرمایش اواپراتور چقدر است؟ دیاگرام‌های حرفه‌ای تبرید را رسم می‌کنیم:



باید از جایی شروع کنیم که اطلاعات معلوم است. اطلاعات نقاط (1) و (3) در دیاگرام TS معلوم است.

1) $T = -5^{\circ}C$ بخار اشباع

$$P = P_{sat}\Big|_{-5^{\circ}C} = 260.96 \text{ kpa}$$

$$h_1 = h_g\Big|_{-5^{\circ}C} = 349.321 \text{ kJ/kg}$$

$$S_1 = S_g = 1.55770$$

2) $$P_2 = P_{sat}\Big|_{T=40^{\circ}C} = 960.65 \text{ kpa}$$

$$S_1 = S_2 = 1.55770$$

$$h_2 = 372.4 \text{ kJ/kg}$$

Subject : Date

3) $T_3 = 40^\circ C$, $P_3 = 960.65\ kPa$, بخار اشباع $\Rightarrow h_3 = 238.535\ kJ/kg$

4) $h_4 = h_3 = 238.535\ kJ/kg$ انبساط پیوسته است

$\dot{q}_{eva} = \dot{m}(h_1 - h_4)$ $\quad 1 = \dot{m}(h_1 - h_4)$

$\dot{m} = 0.00903\ kg/s$

$\dot{w}_{com} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0.2084\ kW$

* محاسبهٔ ضریب عملکرد برای سیستم هایی که هدف سرمایش است:

هدف سرمایش $\quad \beta = \frac{Q_L}{W_C}$

* محاسبهٔ ضریب عملکرد برای سیستم هایی که هدف گرمایش است:

هدف گرمایش $\quad \beta' = \frac{Q_H}{W_C}$

ضریب عملکرد برای این سیستم:

$\beta = \frac{1}{0.2084} = 4.79$

Subject : Date

برگشت پذیری حرفه را بررسی کند: برای این کار باید ضریب عملکرد سیستم مورد نظر را با ضریب عملکرد سیکل کارنو مقایسه کنیم. در این شرایط اگر:

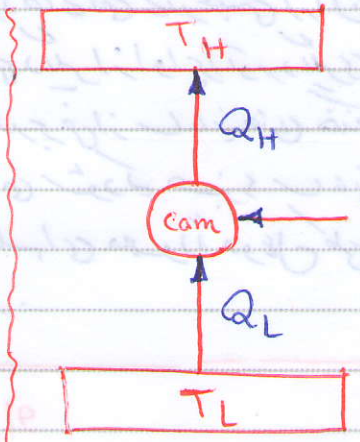
$\beta_{sys} > \beta_{carn}$ ⟸ غیر واقعی (غیر ممکن)

$\beta_{sys} = \beta_{carn}$ ⟸ برگشت پذیر است. کارنو $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

$\beta_{sys} < \beta_{carn}$ ⟸ برگشت ناپذیر است.

$$\beta = \frac{Q_L}{W_C} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta_{carno} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$



$Q_L + W_C = Q_H$

$W_C = Q_H - Q_L$

$$\beta_{carn} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{1}{\frac{313}{268} - 1}$$

($40^\circ C = T_H$, $-5^\circ C = T_L$)

$\beta_{carn} = 5.95$

$\beta_{sys}(4.79) < \beta_{carn}(5.95)$

بنابراین سیکل تبریدی ما دارای فرآیندی برگشت ناپذیر است.

Subject : Date

* برای تشخیص اینکه برای یک واحد یا مجتمع تولید گرمایش هزینه بیشتری دارد یا تولید سرمایش، به روش زیر عمل می‌کنیم:

$$\beta' - \beta = \frac{Q_H}{W_C} - \frac{Q_L}{W_C} = \frac{Q_H - Q_L}{W_C} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H - Q_L} = 1$$

$$\beta' - \beta = 1$$

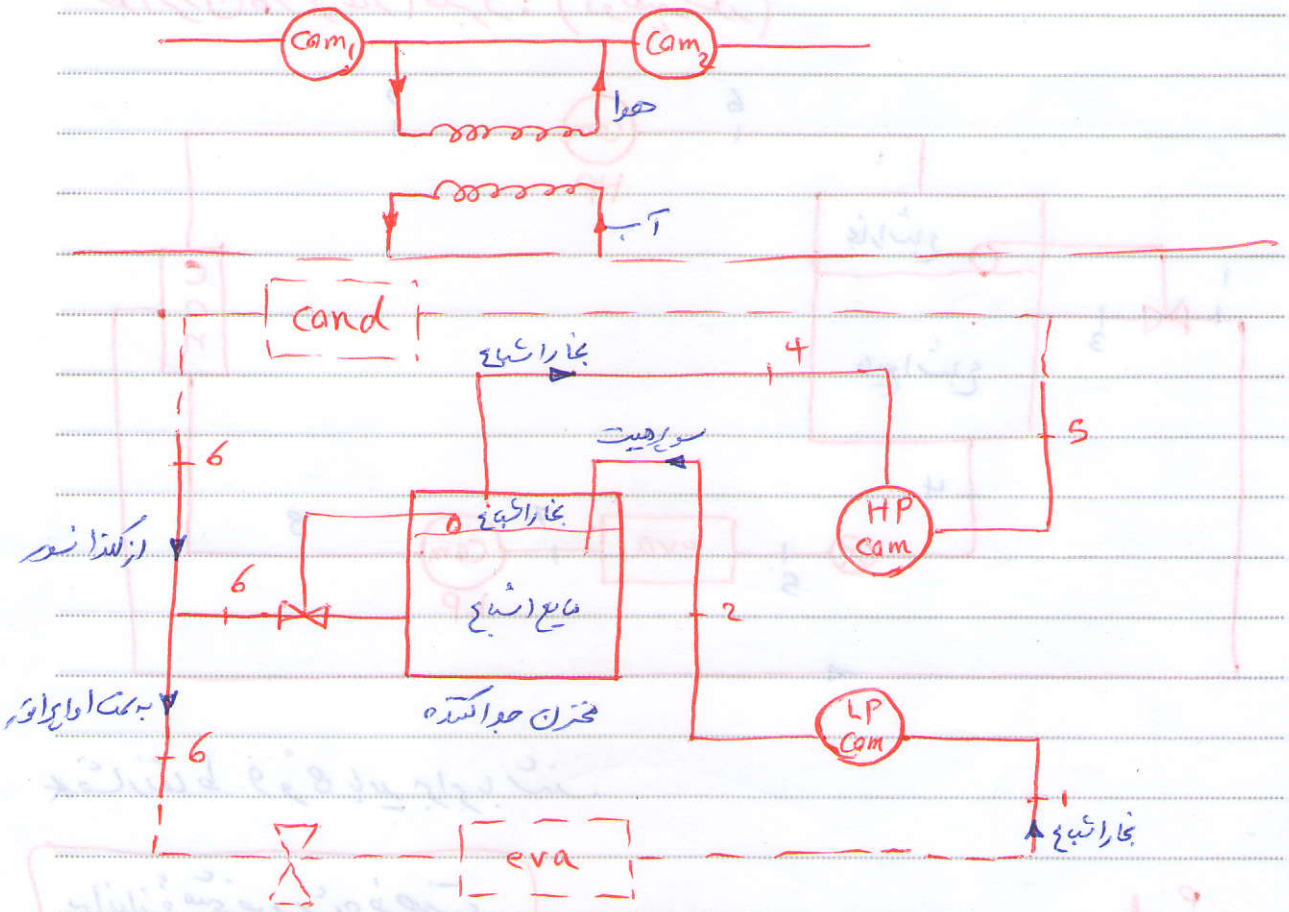
* بنابراین گرمایش یک واحد بیشتر از سرمایش است و یعنی اینکه تولید گرما هزینه بیشتری دارد.

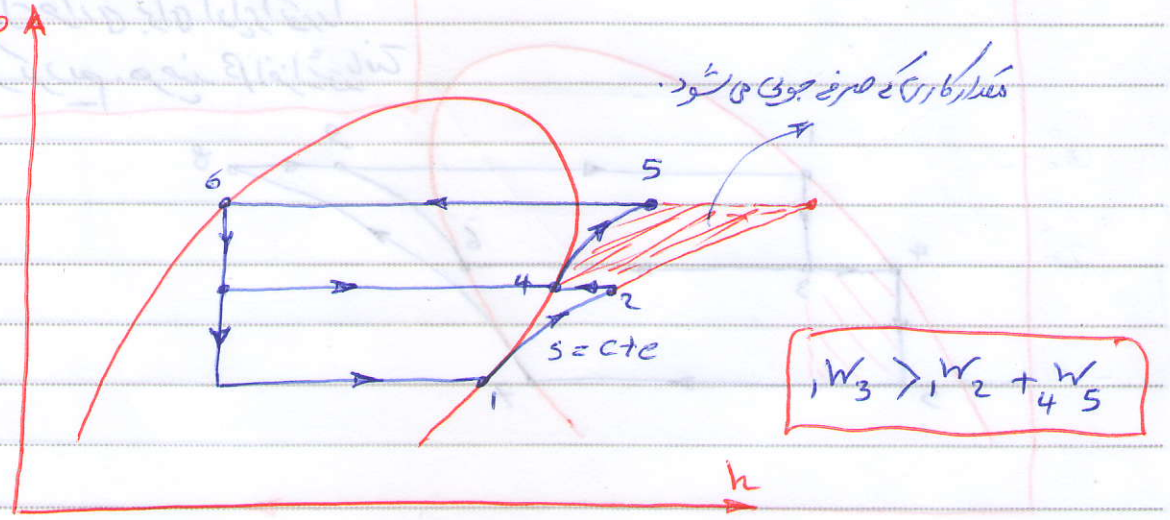
سامانه های چند مرحله ای (متضاعف): به سامانه هایی اطلاق می شود که دارای دو یا چند اواپراتور باشند. معمولاً یکی از اواپراتورها برای سرد خانه ای که در بخشی از آن گوشت مرغ در دمای (-20°C) نگه داری می شود و در بخش دیگر از اواپراتور دیگری برای خنک کردن شیر تا (2°C) استفاده می شود. در برخی از سامانه های خنک کننده به جای یک کمپرسور از دو یا چند کمپرسور استفاده می شود که جزء سامانه های چند مرحله ای می باشند. در سامانه های چند مرحله ای معمولاً دو عمل کلی خنک کردن مبرد و جدا کردن گاز مبرد با هم اتفاق می افتد.

جلسه هشتم: سه شنبه، 91/10/6

خنک کردن مبرد بین دو مرحله تراکم: در این حالت مقدار کاری که برای متراکم نمودن هر کیلوگرم بخار مبرد مورد نیاز است کاهش می یابد. عمل خنک کردن می تواند به وسیله خود مبرد موجود در چرخه انجام شود. (که اصطلاحاً خنک کردن داخلی گویند) یا اینکه از سیال دیگری مانند آب برای این هدف استفاده شود. خنک کردن با آب برای تراکم دو مرحله ای هوا رضایت بخش بوده ولی در تبرید به علت پائین بودن (کم بودن) دمای مبرد آب مناسب نمی باشد. به همین علت خنک کردن به وسیله خود مبرد از معمول ترین حالات در تبرید است.

Subject : Date



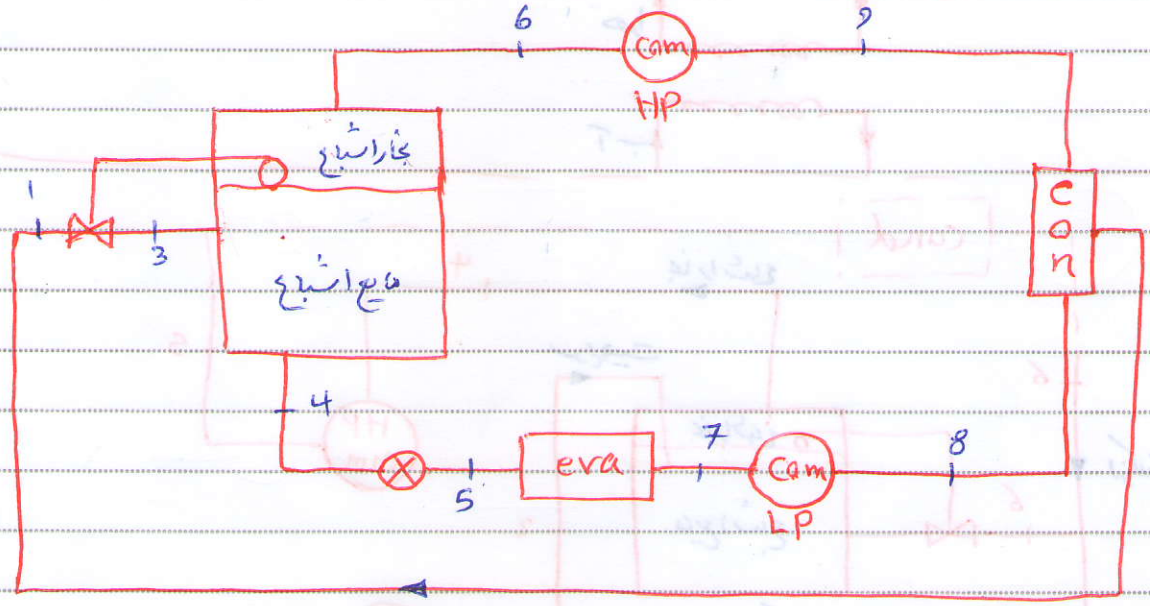


هرچه دمای ورودی کمپرسور بیشتر شود کاری که باید توسط کمپرسور انجام شود بیشتر است.

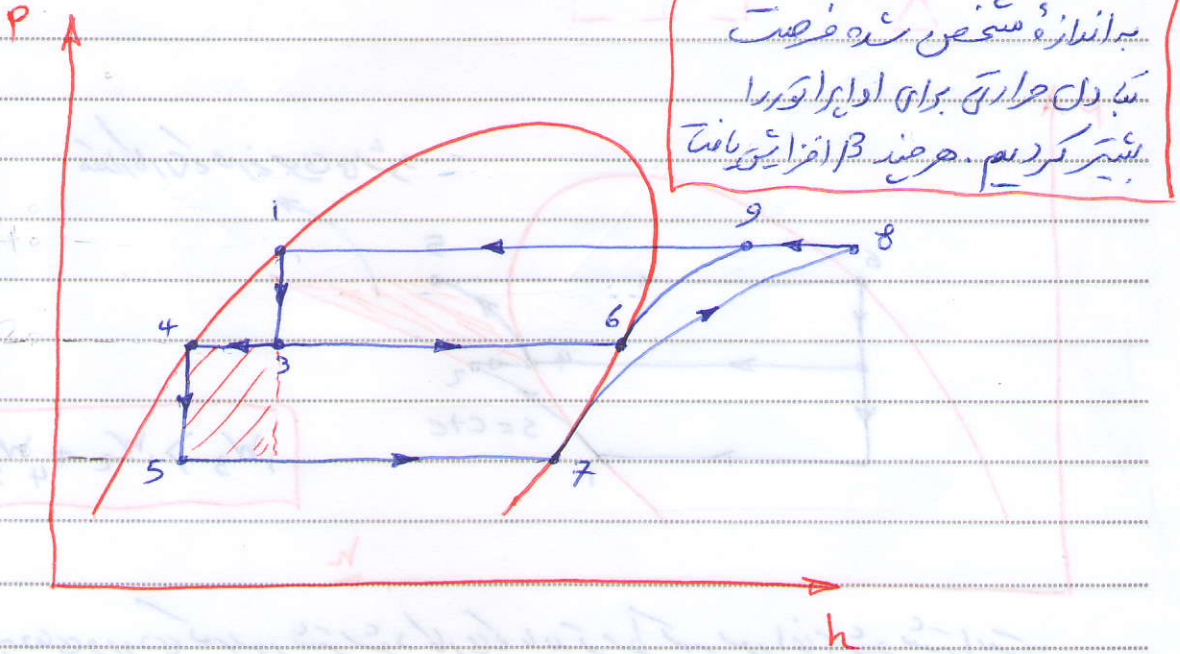
Subject :

Date

جدا کردن گاز (بخار) مبرد: (دو کمپرسور)



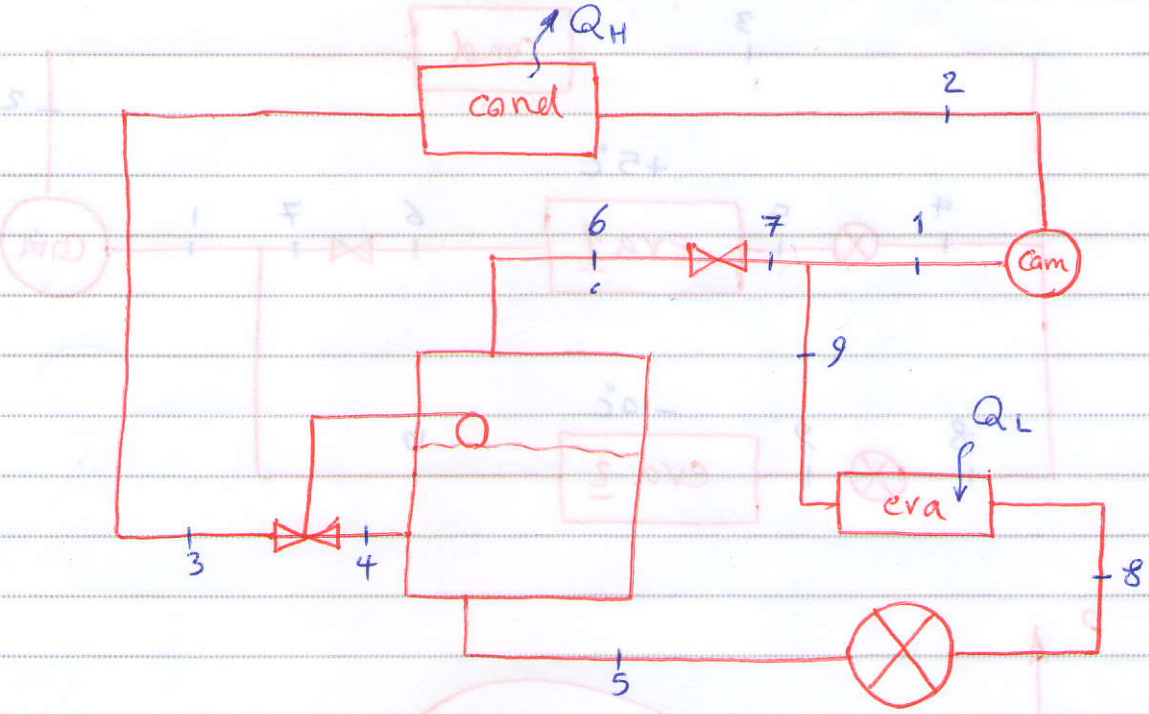
* فشار نقاط 9 و 8 باید برابر باشند.

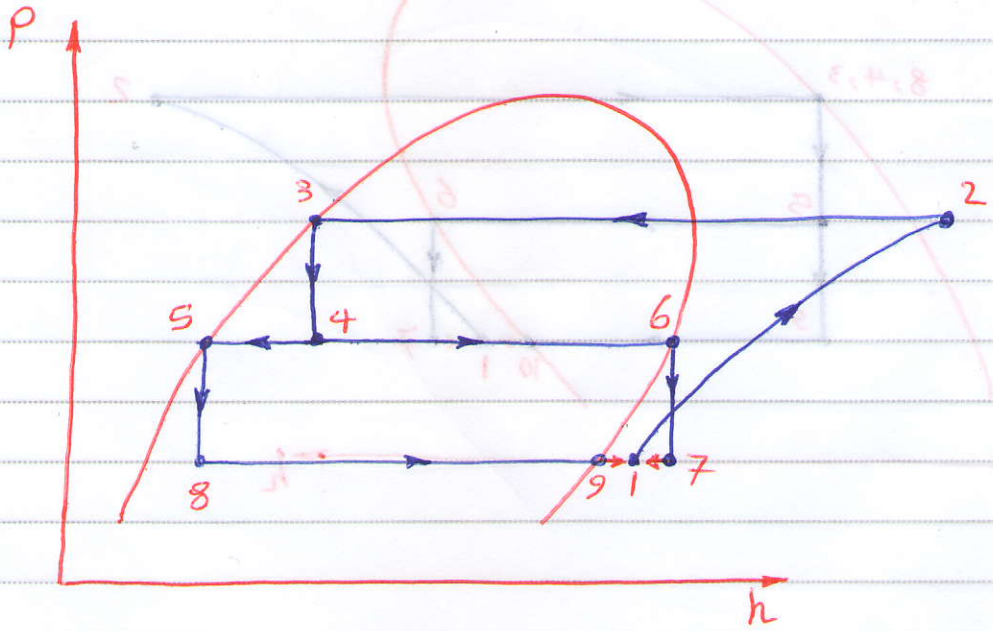


به اندازه مشخص شده فرصت تبادل حرارتی برای اواپراتور را بیشتر کردیم. هرچند Δt افزایش یافت

Subject : Date :

جداکردن گاز (بخار) مبرد: (کمپرسور)



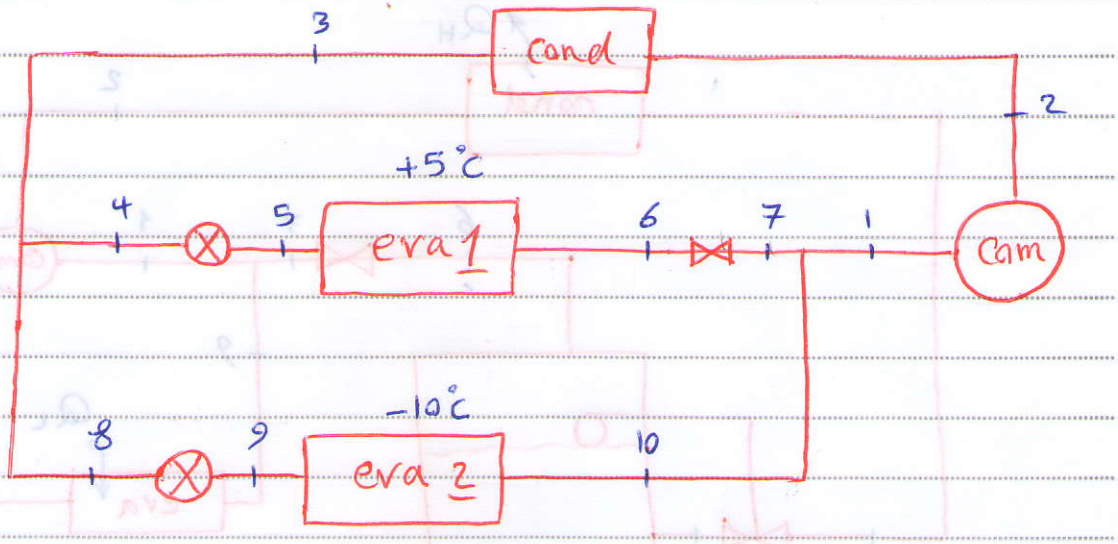


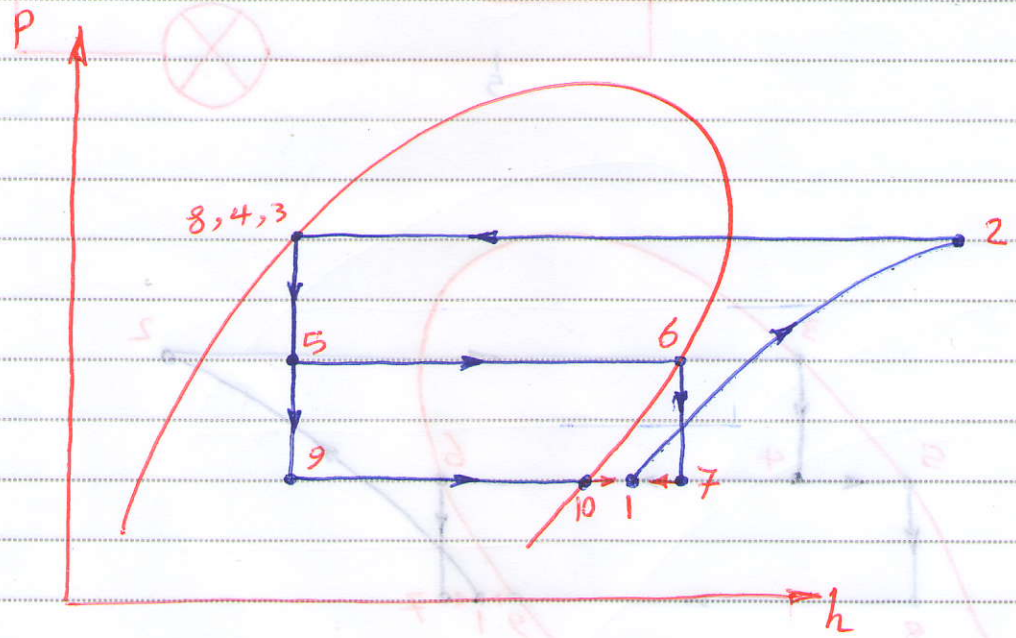
* این کار باعث افزایش Q_L و در نتیجه افزایش ضریب عملکرد اواپراتور می شود.

Subject :

Date .....

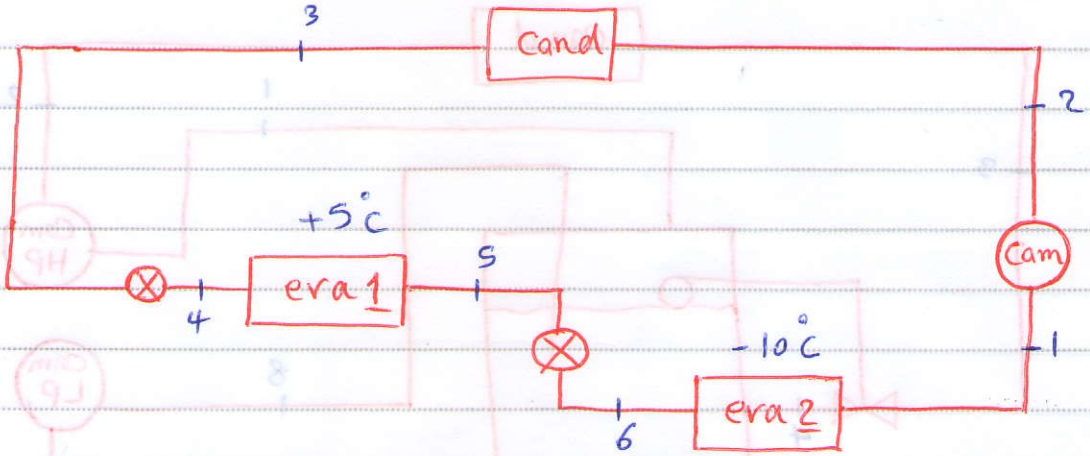
چرخه با دو یا تعداد بیشتر اواپراتور و یک کمپرسور: (موازی)

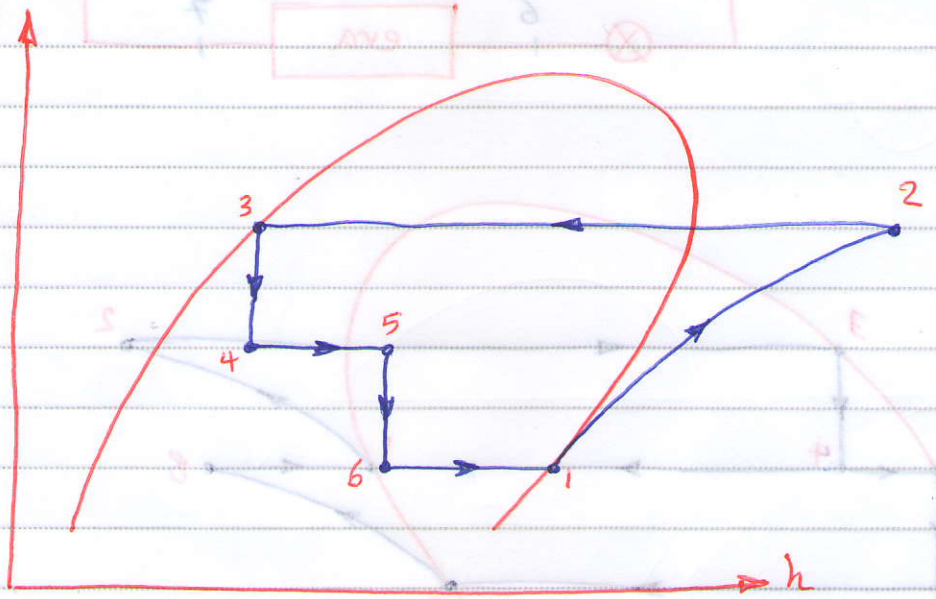




Subject : Date :

چرخه بادو یا تعداد تبخیری اواپراتور و یک کمپرسور: (سری)



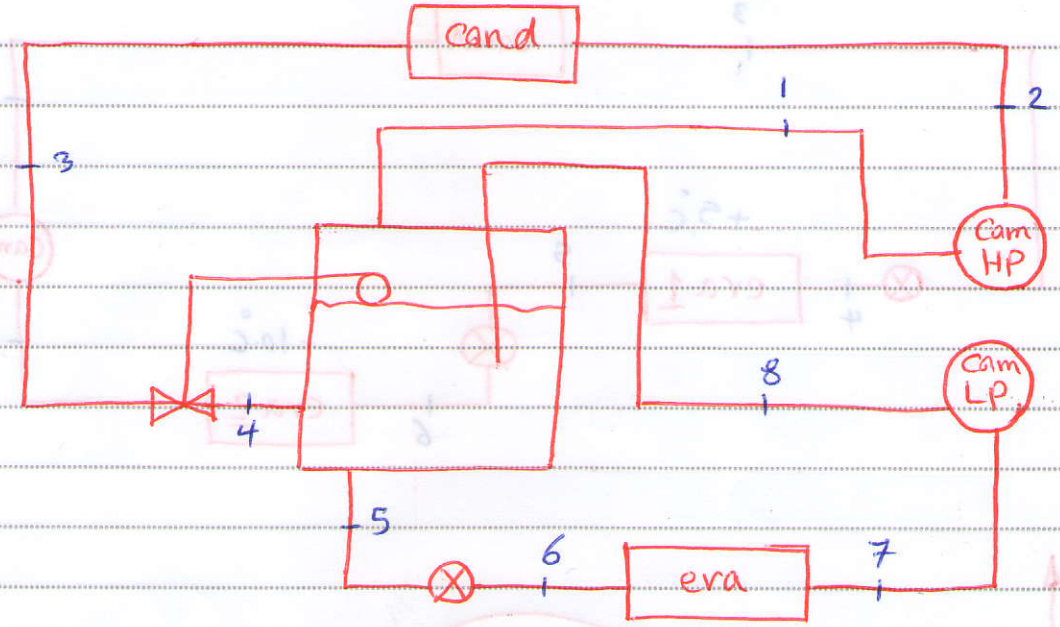


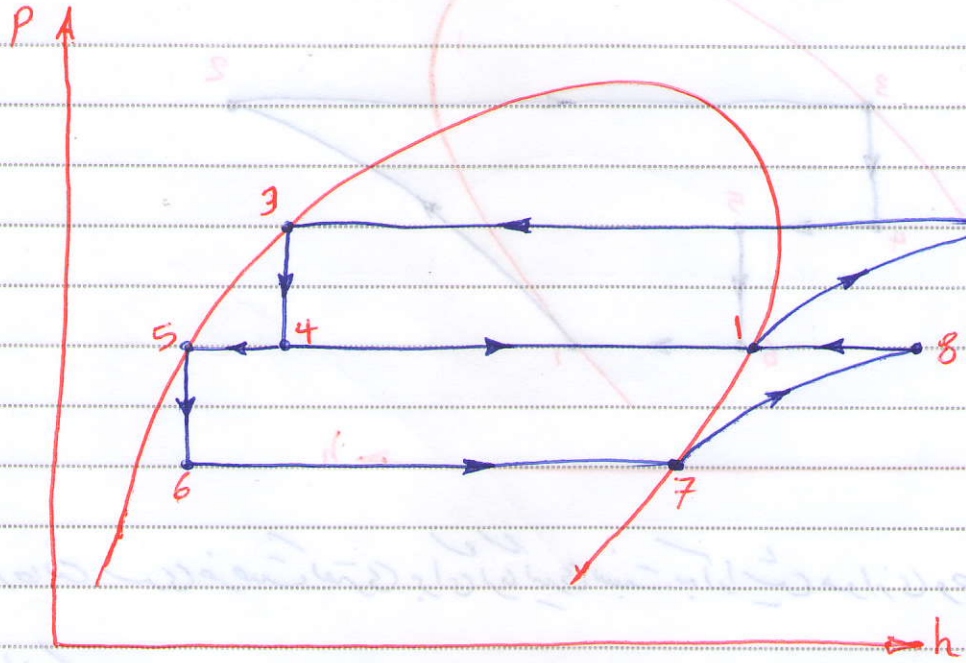
* در حالت سری فرصت کمتری برای گرمایگیری نسبت به آرایش موازی وجود دارد.

* هنگامی که تعداد اواپراتور زیاد باشد از آرایش موازی استفاده می شود.

Subject : Date

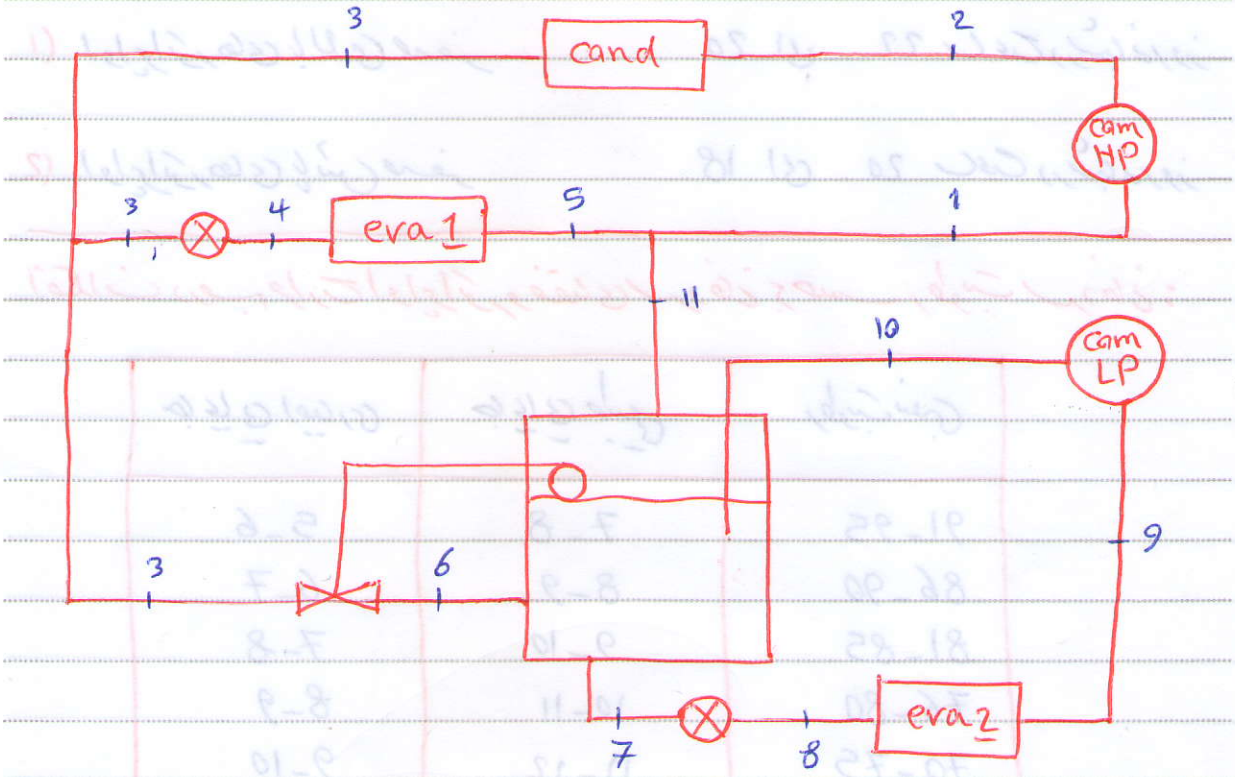
سیستم با دو کمپرسور و یک اواپراتور :

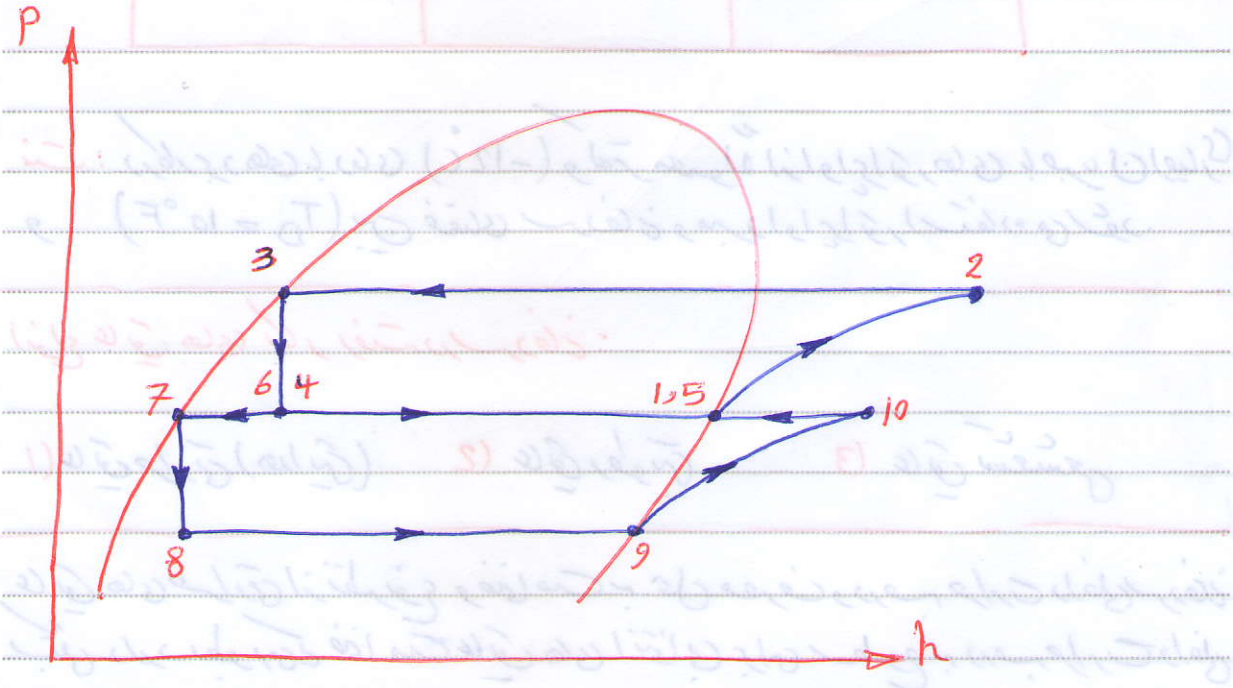




Subject : Date

سیستم با دو کمپرسور و دو اواپراتور:





Subject : Date

ساعات کارکرد تجهیزات تبرید:

1) اواپراتورهای بالای صفر 20 الی 22 ساعت در شبانه روز

2) اواپراتورهای پائین صفر 18 الی 20 ساعت در شبانه روز

اختلاف درجه حرارت اواپراتور و فضای سردخانه بر حسب رطوبت سردخانه:

جایگاهی اجباری	جایگاهی طبیعی	رطوبت نسبی
5_6	7_8	91_95
6_7	8_9	86_90
7_8	9_10	81_85
8_9	10_11	76_80
9_10	11_12	70_75

نت: در کاربردهای یاری (-12°c) و کمتر معمولاً از اواپراتورهای با جریان اجباری و ($T_D = 10°F$) بین فضای سردخانه و میز اواپراتور استفاده می شود.

انواع عایق های بکار رفته در سردخانه:

1) عایق حرارتی (هدایتی) 2) عایق رطوبتی 3) عایق شعشعی

عایق های حرارتی از نظر نوع و خاصیت به عمل مصرف و درجه حرارت داخلی سردخانه بستگی دارد بطوری که خاصیت عایق های انتخابی برای سطوح به درجه حرارت داخلی

Subject : Date

سردخانه و درجه حرارت محیط بستگی دارد. مقدار این ضخامت را می توان از جداول استاندارد و توصیه شده انتخاب کرد. (جدول 3 ، صفحه 54) برای عایق چوب شبه ای در برخی از سردخانه ها از دیوار آجری و بتنی استفاده نمی شود و عایق داخل فضای بین دو دیوار آلومینیومی یا آهنی که به شکل پنل های پیش ساخته هستند قرار می گیرند، عایق بکار برده شده در سقف سردخانه ها معمولاً (5cm) بیشتر از ضخامت عایق دیوارهای خارجی است.

ساختمان کف سردخانه ها باید دارای عایق حرارتی و رطوبتی باشد و عایق حرارتی آن از لحاظ مکانیکی مقاوم باشد.

در درب سردخانه ها که معمولاً از چوب یا فلز ساخته می شوند بکار بردن عایق بسیار جلوگیری از اتلاف حرارتی ضروری است. همچنین به منظور جلوگیری از نفوذ هوا و رطوبت از طریق درزهای درب ها به محل نگهداری بکار بردن مواد آب بندی پیشنهاد می شود.

چگونگی طراحی سردخانه: داده هایی که به مهندس طراح از طرف کارفرما داده می شود تنها نوع و حجم محصولات و مکان سردخانه است.

مهندس طراح ابتدا چگونگی نگهداری و روش سردکردن و درجه حرارت مورد نیاز برای محصولات و مدت نگهداری را برای هر نوع از محصولات تعیین می کند. با مشخص شدن اطلاعات بالا و حجم محصول، حجم محصول و در نتیجه ابعاد سردخانه مشخص می شود. آنگاه براساس تجربیات، توصیه ها و راهنمایی های ارائه شده در کتب مختلف نوع عایق و ضخامت سردخانه انتخاب می شود، با توجه به این داده ها شرایط طرح داخل و خارج سردخانه می توان بار ورودی اتاق های سردخانه را محاسبه کرد و با داشتن این اطلاعات تجهیزات و دستگاههای مورد نیاز از قبیل اواپراتور، کندانسور، کمپرسور، شیر آلات و... را طراحی و انتخاب کرد.

Subject : Date

جلسه : چهارشنبه : 6/10/91

انتخاب اواپراتور: اواپراتورها که عامل جذب حرارت در سردخانه ها می باشند دارای انواع مختلفی بوده و بر حسب نوع طرح قابل محاسبه و انتخاب می باشند. محاسبات اواپراتورها با خاطر تغییر مرتب در اواپراتور کار دشکلی است ولی فرمول ها و روابط ارائه شده تا حدودی مشکل را حل کرده است.
از طرفی با توجه به اینکه کارخانجات تولید کنندهٔ اواپراتور برای دستگاههای تولیدی خود کاتالوگ فنی تهیه می کنند و در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند بنابراین انتخاب درست اواپراتور و خواندن آن از کاتالوگ احتیاج به مهارت داشته که با مثالی خواندن نوع اواپراتور را مرور خواهیم کرد.
برای انتخاب اواپراتور مناسب از کاتالوگ کارخانهٔ تولید کننده کافی است که بار برودتی محاسبه شدهٔ سردخانه و اختلاف دمای محیط نگهداری و مدیریت را داشته باشیم

اواپراتور مناسب با شرایط زیر را انتخاب کنید:

$Q = 2250$ Btu/hr رطوبت نسبی = 85٪

اختلاف دما $7 \sim 8\,^{\circ}C$

تبدیل به فارنهایت ↓

$T_D\,(^{\circ}F) = 12.6 \sim 14.4$

جدول دو صفحه قبل

یکی از جدول 28 صفحه 49 استفاده می کنیم:

$T_D \sim 15\,^{\circ}F$

$Q \Rightarrow 1950$ | 2925

مدل اواپراتور C_3C195 ← مدل اواپراتور

در برخورد و امتحان T_D (اختلاف دمای محیط و مبرد) را $6\,^{\circ}C$ یا $10\,^{\circ}F$ انتخاب می کنیم. اگر عدد بدست آمده بین دو اواپراتور قرار گیرد اواپراتور بزرگتر را انتخاب می کنیم.

Subject : Date

انتخاب کمپرسور و کندانسور: کندانسورها عامل دفع حرارت در چرخه‌ها تبرید هستند حرارت را بوسیله هوا یا آب از چرخه خارج می‌کنند (کندانسور هوایی، آبی). عموماً کندانسورها همراه کمپرسور روی یک شاسی سوار می‌شوند و بنام واحد تقطیر خوانده می‌شود. علاوه بر اینکه کندانسورها و کمپرسورها را بطور جداگانه می‌توان انتخاب کرد گاهی اوقات با داشتن مشخصات فنی دستگاه‌های تقطیر، این دو دستگاه یکی انتخاب می‌شوند (باهم انتخاب می‌شوند) که به آن کندانسینگ یونیت یا واحد تقطیر گویند.

(برای پروژه کندانسور و کمپرسور را جداگانه انتخاب می‌کنیم. ضمن اینکه برای دریافت نمره کامل چرخه تبرید را باید ترسیم کنیم.

دمای اواپراتور
$\dot{Q}_L$ = ✓
دمای محیط = ✓

→ چرخه تبرید — ص 53 جدول 32 — $\dot{W}_C$ / $\dot{Q}_H$

طراحی سردخانه (1811 تنی): مجتمع سردخانه دارای ظرفیت کل (1811) تن محصول می‌باشد و بطور متوسط روزانه (180 ton) محصول به آن وارد می‌شود. (معمولاً روزانه 10٪ تا 20٪ از ظرفیت کل وارد سردخانه می‌شود)

این سردخانه از اسکلت بتن آرمه در یک طبقه بنا شده است و دیواره‌های خارجی آن با عایق پلی یورتان به ضخامت (25 cm) و آجر سفالی به ضخامت (20 cm) ساخته شده است. (یک نمونه از دیواره‌های خارجی و یک نمونه از دیوار داخلی به همراه مدار مقاومت حرارتی آن رسم شود) (روشن کردن کوره فقط باید برای پروژه انجام شود) (برای هر اتاق بر مبنای متراژ مساحت تعداد کارگر و روشنایی را در نظر می‌گیریم) (بار حرارتی محصول را برای راهرو در نظر نمی‌گیریم ولی بارهای دیگر وجود دارد و باید محاسبه گردد) (دمای کوبل انجماد برابر با دمای پائین‌ترین اتاق نگهداری خواهد بود) (بار محصولات در اتاق‌ها را هم در نظر می‌گیریم) (در اتاق‌ها فقط تنفس سبزیجات و میوه‌جات را داریم) (بار محصولات تنها در پیش سردکن و کوبل انجماد اعمال می‌شوند) (پیش سردکن و اتاق انجماد جزء تشریفات)

Subject : Date

سقف این سردخانه‌ها (ارتفاع سردخانه 5m است) سقف این سردخانه‌ها بگونه‌ای است که با ارتفاع (1m) هوای محبوس شده (همان عبور هوا شد (سقف کاذب)) (هدف سقف کاذب پایین آوردن انرژی حرارتی برای تشعشعات خورشیدی است) (بنای خارجی دیواره‌های سردخانه بایستی حتماً آهنربا شده باشد چنین لازم به ذکر است دیواره‌های خارجی بالایی از قسمت‌های عایق کاری رعایت شده اند) (تشخیص یا تعیین تناژ محصولات هر اتاق حائز اهمیت است)

محاسبه تناژ اتاق‌های نگهداری:

برای سردخانه‌های زیر صفر به ازای هر ($4m^3$)، یک تن محصول و برای سردخانه‌های بالای صفر به ازای هر ($5m^3$)، یک تن محصول جای گیرد.