۹- مساحت موتورخانه یک سردخانه آمونیاکی 100 مترمربع و ارتفاع مفید آن 3 متر است. 2 نفر پرسنل به‌طور دائم در موتورخانه حضور دارند و دفع حرارت ناشی از کار تجهیزات داخل موتورخانه 4 کیلووات است. حداقل تخلیه مکانیکی هوا برای موتورخانه باید چند مترمکعب در ساعت باشد؟

۱) 1200 ۲) 9000 ۳) 900 ۴) 2165

$A = 100\ m^2$

$h = 3\ m$

$n = 2$ نفر

$Q_L = 4KW = 4000\ w$

$\dot{V} = ?\ m^3/hr$

$\begin{cases} \dot{V} = V(m^3) \times ACH \\ ACH = 30 \end{cases}$ $\Rightarrow \dot{V} = 100 \times 3 \times 30$

$= 9000\ m^3/hr$

۱۱- چرا در حدفاصل زانویی پایین لوله قائم فاضلاب تا 10 برابر قطر لوله بعد از آن نباید هیچ شاخه افقی به لوله افقی فاضلاب متصل شود؟ راهنمای مبحث ۱۶ ص ۲۰۳

۱) احتمال کاهش بیش از حد سرعت جریان فاضلاب در لوله افقی به دلیل تخلیه فاضلاب شاخه افقی

۲) احتمال پُرشدن لوله افقی در این فاصله به دلیل ضربه قوچ و عدم تخلیه درست فاضلاب شاخه افقی

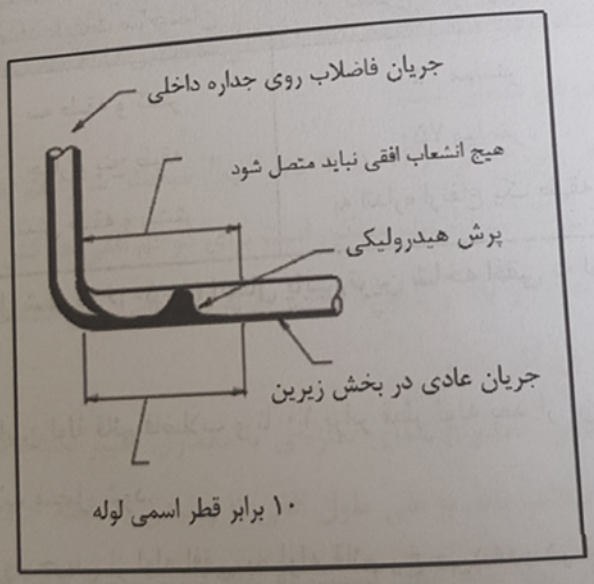
۳) احتمال پُرشدن لوله افقی در این فاصله به دلیل پرش هیدرولیکی و عدم تخلیه درست فاضلاب شاخه افقی

۴) احتمال افزایش بیش از حد سرعت جریان فاضلاب در لوله افقی به دلیل تخلیه فاضلاب شاخه افقی

مقررات ملی ساختمان

(۴) در ساختمان‌های تا ۳ طبقه، آخرین و پایین‌ترین شاخهٔ افقی فاضلاب که به لولهٔ قائم متصل می‌شود باید دست‌کم ۴۵۰ میلی‌متر بالاتر از زیر زانوئی پایین لوله قائم باشد. در ساختمان‌های بلندتر از ۳ طبقه تا ۵ طبقه این فاصله باید دست کم ۷۵۰ میلی‌متر و در ساختمان‌های بلندتر از ۵ طبقه باید برابر ارتفاع یک طبقه باشد (شکل شمارهٔ (۱۶-۵-۷)). این اندازه‌ها در هر تغییر امتداد لولهٔ قائم، از جمله دو خم، نیز باید رعایت شود.

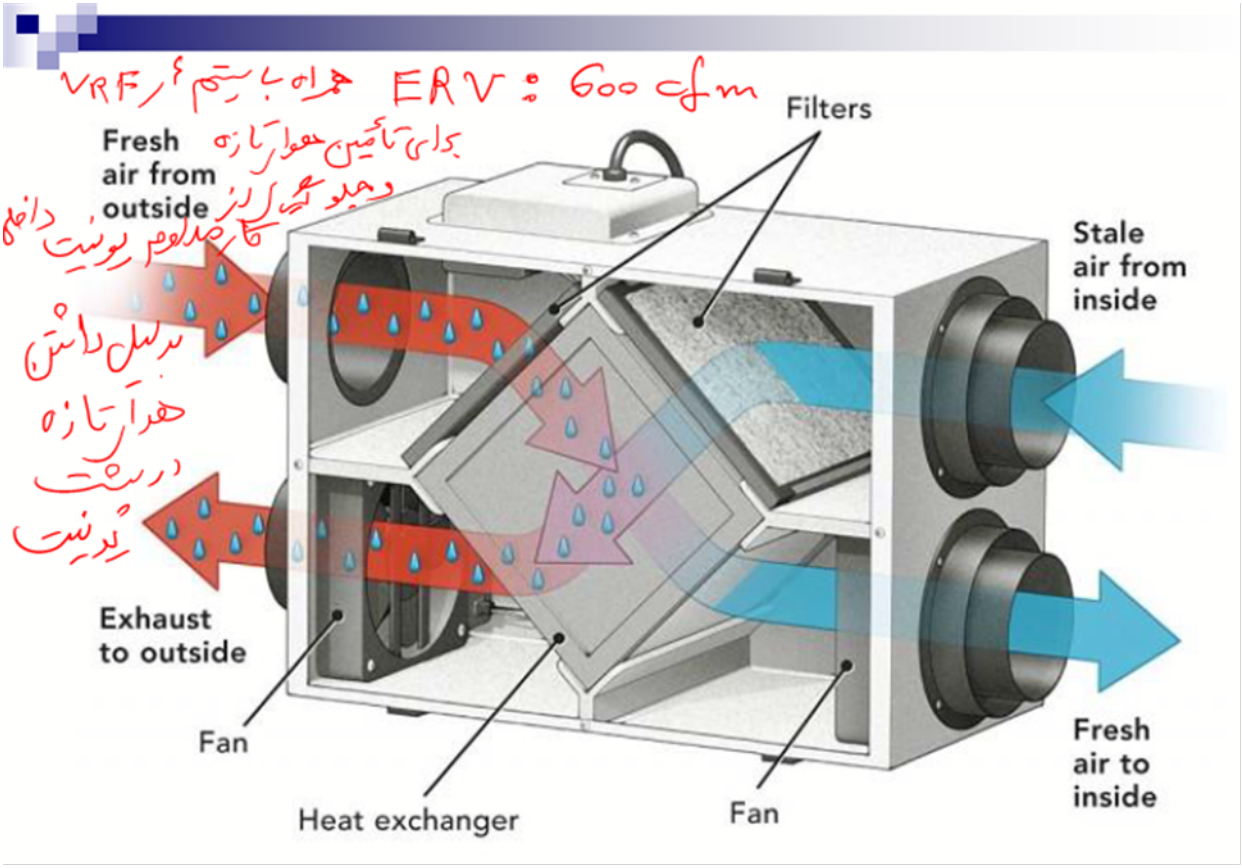
❖ مشابه آنچه در ورود جریان از لوله افقی به لوله قائم رخ می‌دهد، در نقطه تبدیل لوله قائم به افقی در انتها پیش می‌آید. این پدیده که پرش هیدرولیکی نامیده می‌شود، می‌تواند سطح مقطع لوله را پُر کرده، منجر به انسداد مقطع لوله شود و مانع ریزش فاضلاب خطوط افقی به این لوله شده و حتی به جریان معکوس در لوله قائم منجر گردد (شکل (۱۶-۵-۷)). به همین علت اتصال شاخه افقی فاضلاب به لوله قائم در محدوده تعیین شده در جدول داخل شکل (۱۶-۵-۸) مجاز نیست.

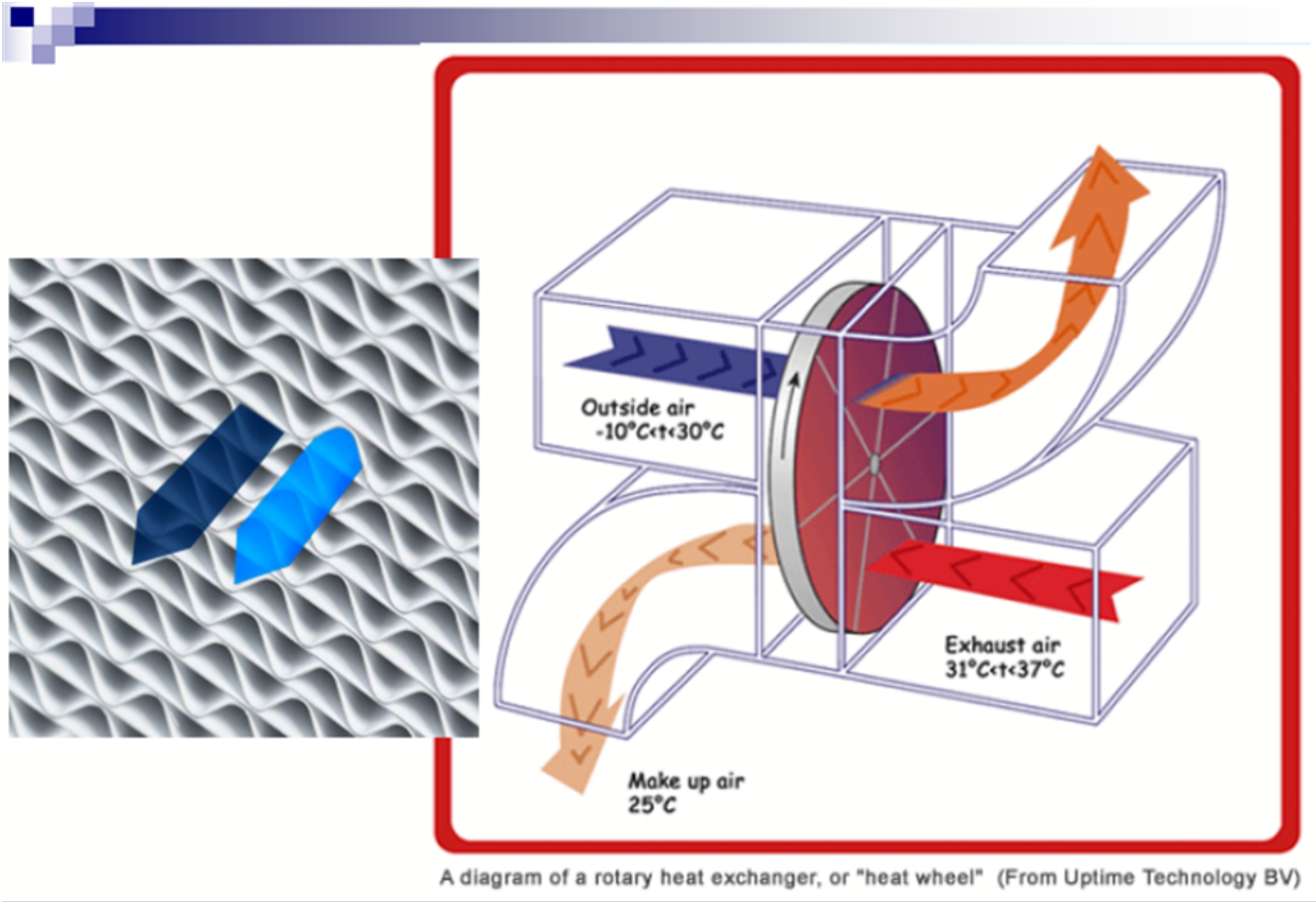


شکل (۱۶-۵-۷) **ایجاد پرش هیدرولیکی در ورود فاضلاب از انتهای لوله قائم به لوله افقی اصلی**

۱۴- در کدام سیستم بازیافت انرژی، احتمال Carryover وجود دارد؟

۱) Heat wheel
۲) Heat pipe
۳) Run-around
۴) Plate





A diagram of a rotary heat exchanger, or "heat wheel" (From Uptime Technology BV)

۱۵- یک ساختمان 5 طبقه مسکونی با زیربنای مفید کل 1500 مترمربع در شهر زنجان قرار دارد. در طرح اولیه، مقاومت گرمایی کل دیوارهای خارجی ساختمان $0.8 m^2K/W$ است. برای رعایت الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملّی ساختمان مطابق روش تجویزی، کدام گزینه درست است؟ (پنجره‌های ساختمان از نوع دوجداره با قاب UPVC است)

۱) اضافه‌کردن 2.5 سانتی‌متر عایق پشم سنگ با چگالی 80 کیلوگرم بر مترمکعب به سمت داخل دیوار

۲) اضافه‌کردن 2.5 سانتی‌متر عایق پشم سنگ با چگالی 80 کیلوگرم بر مترمکعب به سمت خارج دیوار

۳) اضافه‌کردن 5 سانتی‌متر عایق پشم سنگ با چگالی 80 کیلوگرم بر مترمکعب به سمت داخل دیوار

۴) دیوار خارجی در طرح اولیه الزامات را برآورده می‌کند.

ص ۱۹ چاپ ۱۳۹۹

ساختمان = 5 طبقه - مسکونی ⇒ ص ۸۱ چاپ ۹۵ ⇒ کاربری الف

$A = 1500\ m^2$

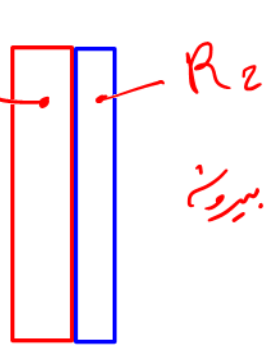
شهر = زنجان ⇒ ص ۷۴ چاپ ۸۸ ⇒ نیاز انرژی گرمایی زیاد

$R = 0.8\ m^2.K/W$

پنجره = دوجداره UPVC ⇒ ص ۳۴ چاپ ۴۸ ⇒ پنجره برگ

روش تجویزی

ص ۱۳ چاپ ۹۷	کاربری الف نیاز انرژی زیاد شهر بزرگ بیش از $1000\ m^2$	⟶ گروه ۱



$R_1 < \hat{R}$ ⇒ طرح مردود

$\hat{R} = R_t = 1.2\ m^2K/W$

$R_t = R_1 + R_2$

$R_2 = R_t - R_1 = 1.2 - 0.8 = 0.4$

ص ۴۷ چاپ ۵۱

- چون ساختمان مسکونی است و کاربری دائمی دارد بنابراین بهتر است از انرژی خورشیدی ساختمان استفاده کنیم و پنجره بهتر است عایق‌کاری از بیرون باشد
- گروه ۱
- پنجره برگ
- عایق حرارتی خارجی

$R = \frac{x}{\lambda}$ ، ص ۹۵ چاپ ۱۹ ⇒ پشم سنگ چگالی = 40-100 ⇒

$\lambda = 0.042\ W/mK$

$\Rightarrow x = R \cdot \lambda = 0.4 \frac{m^2.K}{W} \times 0.042 \frac{W}{m.K}$

$= 0.0168\ m = 1.68\ cm \Rightarrow 2.5\ cm$

۱۳۹۹ ۱۴ مهر

ص ۱۹۹ ⇒ ۲۰۹ pdf ⇒ الف ⇒ سکونی

ص ۱۸۳ ⇒ ۱۹۹ pdf ⇒ نیاز انرژی زیاد ⇒ زنجان

ص ۱۹۱ ⇒ ۲۰۷ ⇒ کاربری الف
نیاز انرژی زیاد
تبریز ۵ طبقه (1500 m²) ⇒ گروه 1

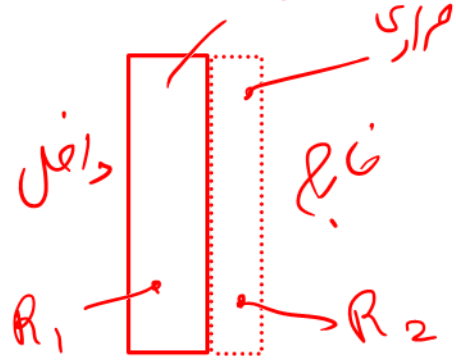
ص ۷۲ ⇒ ۸۸ pdf ⇒ { گروه 1
دیوار

توجه: با توجه به اینکه کاربری ساختمان داخلی است بنابراین بهتر است برای استفاده از انرژی حرارتی ساختمان عایق در خارج صورت گیرد

جدول ⇒ { مصالح حرارتی خارجی
EC
دیوار

⇒ $\hat{R} = 1.2$ دیوار مرجع

$R_1 < \hat{R}$ ⇒ طرح مردود است و باید اصلاح شود



ص ۲۱۸ ⇒ ۲۳۴ pdf ⇒ { پشم سنگ
$\rho = 80 kg/m^3$

⇒ $\lambda = 0.042$

$\hat{R} = R_t = R_1 + R_2 \Rightarrow 1.2 = 0.8 + R_2$

$\Rightarrow R_2 = 0.4$ $\quad R_2 = \frac{t}{\lambda} \Rightarrow t = R_2 \cdot \lambda$

$t = 0.4 \times 0.042 = 0.0168\ m = 1.68\ cm \Rightarrow 2.5\ cm$

۱۷- مشخصات یک پنجره سقفی به‌صورت زیر است. ضریب انتقال حرارت پنجره چند W/m^2K است؟
(دو جداره با شیشه‌های عادی، فاصله بین دوجداره 12 میلی‌متر پُر شده با هوا، قاب کشویی آلومینیومی با حرارت‌شکن (Thermal Break) بدون گواهینامه فنی)

۱) 4.2
۲) 3.7
۳) 4.0
۴) استفاده از این نوع شیشه برای این نوع قاب مجاز نیست.

- پنجره سقفی، شیشه عادی، فاصله 12 mm، پرشده با هوا، قاب کشویی، با حرارت شکن، بدون گواهی نامه، $U = ?$

جواب ۹۹

$U_{gl} = 3.4$ ⇐ هوا ۹۰٪، ضخامت ۱۲ mm، شیشه عادی — صفحه ۱۱۰ جدول ۲۴ / ۱۲۴pdf

$U_{fr} = 5$ ⇐ قاب فلزی، بدون گواهی نامه — صفحه ۱۱۲ / ۱۲۶pdf

$2.9 < U_{gL}$ ⇐ صفحه ۱۱۳ / ۱۲۷pdf

بررسی‌های از جدول ⇐ صفحه ۲۳۹ / ۲۵۶pdf جدول

متوسط ⇐ $U_{gl} = \frac{\sum U_{gL}}{n}$ ⇐ $U_{gl} = 2.05$ و $U_{fr} = \frac{\sum U_{fr}}{n} = 3.14$ صفحه ۱۱۵ / ۱۲۹pdf

فرمول $y_2 - y_1 = m(x_2 - x_1)$ ⇒ $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3.7 - 3.14}{2.9 - 2.05} = 0.66$

$y_2 = 3.7$ ، $x_2 = 2.9$ → بزرگترین مقدار جدول

$y_1 = 3.14$ ، $x_1 = 2.09$ → متوسط اعداد جدول

$y - y_1 = m(x - x_1) \Rightarrow y - 3.14 = 0.66(3.4 - 2.05)$

$\Rightarrow y = 4$

$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3.7 - 2.6}{2.9 - 1.7} = \frac{1.1}{1.7} = 0.64$

$y - y_2 = m(x - x_2) \Rightarrow y - 3.7 = 0.647(3.4 - 2.9)$

$y = 3.7 + 0.647(3.4 - 2.9) = 4.02$

$m = \frac{3.7 - 3.4}{2.9 - 1.2} = 0.647$

$\{x = 3.4, y = ?\} \Rightarrow y = 0.647(3.4 - 2.9) + 3.7 = 4.02$

$\{U_{fr} = 5, U_{gl}\}$

	U_{gl}
y_1	2.6
y_2	3.7
x_1	1.2
x_2	2.9

اولین عدد جدول

آخرین عدد جدول

بررسی‌ها با دقت کمتر

۲۰- حداقل عمق و عرض کانال موردنیاز برای دفن یک لوله فولادی گاز 3 اینچ با فشار 2 پوند بر اینچ مربع، به‌ترتیب چند سانتی‌متر می‌تواند باشد؟

۱) به‌ترتیب 110 و 50
۲) به‌ترتیب 105 و 50
۳) به‌ترتیب 110 و 45
۴) به‌ترتیب 105 و 45

حم ۱۷ ص ۱۰۶ مبحث ۱۲ pdf

حداقل عرض کانال = 40cm + قطر خارجی لوله

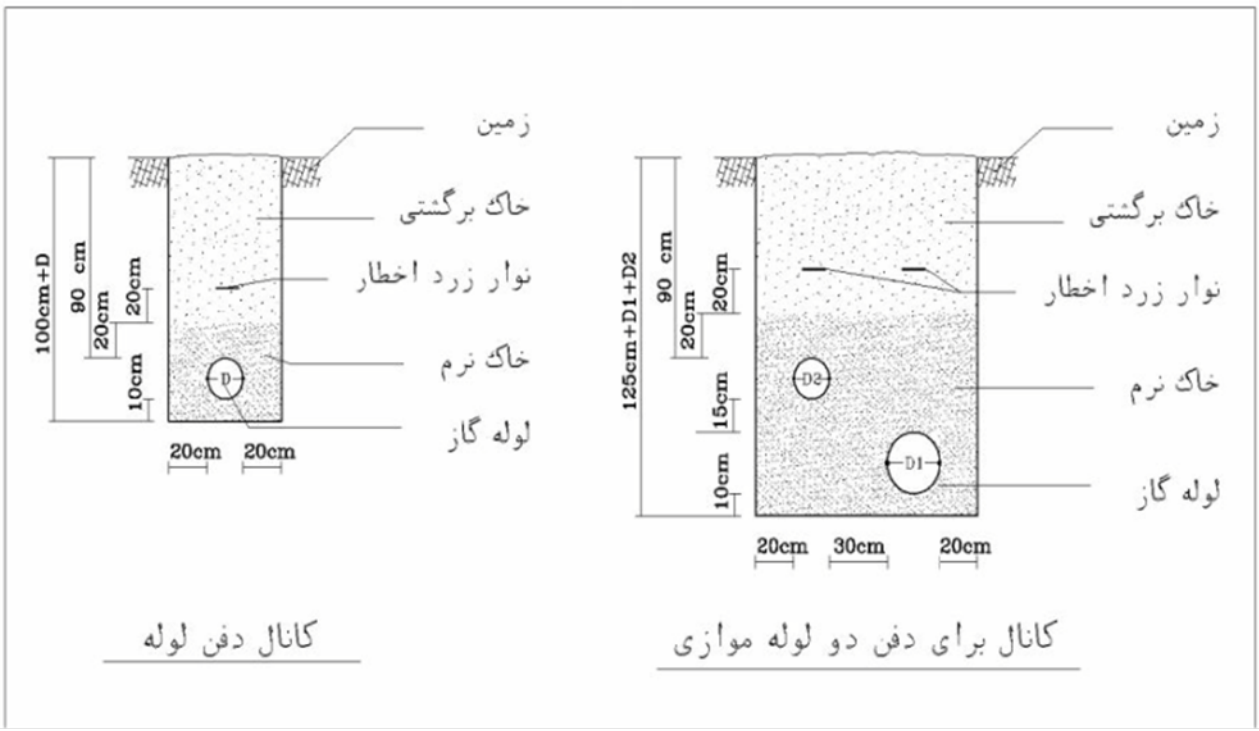
حداقل ارتفاع کانال = 100cm + قطر خارجی لوله

جدول پ-۴-۱ ص ۱۶۳ / ۱۷۹ pdf

$DN = 3'' \Rightarrow D_o = 3.5'' = 88.9\,mm = 8.89\,cm$

$W = 40 + 8.89 = 48.89\,cm \simeq 50\,cm$

$H = 100 + 8.89 = 108.89\,cm \simeq 110\,cm$



شکل شماره پ-۵-۱ ۱۷۳

۲۱- تفاوت پکیج‌های نوع B22 و B23 چیست؟

۱) محفظه احتراق پکیج B22 باز است ولی محفظه احتراق پکیج B23 بسته است.

۲) پکیج B22 فاقد کلاهک تعدیل است ولی پکیج B23 کلاهک تعدیل دارد.

۳) فن پکیج B22 بعد از مبدل حرارتی آن قرار دارد ولی فن پکیج B23 قبل از مبدل حرارتی آن نصب شده است.

۴) پکیج B22 دودکش‌دار است ولی پکیج B23 بدون دودکش است.

تقسیم بندی وسایل گازسوز:

	گروه A	گروه B	گروه C
هوای احتراق	از محل نصب دستگاه تامین می‌شود	از محل نصب دستگاه تامین می‌شود	از محل نصب دستگاه تامین نمی‌شود
دودکش	ندارند	دارند	دارند

مثال: اجاق گاز، بخاری، پکیج فن دار دودکش دوجداره

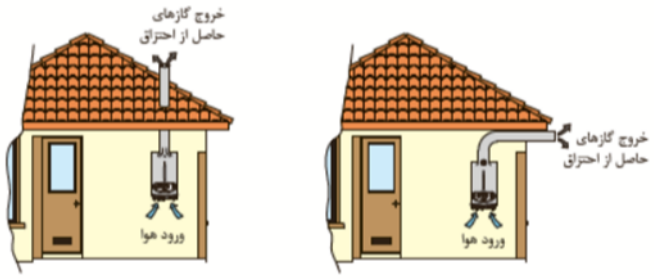
گروه A

این گروه مانند اجاق گاز، هوای لازم برای احتراق را از همان محل نصب دستگاه دریافت می کنند و دودکش هم نیاز ندارند. از اجاق گاز نباید برای گرمایش محیط استفاده کرد و فقط می بایست برای مدت کوتاهی جهت پخت و پز استفاده شود.

ظرفیت گرمایی این گروه کمتر ۱۱ کیلووات است.

گروه B

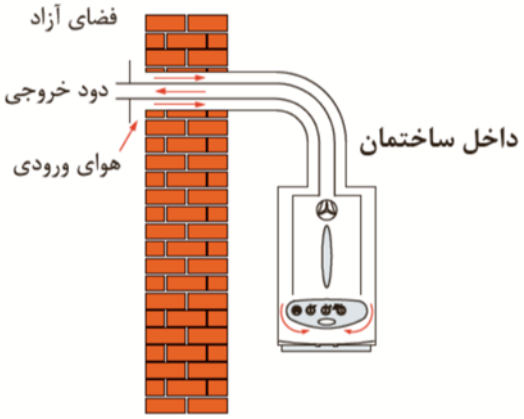
خود گروه B به دو گروه B_1 و B_2 تقسیم می شود. هر دو گروه هوای احتراق را از محل نصب دریافت می کنند و برای تخلیه گازهای حاصل احتراق یا دود به تجهیزات خاصی نیاز دارند. تفاوت گروه B_1 و B_2 در نوع این تجهیزات می باشد.گروه B_1 مانند آبگرمکن زمینی مجهز به کلاهک تعدیل می باشند. گروه B_2 نیازی به کلاهک تعدیل ندارند و می توانند از نوع فن دار یا بدون فن باشند(مانند آبگرمکن دیواری). در این گروه وجود دودکش الزامی است.



وسایل گازسوز فن دارگروه B_2

وسایل گازسوز گروه B

گروه C



این گروه از لوازم گازسوز هوای مورد نیاز برای احتراق را از محیط بیرون دریافت می کنند. و برای تخلیه دود گازهای احتراق به تجهیزات ویژهای نیاز دارند. گازهای حاصل از احتراق توسط فن بصورت اجباری بی محیط بیرون رانده می شود. هوای مورد نیاز احتراق هم از بیرون مکیده می شود.پکیج های گازی دیواری فن دار از نوع می باشند. این نوع پکیج ها زمانی که پکیج در هوای آزاد مانند تراس نصب شود و یا طول لوله افقی دودکش داخل ساختمان بیشتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، بصورت الزامی باید از نوع فن دار باشند. دودکش این پکیج ها دو جداره هستند. در برخی موارد مشاهده می شود توسط نصاب لوله مکش هوای بیرون اجرا نمی و دودکش بصورت تک جداره اجرا می شود. این کار پیشنهاد نمی گردد و خطرناک است.

طبقه بندی لوازم گازسوز بر اساس استاندارد اروپا به شکل

X– انجام می شود.حرف X یکی از حروف A،B،C است. در بالا توضیح داده شد و علامت های بعدی هر کدام مفهوم خاصی دارند.عدد اول بیانگر نوع تجهیزات دودکش، عدد دوم بیانگر فندار بودن و نبودن و محل قرارگیری فن است و علامت سوم نشان دهنده نوع دودکش و سنسور است.

عدد دوم	عدد اول	طبقه بندی
۱- بدون فن	۰ = بدون دودکش	لوازم گازسوز گروه A
۲- قرار داشتن فن بعد از مشعل		
۳- قرار داشتن فن قبل از مشعل		
٤- قرار داشتن فن بعد از کلاهک		

علامت سوم	عدد دوم	عدد اول	طبقه بندی
S = دارای سنسور دود	۱- بدون فن	۱- دارای کلاهک	لوازم گازسوز گروه B
	۲- قرار داشتن فن بعد از مشعل	۲- فاقد کلاهک	
	۳- قرار داشتن فن قبل از مشعل	۳- دارای محفظه محصور شده	
	٤- قرار داشتن فن بعد از کلاهک	۵- دارای دودکش شرکتی	

علامت سوم	عدد دوم	عدد اول	طبقه بندی
X = دارای دودکش دو جداره	۱- بدون فن	۱- دو لوله‌ای افقی متصل به دیوار جانبی	لوازم گازسوز گروه C
* = دارای دودکش دو لوله‌ای	۲- قرار داشتن فن بعد از مشعل	۲- دو لوله‌ای متصل به یک سمت داکت مشترک	
		۳- دو لوله‌ای عمودی به خارج	
S = دارای سنسور دود	۳- قرار داشتن فن قبل از مشعل	٤- هر لوله به یک طرف داکت	
		۵- دو سمت مختلف و مجزا وصل می‌شود	
	٤- قرار داشتن فن بعد از کلاهک	۸- هوا از بیرون و دود به دودکش ساختمان	

بطور مثال B22S یعنی وسیله گازسوزی از گروه B، دارای دودکش، تامین هوای لازم برای احتراق از محل نصب دستگاه، فاقد کلاهک تعدیل، محل قرارگیری فن بعد از مشعل و مجهز به سنسور دود

برگرفته از کتاب های شاخه فنی و حرفه ای

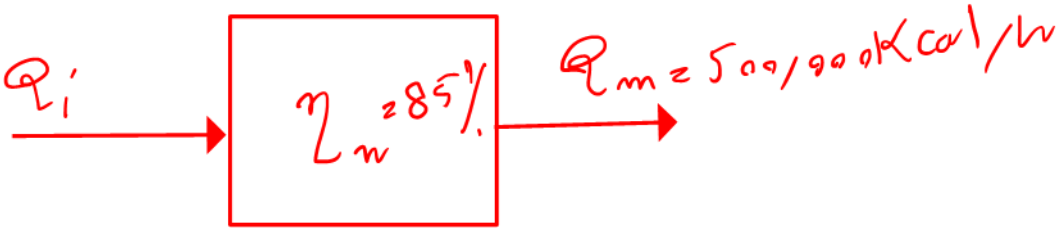
havadast.com/natural-gas-appliances/ گرفته شده از سایت

۲۳- تمام هوای احتراق یک مشعل گازوئیل‌سوز به‌ظرفیت 500 هزار کیلوکالری در ساعت و بازده 85% به‌صورت مکانیکی تامین می‌شود. حداقل دبی هوای موردنیاز چند مترمکعب در ساعت است؟

۱) 1409 ۲) 1657 ۳) 3314 ۴) 2818

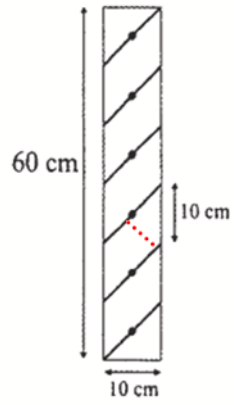
$$Q_i = \frac{Q_m}{\eta_m} = \frac{500{,}000\ Kcal/h}{0.85} = 588{,}235\ Kcal/h$$

$$V(m^3/hr) = \frac{Q_i}{355} = \frac{588{,}235}{355} = 1657\ m^3/hr$$



۳۰- شکل زیر مقطع یک دریچه ورود هوا (Louver) با 6 تیغه را نشان می‌دهد. سطح آزاد دریچه چند مترمربع است؟ (از ضخامت ورق‌های مورد استفاده برای ساخت دریچه و از درز بین تیغه‌ها و قاب دریچه در محاسبات صرف‌نظر می‌شود. اندازه پهنای دریچه (در جهت طول تیغه‌ها) 100 سانتی‌متر است)

نشریه ۳-۱۲۸ صفحه ۱۴۸



۱) 0.60

۲) 0.42

۳) 0.35

۴) 0.50

سطح آزاد = L [A+B+(NxC)]

که در آن :

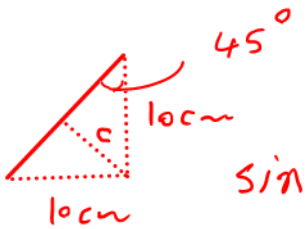
A = حداقل فاصله تیغه‌ها با قاب، در بالا

B = حداقل فاصله تیغه‌ها با قاب، در پایین

C = فاصله بین دو تیغه مجاور

N = تعداد تکرار فاصله بین دو تیغه (C)

L = طول تیغه



$\sin 45 = \frac{c}{10} \Rightarrow c = 10 \times \sin 45 = 10 \times 0.7 = 7\,cm = 0.07\,m$

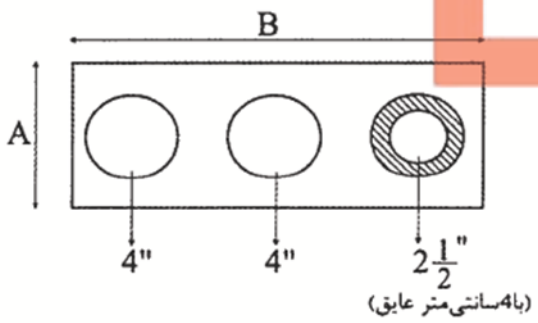
$N = 5$ فاصله (تعداد)

A و B طبق توضیحات صفحه صرف نظر شد.

$A' = L\,[A+B+(N \times C)] = 1m\,[0+0+(5 \times 0.07)]$

$= 0.35\ m^2$

۳۹- شکل زیر یک داکت عبور لوله را نشان می‌دهد. در صورتی‌که اتصالات لوله‌های 4 اینچ جوشی باشند، حداقل ابعاد داخلی A و B به‌ترتیب باید چند سانتی‌متر باشد؟



(با4سانتی‌متر عایق)

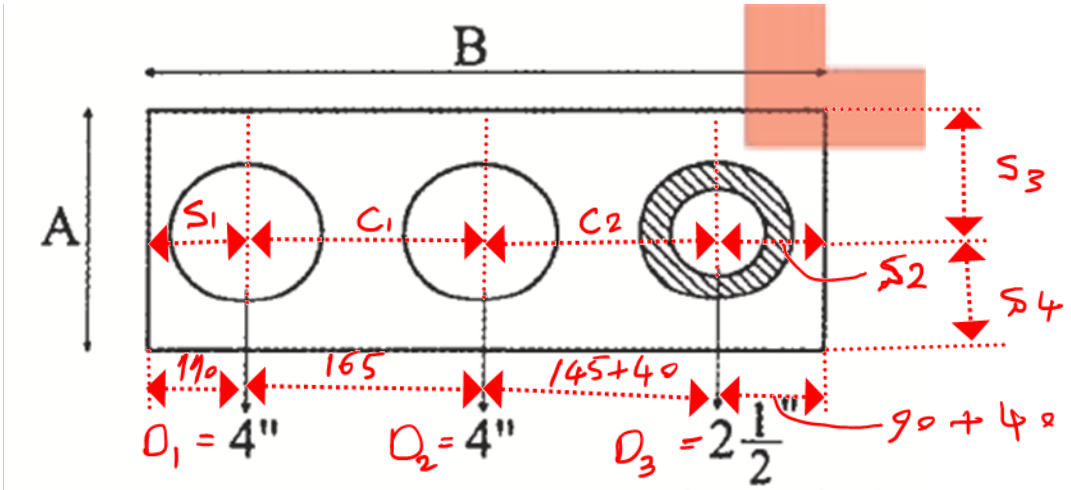
۱) 26 و 59

۲) 22 و 59

۳) 26 و 51

۴) 22 و 51

نشریه ۲-۶-۱۲۸ صفحه ۲۵ جدول



(با4سانتی‌متر عایق)

$\begin{cases} D_1 = 4" \\ D_2 = 4" \end{cases}$ → جدول → $C_1 = 165\ mm$, $S_1 = 110\ mm$

$\begin{cases} D_2 = 4" \\ D_3 = 2\frac{1}{2}" \end{cases}$ → جدول → $C_2 = 145\ mm$, $S_2 = 90\ mm$

$\Rightarrow B = 110 + 165 + 145 + 40 + 90 + 40 = 590\ mm = 59\ cm$

(40 عایق — 40 عایق)

$D_3 = 2\frac{1}{2}"$ → جدول → $S_3 = S_4 = 90 + 40 = 130\ mm = 13\ cm$

(40 عایق)

$A = S_3 + S_4 = 13 + 13 = 26\ cm$

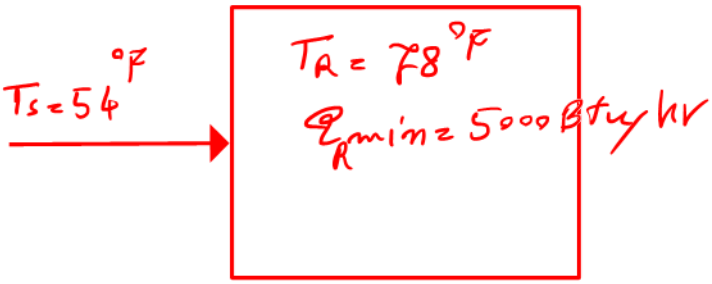
۴۰- تهویه مطبوع یک اتاق به‌وسیله یک دستگاه ترمینال حجم متغیر (VAV Box) صورت می‌گیرد. حداکثر هوادهی دستگاه 750 فوت‌مکعب در دقیقه و حداقل هوای قابل تنظیم 210 فوت‌مکعب در دقیقه است. اگر بار سرمایی اتاق از مقدار حداکثر به 5000 بی‌تی‌یو در ساعت کاهش یابد، حجم هوای کاهش‌یافته چند فوت‌مکعب در دقیقه است؟ (دمای ترموستات اتاق 78 درجه فارنهایت، دمای هوای خروجی از دستگاه 54 درجه فارنهایت و شرایط در سطح دریا است)

۱) 400 ۲) 192 ۳) 250 ۴) 210

$\dot{V}_{max} = 750\ cfm$ $\quad \dot{Q}_{Rmin} = 5000\ Btu/hr$ ، $\Delta\dot{V} = ?$

$\dot{V}_{min} = 210\ cfm$ $\quad T_R = 78^\circ F$ ، $T_S = 54^\circ F$ ، سطح دریا

$\dot{Q}_S = 1.08 \times cfm \times \Delta T \propto \gamma$



$$cfm = \frac{\dot{Q}_S}{1.08\,(T_R - T_S)} = \frac{5000}{1.08\,(78-54)} = 192.9\ cfm$$

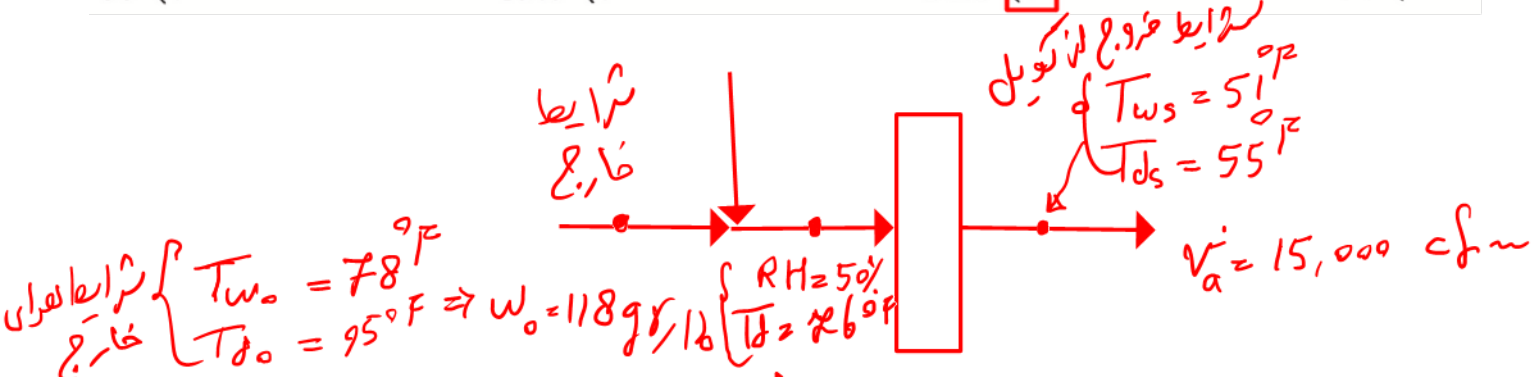
$\Rightarrow \Delta\dot{V} = 192.9\ cfm < 210 \Rightarrow 210\ cfm$

۴۱- شرایط کارکرد یک کویل سرمایی عبارتست از: حذف سازمان

- شرایط هوای خارج: 95°FDB/78°FWB
- شرایط هوای ورود به کویل سرمایی: 76°FDB/50%RH
- شرایط هوای خروج از کویل سرمایی: 55°FDB/51°FWB
- مقدار هوای عبوری: 15,000 فوت‌مکعب در دقیقه

مقدار رطوبت خروجی به‌صورت چگالیده در سطح دریا چند گالن در ساعت است؟

۱) 38 ۲) 31.5 ۳) 13.5 ۴) 55



شرایط هوای ورودی به کویل

شرایط هوای ورودی به کویل $\begin{cases} T_d = 76^{\circ}F \\ RH = 50\% \end{cases}$ $\xrightarrow{\text{سایکرومتریک}} \Rightarrow w_1 = 67.2$ gr/lb

شرایط هوای خروجی از کویل $\begin{cases} T_{d_s} = 55^{\circ}F \\ T_{ws} = 51^{\circ}F \end{cases}$ $\xrightarrow{\text{سایکرومتریک}} \Rightarrow w_2 = 49.3$ gr/lb

$1 lb = 7000$ grain ، $\rho_{هوا} = 0.075$ lb/ft³

$\Delta w = w_1 - w_2 = 67.2 - 49.3 = 17.9$ gr/lb

$\dot{m}_s = \Delta w \times \dot{V} \times \rho = 17.9 \frac{gr}{lb} \times 15000 \frac{ft^3}{min} \times 0.075 \frac{lb}{ft^3} \times$

$\times \frac{lb}{7000 gr} = 2.87$ lb/min $\times$ 60 min $= 172.6$ lb/hr

1 gal — 8.33 lb

x — 172.6 lb/hr

$\Rightarrow x = \frac{172.6}{8.33} = 20.7$ gph

۴۲- یک فن سانتریفیوژ با سرعت 1750 دور در دقیقه، در سیستم کانال‌کشی با افت فشار استاتیک 1.5 اینچ ستون آب دارای هوادهی 2500 فوت مکعب در دقیقه است. اگر با افزایش دور فن، مقدار هوادهی تا 3000 فوت‌مکعب در دقیقه افزایش یابد، فشار استاتیک سیستم در حالت جدید چند اینچ ستون آب است؟

۱) 1.8 ۲) 2.59 ۳) 2.16 ۴) 2.4

$n_1 = 1750$

$h_1 = 1.5\ inH_2O$

$\dot{V}_1 = 2500\ cfm$

$\dot{V}_2 = 3000\ cfm$

$h_2 = ?$

$$\begin{cases} \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} = \frac{N_2}{N_1} \\ \frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow$$

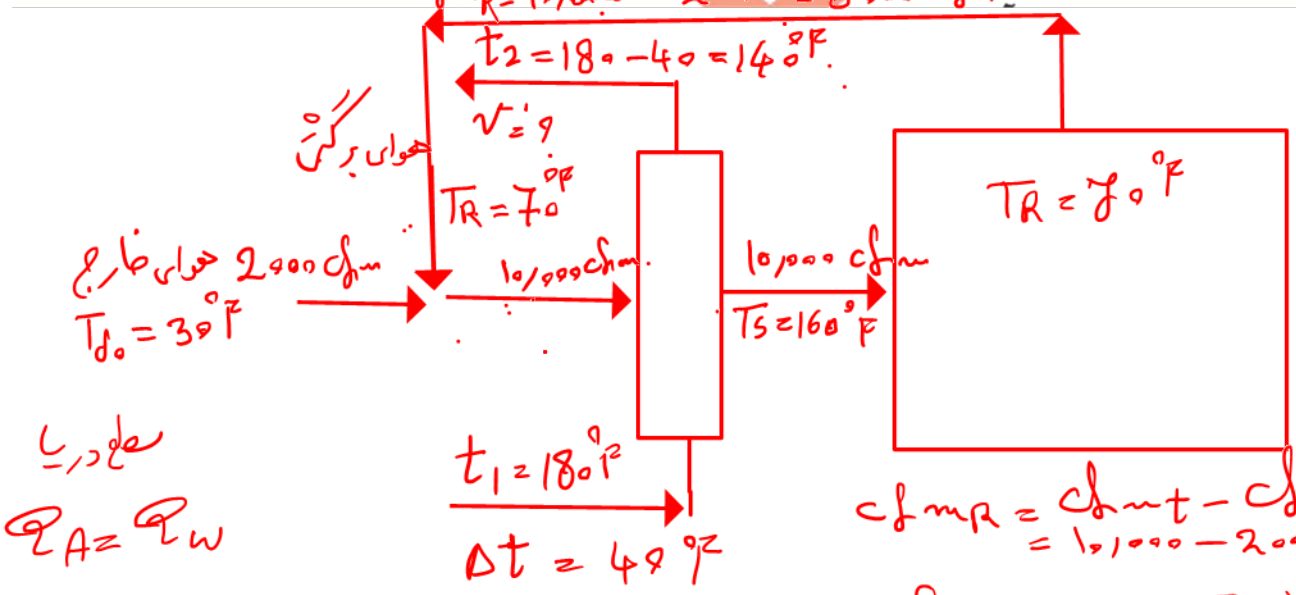
$$\Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}\right)^2 \Rightarrow h_2 = h_1 \times \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}\right)^2 = 1.5 \times \left(\frac{3000}{2500}\right)^2$$

$h_2 = 2.16\ inH_2O$

۴۳- مقدار جریان آب گرم‌کننده در یک کویل گرمایی با شرایط کارکرد زیر در سطح دریا باید چند گالن در دقیقه باشد؟

- مقدار هوای عبوری: 10,000 فوت‌مکعب در دقیقه
- مقدار هوای خارج: 2000 فوت‌مکعب در دقیقه
- دمای هوای خارج: 30 درجه فارنهایت
- دمای هوای اتاق: 70 درجه فارنهایت
- دمای هوای خروجی از کویل: 160 درجه فارنهایت
- دمای آب گرم ورودی به کویل: 180 درجه فارنهایت
- افت دمای آب در کویل: 40 درجه فارنهایت

۱) 53 ۲) 106 ۳) 126 ۴) 26



$Q_A = Q_W$

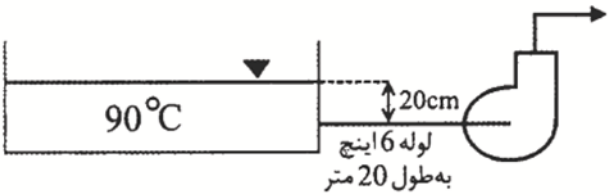
$cfm_R = cfm_t - cfm_o = 10,000 - 2000 = 8000\ cfm$

$$Q_s = 1.08 \times cfm_o \times (T_s - T_o) + 1.08 \times cfm_R \times (T_s - T_R)$$

$$Q_s = 1.08 \times 2000 \times (160 - 30) + 1.08 \times 8000 \times (160 - 70) = 1,058,400\ Btu/hr$$

$$\dot{V} = \frac{Q_W}{500\,\Delta T} = \frac{1,058,400}{500 \times 40} = 52.92\ gpm$$

۴۴- در یک سیستم پمپاژ آب گرم با دمای 90 درجه سلسیوس (مطابق شکل)، اگر نرخ افت فشار جریان در لوله 6 اینچ 1.5% و افت فشار در دهانه لوله خروجی از مخزن 1 مترستون آب باشد، NPSHa (Available) پمپ چند متر ستون آب است؟ (فشار جو در سطح دریا فرض شود. فشار بخار آب در دمای 90 درجه سلسیوس را 70 کیلوپاسکال در نظر بگیرید)



۱) 1.5
۲) 1.9
۳) 2.9
۴) به مشخصات پمپ بستگی دارد.

$$NPSHA = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho g}$$

$$P_0 = \rho g h_0 \;,\; h_0 = h_{st} + h_{atm} - h_L \;,\; \begin{cases} h_{st} = 0.2\ m \\ h_{atm} = 10\ m \\ h_L = J \times L + h_m \\ J = 1.5\,\% \end{cases}$$

$$h_L = J \times L + h_m = \frac{1.5}{100} \times 20 + 1 = 1.3\ m$$

افت فشار خروجی مخزن

$$NPSHA = \frac{(0.2 + 10 - 1.3) \times \rho g}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{70000\ Pa}{1000 \times 10}$$

سرعت نظر

$$NPSHA = 8.9 - J = 1.9\ m$$

۴۵- در یک سردخانه با دمای داخلی 40 درجه فارنهایت، 10 نفر کارگر مشغول کار هستند. 10 موتور الکتریکی هر یک با توان 0.75 کیلووات به طور هم‌زمان در داخل سردخانه در حال کار است. بار گرمایی منابع فوق تقریباً چند کیلووات است؟ (راندمان موتورها را 75 درصد فرض کنید)

۱) 45 ۲) 15 ۳) 25 ۴) 12.5

$$Q_i = \frac{\Sigma Q}{\eta} = \frac{10 \times 0.75}{0.75} = 10\,Kw$$

$$Q_p = n \times q = 10 \times 250 = 2500\,W = 2.5\,Kw$$

بار حرارتی در اثر نفرات حاضر در سردخانه

$$Q_t = Q_i + Q_p = 10 + 2.5 = 12.5\,Kw$$

۴۶- شرایط عملکرد هوارسان یک سالن در سطح دریا به‌شرح زیر است:

- بار سرمایی محسوس اتاق: 90,000 بی‌تی‌یو در ساعت
- بار سرمایی نهان اتاق: 40,000 بی‌تی‌یو در ساعت
- مقدارهوادهی: 3600 فوت‌مکعب در دقیقه که 700 فوت‌مکعب در دقیقه از آن هوای خارج است.
- شرایط هوای خارج: 92°FDB/76°FWB
- شرایط هوای داخل: 78°FDB/45%RH

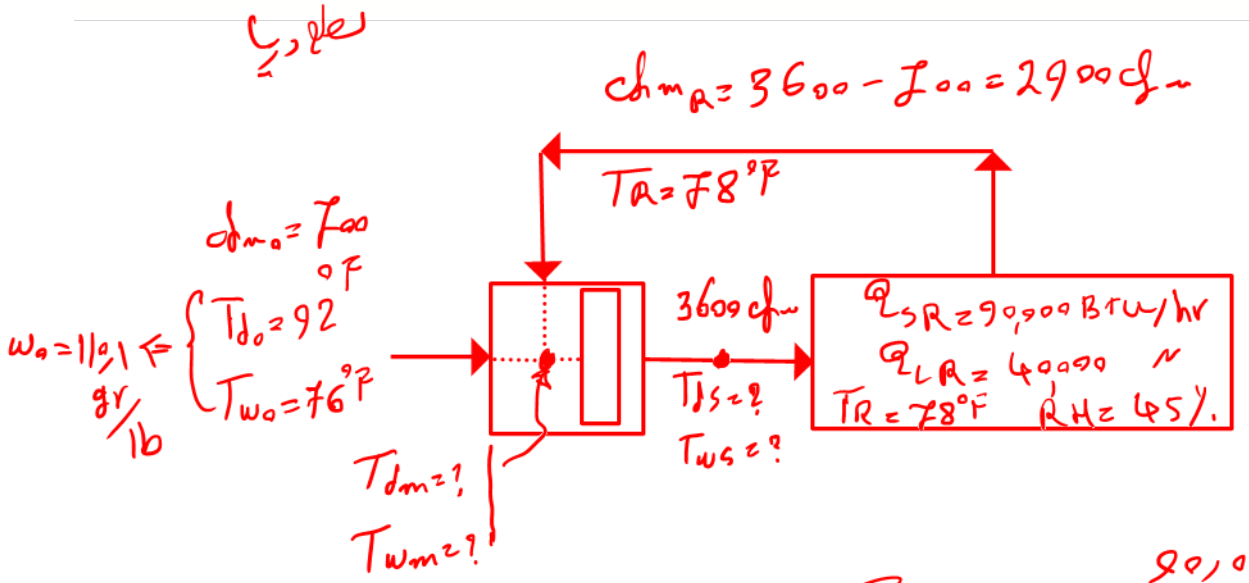
شرایط کاری کویل سرمایی هوارسان عبارتست از:

۱) خروج: 55°FDB/47°FWB – ورود: 78°FDB/63°FWB

۲) خروج: 55°FDB/51°FWB – ورود: 80.7°FDB/66°FWB

۳) خروج: 55°FDB/54°FWB – ورود: 80.7°FDB/66°FWB

۴) خروج: 92°FDB/76°FWB – ورود: 55°FDB/53°FWB



$$Q_{SR} = 1.08 \times cfm_t \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_{SR}}{1.08 \times cfm} = \frac{90,000}{1.08 \times 3600} = 23.16 \ ^\circ F$$

$$\Rightarrow \Delta T = t_R - t_{ds} \Rightarrow t_{ds} = t_R - \Delta t = 78 - 23.16 = 54.85 \ ^\circ F \simeq 55 \ ^\circ F$$

$$Q_{LR} = 0.68 \times cfm_t \times \Delta w \Rightarrow \Delta w = \frac{40,000}{0.68 \times 3600} = 16.33 \ gr/lb$$

$\begin{cases} T_R = 78°F \\ RH = 45\% \end{cases}$ ← نمودار سایکرومتریک ← $W_R = 64.5 \ gr/lb$ ، $\Delta w = W_R - W_s \Rightarrow$

$W_s = W_R - \Delta w = 64.5 - 16.33 = 48.2 \ gr/lb$

$\begin{cases} T_{ds} = 55 \ ^\circ F \\ w_s = 48.2 \ gr/lb \end{cases} \longrightarrow T_{ws} = 50.7 \ ^\circ F \simeq 51 \ ^\circ F$

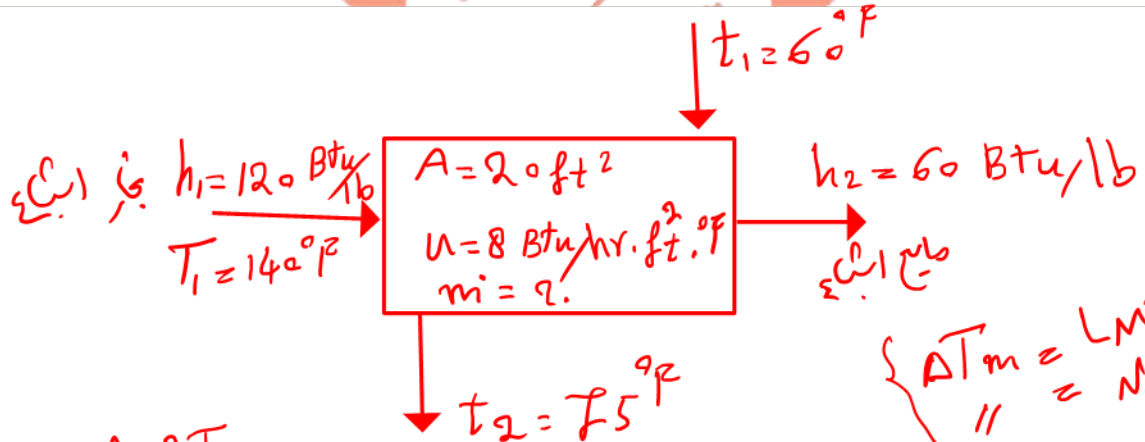
$$T_{dm} = \frac{cfm_0 \times T_{d0} + cfm_R \times T_R}{cfm_t} = \frac{700 \times 92 + 2900 \times 78}{3600} = 80.72\ ^{\circ}F$$

$$W_m = \frac{cfm_0 \times w_0 + cfm_R \times w_R}{cfm_t} = \frac{700 \times 11.1 + 2900 \times 64.5}{3600} = 73.36\ gr/lb$$

$$\begin{cases} T_{dm} = 80.72\ ^{\circ}F \\ w_m = 73.36\ gr/lb \end{cases} \rightarrow T_{wm} = 66.19\ ^{\circ}F$$

۴۷- کندانسور یک سیکل تبرید، با سطح انتقال حرارت 20 فوت‌مربع، برای چگالش (به‌صورت فشار ثابت) گاز اشباع R-134a با دمای 140 درجه فارنهایت و آنتالپی120 بی‌تی‌یو بر پوند به مایع اشباع با آنتالپی 60 بی‌تی‌یو بر پوند مورد استفاده قرار گرفته است. اگر دمای آب خنک‌کننده ورودی 60 درجه فارنهایت، دمای آب خروجی 75 درجه فارنهایت و ضریب انتقال حرارت کلی کندانسور $8\ Btu/hr/ft^2{}^\circ F$ باشد، دبی جرمی گاز مبرد چند پوند در ساعت است؟

۱) 192 ۲) 21 ۳) 42 ۴) 96



$$Q_m = U \cdot A \cdot \Delta T_m \quad \text{(میزان انتقال حرارت مبرد)}$$

$$Q_A = \dot{m} h_{fg} \quad \text{(گرمای گرفته شده از مبرد برابر با گرمای داده شده به آب)}$$

$$Q_m = Q_A$$

$$\dot{m} h_{fg} = U \cdot A \cdot \Delta T_m = U \cdot A \cdot (T_R - T_w)$$

(T_R: دمای مبرد، T_w: دمای متوسط آب)

$$T_w = \frac{75 + 60}{2} = 67.5^\circ F$$

$$\dot{m}(120 - 60) = 8 \times 20 \times (140 - 67.5) = 11{,}600\ Btu/hr$$

$$\dot{m} = \frac{11{,}600}{60} = 193.3\ lb/hr$$

۴۸- در احتراق کامل C_9H_{18} بدون هوای اضافه، مقدار آب در محصولات احتراق چند درصد جرمی است؟

۱) 10.7 ۲) 5.8 ۳) 8.2 ۴) 13.1

معادله احتراق نوشته شده و موازنه می‌شود. (استوکیومتری) هوا

$$C_9H_{18} + x_1(0.21O_2 + 0.79N_2) \longrightarrow x_2CO_2 + x_3H_2O + x_4N_2$$

$x_2 = 9$ ، $x_3 = 9$ ، $x_1 = \frac{27}{0.42} = 64.29$ ، $x_4 = 64.29 \times 0.79 = 50.79$

$$C_9H_{18} + 64.29(0.21O_2 + 0.79N_2) \longrightarrow 9CO_2 + 9H_2O + 50.79N_2$$

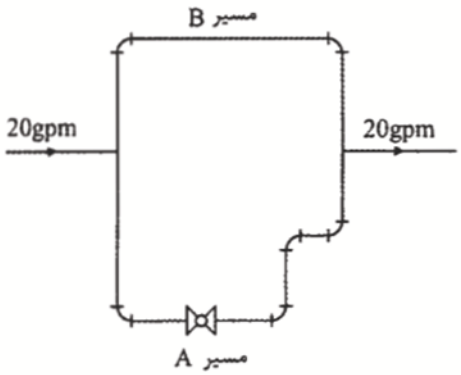
جرم مولکولی آب

$$\frac{M_{H_2O}}{M_t} = \frac{9 \times (1\times2 + 16)}{9(12+16\times2) + 9(1\times2+16) + 50.79(14\times2)} = 0.0818$$

جرم مولکولی کل

$\Rightarrow 8.18\,\%$

۴۹- آب با دمای 60 درجه فارنهایت و دبی 20 گالن در دقیقه وارد لوله‌کشی شامل دو مسیر A و B (مطابق شکل) می‌شود. طول لوله مسیر B برابر 80 فوت و طول لوله مسیر A برابر 100 فوت است. تمام لوله‌ها 1 اینچ هستند. اگر طول معادل هر زانوی 90 درجه، 5.2 فوت و طول معادل شیر 29 فوت باشد، مقدار جریان در مسیر A تقریباً چند گالن در دقیقه است؟



۱) 4.9

۲) 5.2

۳) 8.8

۴) 7.5

توجه:

- در مسیرهای موازی سرعت‌ها هم برابرند ولی دبی‌ها با هم متفاوت هستند
- در مسیرهای سری دبی‌ها هم برابرند ولی سرعت‌ها با هم متفاوت هستند

$L_{eB} = 80 + 2 \times 5.2 = 90.4\ ft$

$L_{eA} = 100 + 4 \times 5.2 + 29 = 149.8\ ft$

$h_{L_B} = f \frac{L_B}{D} \cdot \frac{V_B^2}{2g}$ ، $h_{L_A} = f \frac{L_A}{D} \cdot \frac{V_A^2}{2g}$

$Q_B = V_B \cdot A$ ، $Q_A = V_A \cdot A$ ، $Q_A + Q_B = 20$

$V_A \cdot A + V_B \cdot A = 20$ ①

$h_{L_A} = h_{L_B} \Rightarrow f \frac{L_B}{D} \cdot \frac{V_B^2}{2g} = f \frac{L_A}{D} \cdot \frac{V_A^2}{2g}$

$L_A \cdot V_A^2 = L_B V_B^2$ ②

$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = \frac{1^2 \times 3.14}{4} = 0.785$

$$\begin{cases} 0.785 V_A + 0.785 V_B = 20 \\ 149.8 V_A^2 = 90.4 V_B^2 \Rightarrow V_B = \sqrt{\frac{149.8}{90.4}} \cdot V_A \end{cases}$$

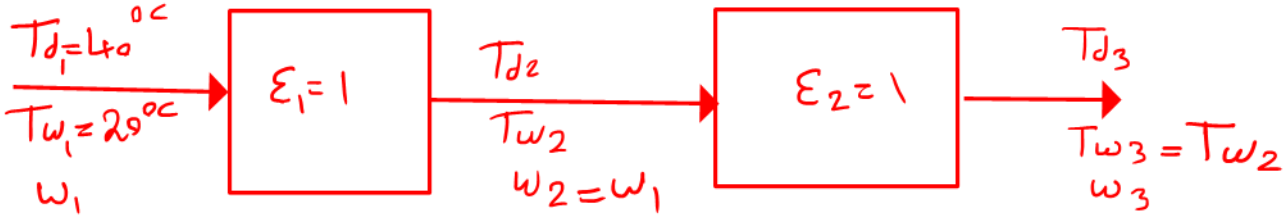
$V_B = 1.28 V_A \Rightarrow 0.785 V_A + 0.785 \times 1.28 \times V_A = 20$

$$V_A = \frac{20}{0.785 + 1.28 \times 0.785} = 11.17$$

$$V_A' = 11.17 \times 0.785 = 8.8$$

۵۰- دمای خشک هوای محیط خارج 40°C، دمای حباب تر آن 20°C و ارتفاع محیط همسطح دریا است. در صورت استفاده از سیستم تبخیری دو مرحله‌ای (غیرمستقیم – مستقیم)، دمای هوای خروجی از سیستم چند درجه سلسیوس است؟ (همه مراحل سیستم تبخیری را ایده‌آل فرض کنید)

۱) 10 ۲) 20 ۳) 7.5 ۴) 13



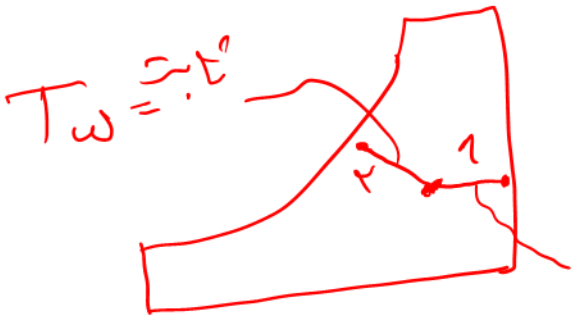
- در سیستم تبخیری غیرمستقیم نم رطوبت ثابت است
- در سیستم تبخیری مستقیم دما مرطوب ثابت است
- فرض ایده‌آل یعنی بازده ۱۰۰٪

$$\varepsilon_1=\frac{T_{d_1}-T_{d_2}}{T_{d_1}-T_{w_1}} \Rightarrow 1=\frac{40-T_{d_2}}{40-20} \Rightarrow T_{d_2}=40-20=20^{oC}$$

$$\begin{cases} T_{d_1}=40^{oC}=104^{oF} \\ T_{w_1}=20^{oC}=68^{oF} \end{cases} \xrightarrow{\text{سایکرومتریک}} w_1=45.2\ gr/lb$$

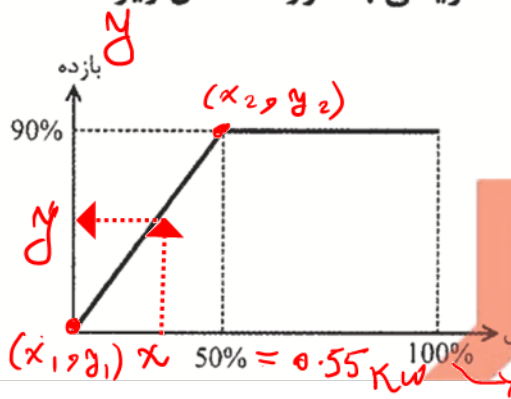
$$\begin{cases} T_{d_2}=20^{oC}=68^{oF} \\ w_1=w_2=45.2\ gr/lb \end{cases} \xrightarrow{\text{سایکرومتریک}} T_{w_2}=55.34^{oF}$$

$$\varepsilon_2=\frac{T_{d_2}-T_{d_3}}{T_{d_2}-T_{w_2}} \Rightarrow 1=\frac{68^{oF}-T_{d_3}}{68-55.34} \Rightarrow T_{d_3}=55.34^{oF}=12.96^{oC}=13^{oC}$$



۱- غیرمستقیم
۲- مستقیم

۵۱- یک فن گریز از مرکز دارای موتور الکتریکی با حداکثر توان خروجی 1.1 کیلووات است. فن به‌صورت آزاد (Free) با سرعت 1000 دور در دقیقه کار می‌کند. در این حالت توان مصرفی موتور الکتریکی 1 کیلووات است. اگر سرعت فن تا 750 دور در دقیقه کاهش یابد، توان مصرفی موتور الکتریکی چند کیلووات خواهد بود؟ (نمودار بازده موتور الکتریکی به‌صورت شکل زیر است)



۱) 0.611

۲) 0.380

۳) 0.422

۴) 0.750

$P_{oa} = \frac{P_{ot}}{\eta}$

واقعی $P_{oa} = 1\,kw \Rightarrow$ تئوری $P_{ot} = 1 \times 0.9 = 0.9\,kw$

تئوری $\frac{P_{o2}}{P_{o1}} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = \left(\frac{750}{1000}\right)^3 = 0.42 \Rightarrow P_{o2} = 0.42 \times P_{o1}$

توان مصرفی تئوری $= 0.42 \times 0.9 = 0.378\,kw$

با توجه به اینکه توان خروجی کمتر از 0.55 kw است پس راندمان کمتر از 90 درصد است پس باید به صورت خطی برسد آید.

$y - y_1 = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) \Rightarrow y - 0 = \frac{0.9 - 0}{0.55 - 0}(0.378 - 0)$

$\Rightarrow y = 0.62$

$\Rightarrow$ توان مصرفی واقعی $= \frac{0.378}{0.62} = 0.61\ kw$

۵۲- یک سیستم سرمایشی با کندانسور هوایی جدا (Remote Air-cooled Condenser) با مبرد R-22 در دمای اواپراتور 40 درجه فارنهایت و دمای کندانس 105 درجه فارنهایت دارای ظرفیت واقعی 5 تن تبرید است. اگر طول معادل خط مایع 100 فوت باشد، اندازه لوله خط مایع حداقل باید چند اینچ باشد تا افت اصطکاکی دمای اشباع مبرد از 1 درجه فارنهایت بیشتر نشود؟ (لوله خط مایع مسی نوع L است)

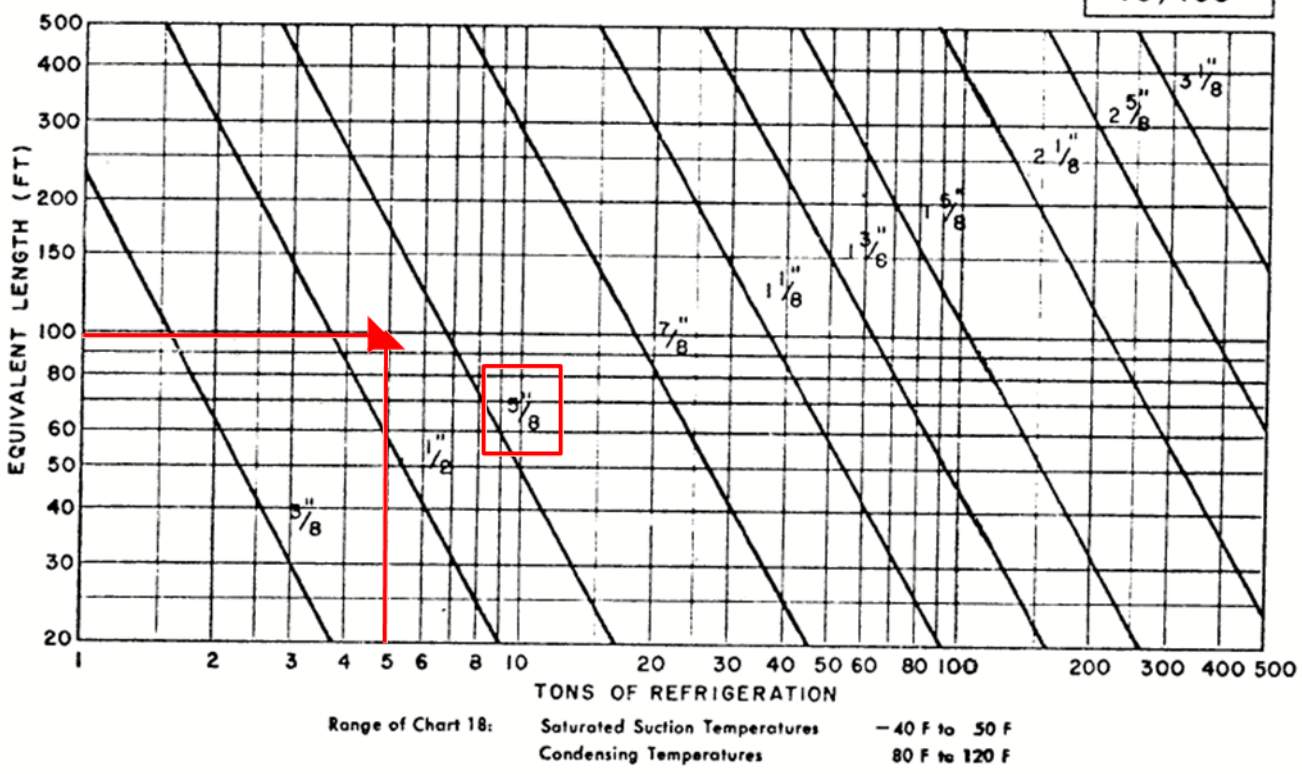
۱) $\frac{1}{2}$

۲) $\frac{5}{8}$

۳) $\frac{7}{8}$

۴) به افقی یا عمودی بودن خط مایع بستگی دارد.

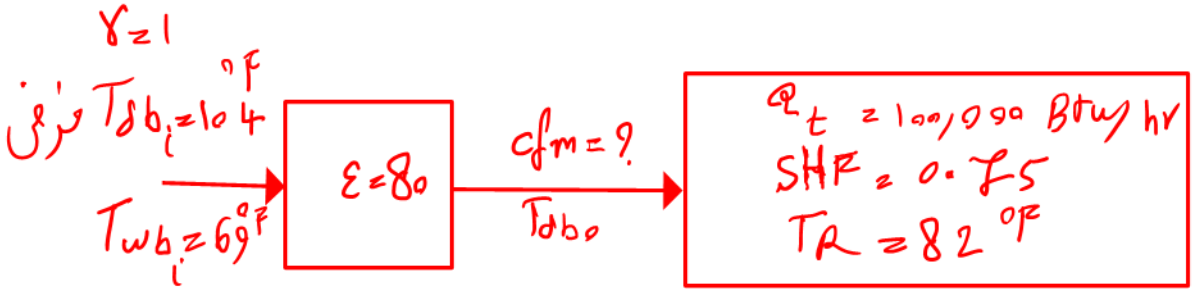
نمودار ۱۸ــ خطوط مایع ــ لولهٔ مسی
برای افت فشار مربوط به ۱ F



۵۳- بار سرمایی کل یک اتاق 100,000 بی‌تی‌یو در ساعت و نسبت بار محسوس آن 0.75 است. شرایط طرح خارج دمای خشک ~~10~~ 104 درجه فارنهایت و دمای تر 69 درجه فارنهایت و شرایط طرح داخل دمای خشک 82 درجه فارنهایت است. در صورت استفاده از سیستم تبخیری مستقیم با بازده تبخیر 80%، هوادهی دستگاه باید چند فوت‌مکعب در دقیقه باشد؟ (ارتفاع محیط هم سطح دریا است)

Fail

۱) 15,430 ۲) 11,570 ۳) 12,860 ۴) 17,150



$$\varepsilon=\frac{T_{db_i}-T_{db_o}}{T_{db_i}-T_{wb_i}} \Rightarrow 0.8=\frac{104-T_{db_o}}{104-69} \Rightarrow$$

$$T_{db_o}=104-0.8(104-69)=76^{\circ}F$$

$$SHF=\frac{Q_s}{Q_t} \Rightarrow Q_s=0.75\times 100,000=75,000 \text{ Btu/hr}$$

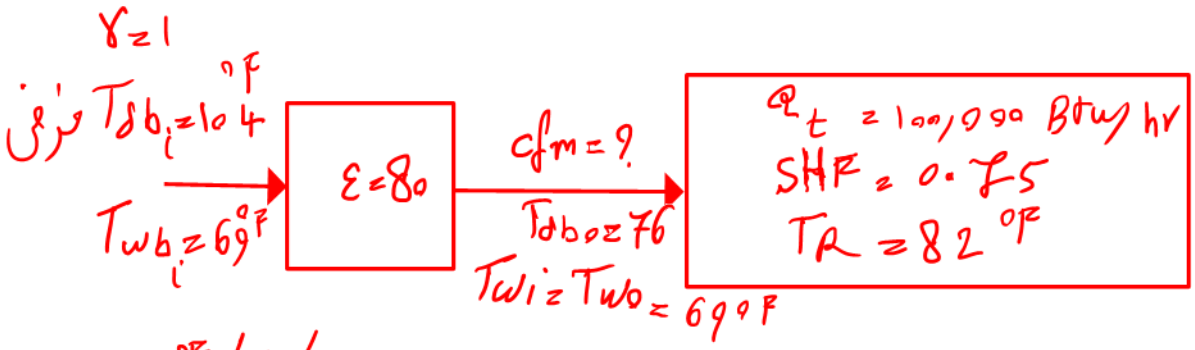
$$cfm=\frac{Q_s}{1.08\times(T_R-T_s)\times\gamma}=\frac{75,000}{1.08\times(82-76)\times 1}$$

$$=11,574 \text{ cfm}$$

Fail

۵۴- در مسئله قبل، رطوبت نسبی نهایی اتاق تقریباً چند درصد است؟

۱) 70 ۲) 50 ۳) 60 ۴) 80



$\begin{cases} T_{do}=76^{\circ}F \\ T_{wo}=69^{\circ}F \end{cases}$ سایکرومتریک $\rightarrow w_o = 100$ gr/lb

$Q_t = Q_s + Q_L \Rightarrow Q_L = 100{,}000 - 75{,}000 = 25000$ Btu/hr

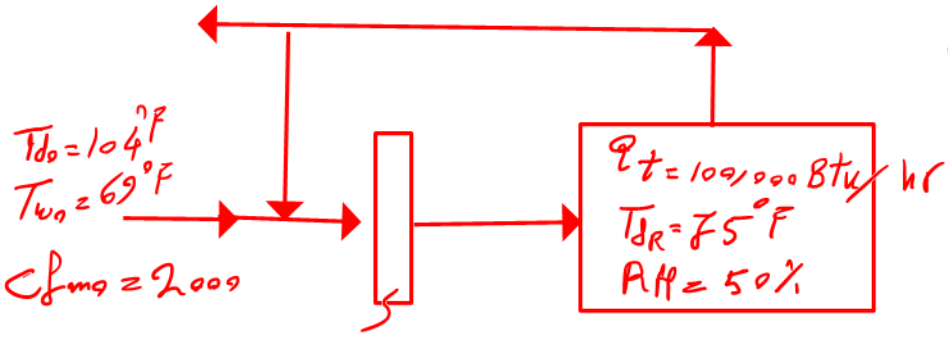
$Q_L = 0.68 \times cfm \times \Delta w \Rightarrow \Delta w = \frac{25{,}000}{0.68 \times 11{,}750} = 3.17$ gr/lb

$w_R = 100 + 3.17 = 103.17$

$\begin{cases} T_R = 82^{\circ}F \\ w_R = 103.17 \end{cases}$ P_s سایکرومتریک $\rightarrow RH = 60\%$

۵۷- بار سرمایی کل یک اتاق 100,000 بی‌تی‌یو در ساعت و نسبت بار محسوس 0.75 است. شرایط طرح خارج دمای خشک 104 درجه فارنهایت و دمای تر 69 درجه فارنهایت و شرایط طرح داخل دمای خشک 75 درجه فارنهایت و رطوبت نسبی 50 درصد است. حداقل دبی هوای تازه مورد نیاز 2000 فوت‌مکعب در دقیقه است. اگر ضریب کنارگذر (Bypass Factor) دستگاه تهویه مطبوع مورد استفاده 0.1 باشد، هوادهی دستگاه باید تقریباً چند فوت‌مکعب در دقیقه باشد؟ (ارتفاع محیط همسطح دریا است)

۱) 3350 ۲) 2000 ۳) 4100 ۴) 4900



محفظه رطوبت $\gamma=1$

$RSHF=0.75$

$BF=0.1$

$cfm_t=?$

$$RSHF=\frac{RSH}{ASH+RLH}=\frac{RSH}{RTH}\Rightarrow 0.75=\frac{RSH}{100,000}\Rightarrow RSH=75,000$$

$$RLH=100,000-75,000=25,000\ Btu/h$$

$$ERSF=\frac{ERSH}{ERSH+ERLH}$$

$$ERSH=RSH+BF\times oASH$$

$$ERLH=RLH+BF\times oALH$$

Btu/h

$$oASH=1.08\times cfm_o\times(T_{do}-T_{dr})=1.08\times 2000\times(104-75)=62640$$

$T_{do}=104^{\circ}F$, $T_{wo}=69^{\circ}F \Rightarrow w_o=50.4\ gr/lb$

$T_{dr}=75^{\circ}F$, $RH=50 \Rightarrow w_R=64.9\ gr/lb$

$$oALH=0.68\times cfm_o\times(w_R-w_o)=0.68\times 2000\times(64.9-50.4)=1972\ \frac{Btu}{hr}$$

$$ERSH=75,000+0.1\times 62640=81264\ Btu/hr$$

$$ERLH=25000+0.1\times 1972=26972\ \ //$$

$$ERSHF = \frac{81,264}{81,264 + 26,972} = 0.7508$$

	20	53.2	25.7	ESHF	1.00	.98	.96	.94	.92	.90	.89		
				ADP	31.5	30	28	26	24	22	20		
	25	54.8	32.1	ESHF	1.00	.95	.92	.90	.88	.86	.84		
				ADP	36.9	34	32	30	28	25	21		
	30	56.5	38.5	ESHF	1.00	.97	.93	.90	.87	.85	.82	.80	.79
				ADP	41.4	40	38	36	34	32	28	24	20
	35	58.1	45.2	ESHF	1.00	.96	.91	.87	.84	.80	.78	.76	.75
				ADP	45.5	44	42	40	38	34	31	27	22
	40	59.6	51.8	ESHF	1.00	.96	.89	.84	.81	.79	.76	.73	.71
				ADP	49.1	48	46	44	42	40	37	32	24
75	45	61.1	58.2	ESHF	1.00	.94	.87	.81	.77	.75	.72	.69	.67
				ADP	52.2	51	49	47	45	43	40	35	21
	50	62.6	65.0	ESHF	1.00	.92	.84	.78	.74	.71	.69	.66	.64
				ADP	55.2	54	52	50	48	46	44	40	34
	55	64.0	71.5	ESHF	1.00	.94	.87	.78	.73	.69	.65	.63	.61
				ADP	57.8	57	56	54	52	50	47	44	39
	60	65.3	77.9	ESHF	1.00	.90	.77	.71	.66	.63	.61	.59	.58
				ADP	60.1	59	57	55	53	51	49	46	43
	65	66.7	84.8	ESHF	1.00	.84	.72	.65	.61	.59	.57	.55	.54
				ADP	62.4	61	59	57	55	53	51	48	44
	70	68.0	91.2	ESHF	1.00	.80	.73	.68	.61	.57	.54	.52	.51
				ADP	64.5	63	62	61	59	57	55	52	49

$T_R = 75^\circ F$
$RH = 50\%$
$ESHF = 0.75$

$\xrightarrow{\text{ป.ป.}}$ $T_{adp} \approx 49^\circ F$

$$ERSH = 1.08 \times cfm \times (1 - BF)(T_R - T_{adp})$$

$$\Rightarrow cfm = \frac{ERSH}{1.08 \times (1 - BF)(T_R - T_{adp})}$$

$$= \frac{81,264}{1.08 \times (1 - 0.1)(75 - 49)} = 3215\ cfm$$