

## بررسی عیوب مکانیکی و کاهش راندمان سرمایشی هواسازهای بیمارستان ولی عصر (عج) و راهکارهای رفع نقص آنها

رضا طاهری<sup>۱</sup>، محمد منصفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مکانیک، سرپرست تاسیسات مکانیکی، معاونت توسعه مدیریت و منابع انسانی، دانشکده علوم پزشکی بهبهان (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> رئیس اداره منابع فیزیکی و طرح‌های عمرانی، معاونت توسعه مدیریت و منابع انسانی، دانشکده علوم پزشکی بهبهان

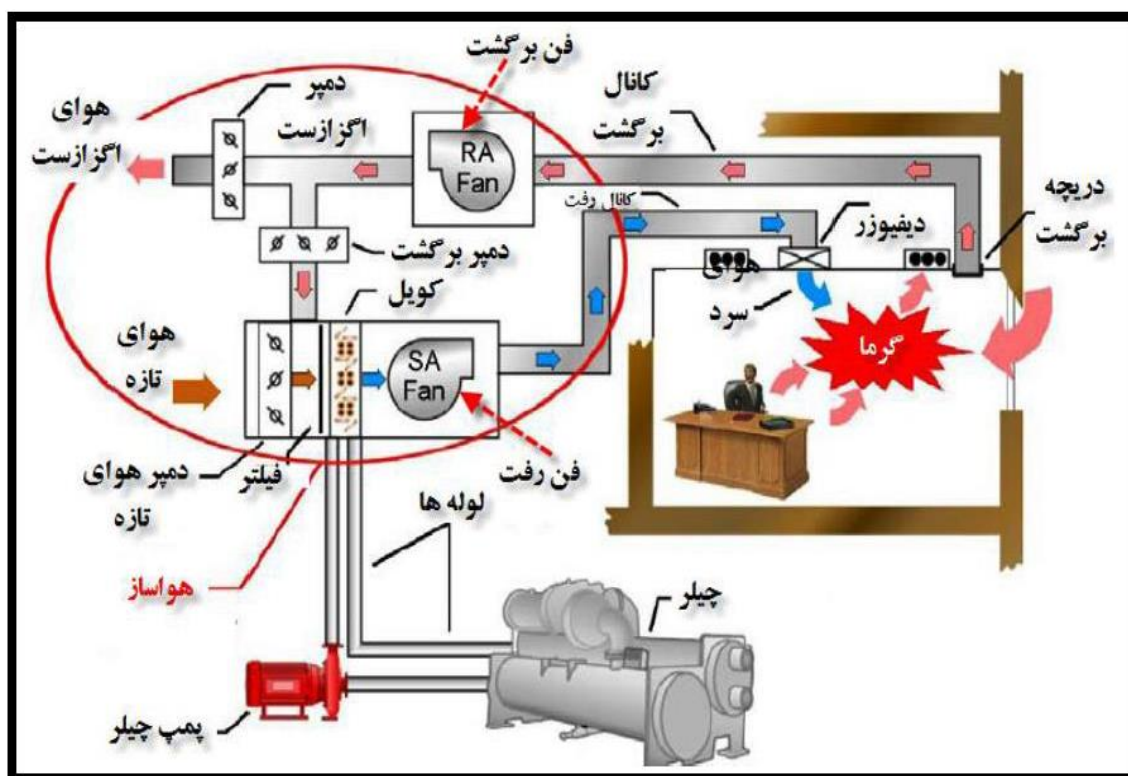
### چکیده

در این پژوهش با استفاده از روابط انتقال حرارت جابجایی نشان داده شد که عدم عایقکاری کانال می‌تواند دمای هوای رفت هواساز را از ۲۰ به ۳۱ درجه سانتی‌گراد برساند. عدم نصب سینی درین بعد از کویل سرمایش باعث تجمع آب کندانس در محفظه موتور هواساز گردید که سه راهکار جهت رفع این مشکل ارائه شد که عبارتند از: الف- کویل سرمایش ۲۰ سانتی‌متر به سمت کویل گرمایش عقب برده و صفحه قطره‌گیر نصب شود. ب- جابجا کردن محل نصب کویل گرمایش و سرمایش و ج- سوراخ کردن وسط محفظه موتور به قطر ۲۰ میلی‌متر و سیفونی کردن سوراخ تخلیه. دیگر مشکلاتی که باعث عدم کارایی هواسازهای بیمارستان شده، عدم درزبندی محفظه هواسازها، خارج نگردیدن قطعات صلب‌کننده سیستم فنربندی موتور و عدم نصب سیفون بر روی لوله تخلیه سینی درین می‌باشد. استفاده از درزبند فومی جهت رفع مشکل کاهش راندمان سرمایشی، جدا کردن قطعات صلب‌کننده سیستم فنربندی موتور قبل از راهاندازی و سیفونی کردن استاندارد لوله تخلیه سینی درین جهت سهولت در خارج شدن آب کندانس از هواسازها در بیمارستان ولی عصر (عج) صورت گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** هواساز، کویل‌های سرمایشی و گرمایشی، سیفون، درزبند، سینی درین.

## ۱. مقدمه

هواسازهای نصب شده در بیمارستانها وظیفه تنظیم دما، رطوبت، تامین هوای تازه، فیلتر کردن و عمل تهویه مطبوع تابستانی و زمستانی را انجام می‌دهد [۱]. در زمان طراحی سیستم با انتخاب دستگاه چیلر به عنوان منبع تولید سرما، دمای خروجی از کویل مشخص شده و با در دست داشتن مقدار  $\Delta T$  (دمای خروجی از کویل و دمای تنظیمی اتاق) و بار حرارتی ساختمان، حجم هوادهی سیستم بدست می‌آید و می‌توان به طراحی هواساز دستگاه پرداخت و به دلیل تأثیر آن بر سایر اجزای سیستم، لازم است تا طراح درک کاملی از تجهیزات کنترلی دستگاه هواساز مرکزی، نحوه انتخاب و کاربرد آن داشته باشد. شکل (۱) نمای کلی از تجهیزات سرمایشی به کار رفته در بیمارستان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تجهیزات دستگاههای سرمایشی [۲].

افزایش نگرانی در مورد شرایط بهداشتی ساختمان و پارامترهای مورد نیاز تهویه، سبب شده است که مبحث کیفیت هوای داخل (indoor air quality)، به معضلی در صنعت تهویه مطبوع تبدیل شود. در سیستم‌های هوایی، علاوه بر انتقال هوای تهویه شده در حجم و دمای مطلوب به فضاهای ساختمان، مواردی از جمله راندمان موثر فیلترها، کم کردن نشتی سیستم، مصرف انرژی و دسترسی آسان به هواساز از دیگر موارد چالش برانگیز است. لذا طراح دیگر نمی‌تواند توجه خود را تنها به محاسبات کویل و فن هواساز معطوف نماید. بدنه هواساز نیز بایستی از نقطه نظر عملکرد حرارتی (عایق بودن جداره‌ها)، نشتی هوا و قابلیت سرویس دهی مورد بحث و بررسی قرار بگیرد. تولیدکنندگان دستگاه‌های هواساز نیز در حال بهبود محصولات جدید و استفاده از فن‌آوری‌های نوین برای رفع این نیازها می‌باشند. اکثر ویژگی‌هایی که قبلاً در هواسازها بصورت سفارشی اعمال می‌شد، امروزه به عنوان گزینه‌های اصلی و استاندارد ساخت، در بدنه هواسازها قرار داده می‌شود.

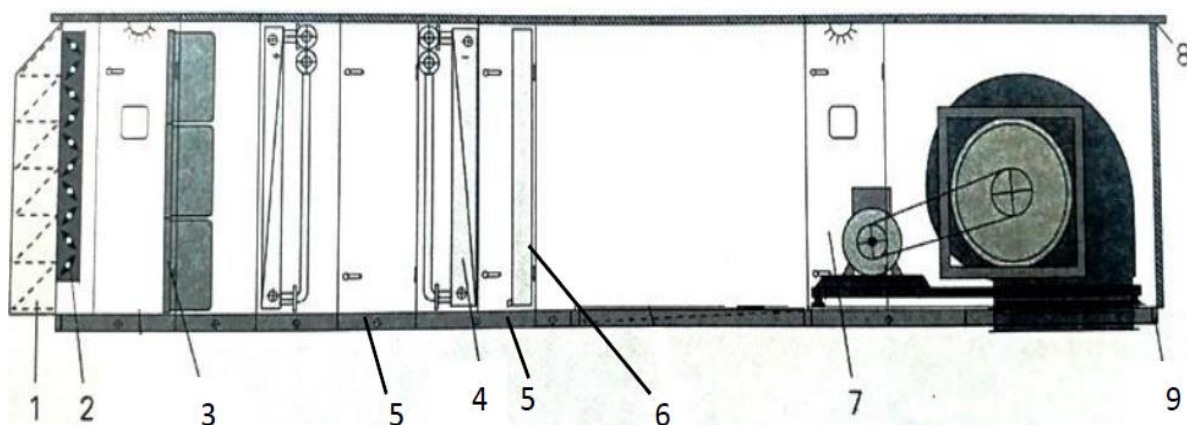
هواسازهای مرکزی دارای طیف گسترده‌ای از اجزای مختلف برای تمام کاربری‌های صنعتی و تجاری هستند. در این نوع هواساز، حجم هوادهی از  $1500\text{ CFM}$  در پروژه‌های کوچک تک زون تا  $100000\text{ CFM}$  در پروژه‌های تجاری بزرگ از نوع حجم ثابت یا حجم متغیر تغییر می‌کند [۲].

هواسازهای مورد استفاده در بیمارستان ولی عصر (عج) از نوع هواسازهای مرکزی بوده که در رنج  $3120\text{ CFM}$  تا  $13400\text{ CFM}$  مطابق شکل ۲ مورد استفاده و راه اندازی شده است.



شکل ۲- هواساز بخش بستری بیمارستان ولی عصر (عج) با مقدار هوادهی  $13400$  سی اف ام.

اجزا مهم دستگاه هواساز شامل کوئل گرمایش و سرمایش، فن و موتور، فیلترها، بدنه، پره‌ها و اجزا کنترلی مطابق شکل (۳) است. مهمترین پارامتر در انتخاب هواساز، کیفیت هوای خروجی از کانال، ظرفیت حرارتی و برودتی، دبی هوای تولیدی، فشار استاتیک فن و توان مصرفی می‌باشد [۳].



شکل ۳- اجزا مختلف یک هواساز: ۱- گریل، ۲- دمپر، ۳- فیلترها، ۴- کوئل، ۵- سینی درین، ۶- صفحه قطره گیر، ۷- محفظه موتور و فن، ۸- قاب، ۹- لرزه گیر [۳].

## ۲- یافته‌ها

در این فصل به بررسی دلایل ایجاد عیوب مکانیکی و کاهش راندمان سرمایشی و راهکارهای جلوگیری از توقفات اساسی هواسازهای بیمارستان ولی عصر (عج) که می‌تواند جهت کمک به نظارت و بازرسی دقیق‌تر هواسازها در بیمارستانها شود، پرداخته می‌شود.

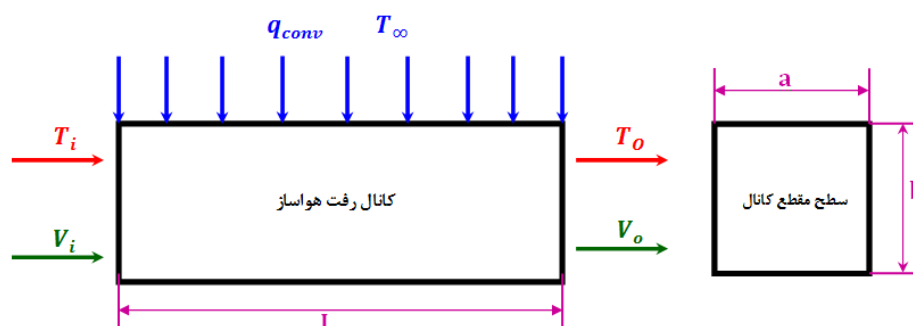
## ۲-۱- عایق کاری کانال خروجی هواساز:

عدم عایق کاری کانال خروجی هواساز باعث کاهش راندمان کلی آن، افزایش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش آسایش بیماران و کادر درمان می‌شود. شکل (۴) هواساز بخش اتاق سوختگی و تجدید حیات قلبی بیمارستان ولی عصر (عج) کانال منجر به عدم سرمایش مطلوب در بخش مربوطه شده است.



شکل ۴- عدم عایق کاری کانال رفت هواساز اتاق سوختگی و تجدید حیات قلبی بیمارستان ولی عصر (عج).

جهت تعیین دمای هوای تامین شده توسط هواساز به اتاق‌های ذکر شده، با انجام محاسبات انتقال حرارت جابجایی داخل و بیرون کانال و مشخصات فیزیکی و ترموفیزیکی کانال مطابق شکل (۵) خواهیم داشت [۴ و ۵]:



شکل ۵- مشخصات فیزیکی و ترموفیزیکی کانال رفت هواساز.

$$E_{in} - E_{out} + E_g = E_{st} \quad (1)$$

معادله (۱) قانون بقای انرژی برای یک حجم کنترل در بازه زمانی  $\Delta t$  را نشان می‌دهد. باتوجه به اینکه انرژی درون کانال تولید نشده و جریان حالت پایا است با تجزیه معادله (۱) خواهیم داشت:

$$E_{in} - E_{out} = 0 \quad (2)$$

$$q_{conv} - \dot{m}C_p(T_o - T_i) = 0 \quad (3)$$

$$hA_s \Delta T_{LMTD} = \dot{m}C_p(T_o - T_i) \quad (4)$$

$$Nu \frac{K}{D_h} \times 2(a+b)L \times \frac{(T_o - T_i)}{\ln \frac{(T_i - T_\infty)}{(T_o - T_\infty)}} = \rho Q C_p (T_o - T_i) \quad (5)$$

$$\ln \frac{(T_i - T_\infty)}{(T_o - T_\infty)} = \frac{2Nu \frac{K}{D_h} (a+b)L}{\rho Q C_p} \quad (6)$$

$$\frac{(T_i - T_\infty)}{(T_o - T_\infty)} = \exp \frac{2Nu \frac{K}{D_h} (a+b)L}{\rho Q C_p} \quad (7)$$

$$T_o = \frac{T_i + T_\infty \left( \exp \frac{Nu \frac{K}{D_h} (a+b)L}{\rho Q C_p} - 1 \right)}{\exp \frac{Nu \frac{K}{D_h} (a+b)L}{\rho Q C_p}} \quad (8)$$

معادله (۸) دمای دلخواه هر نقطه از کانال رفت هواساز بدون عایق را نشان می‌دهد. که در اینجا  $T_i$  دمای ورودی کانال هواساز،  $T_o$  دمای خروجی کانال،  $T_\infty$  دمای محوطه بیرون کانال،  $\rho$  چگالی هوای درون کانال،  $Q$  دبی حجمی هوای درون کانال،  $C_p$  گرمایی ویژه در فشار ثابت هوای درون کانال،  $Nu$  عدد بی بعد ناسلت برای هوای بیرون کانال،  $K$  ضریب هدایت حرارتی هوای بیرون کانال،  $a$  و  $b$  سطح مقطع کانال و  $L$  طول بدون عایق کاری کانال می‌باشد. جهت تعیین دمای خروجی  $T_o$  کانال هواساز (دمای تامین شده به اتاق سوختگی و تجدید حیاط قلبی بیمارستان) با توجه به معادله (۸)، خواص فیزیکی هواساز و خواص ترموفیزیکی هوا خواهیم داشت:

- ابعاد کانال  $a = 30cm$ ،  $b = 60cm$ ، طول بدون عایق کانال  $L = 9m$  مطابق شکل (۵).
- با توجه به تابلوی کنترل هواساز مطابق شکل (۶) درجه حرارت رفت کانال هواساز در ابتدای ناحیه بدون عایق  $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$  و درجه حرارت محوطه بیرون برابر  $T_\infty = 38\text{ }^\circ\text{C}$ .
- مشخصات توموفیزیکی هوای بیرون کانال  $K = 0.0274 \frac{W}{m.K}$  و عدد بی بعد ناسلت در شرایط دما ثابت اطراف کانال  $Nu = 3.118$  [۴].

- مشخصات ترموفیزیکی هوای درون کانال  $Q = 2.762 \frac{m^3}{s}$  و  $\rho = 1.182 \frac{kg}{m^3}$ ،  $C_p = 1.007 \frac{kJ}{kg.K}$  [۴].



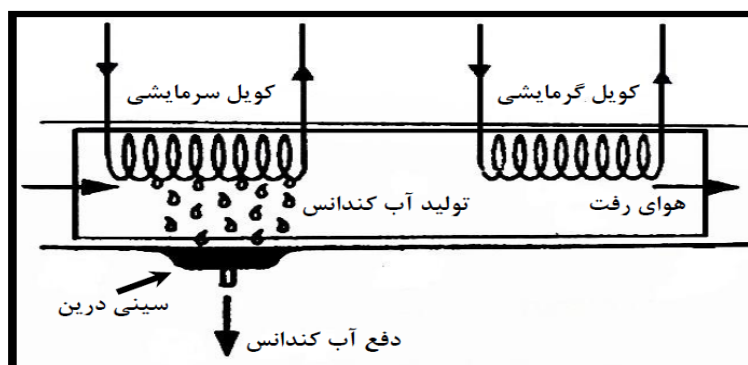
شکل ۶- دمای داخل و محوطه بیرون کانال هواساز بخش اتاق سوختگی و تجدید حیاط قلبی بیمارستان ولی عصر (عج).

$$T_o = \frac{T_i + T_\infty \left( \exp \frac{Nu \frac{K}{ab} (a+b)^2 L}{\rho Q C_p} - 1 \right)}{\exp \frac{Nu \frac{K}{ab} (a+b)^2 L}{\rho Q C_p}} = \frac{20 + 38 \left( \exp \frac{3.118 \times \frac{0.0274}{0.3 \times 0.6} \times (0.9)^2 \times 9}{1.182 \times 2.762 \times 1.007} - 1 \right)}{\exp \frac{3.118 \times \frac{0.0274}{0.3 \times 0.6} \times (0.9)^2 \times 9}{1.182 \times 2.762 \times 1.007}} = 31^\circ \text{C} \quad (9)$$

با توجه به معادله ۹ دمای خروجی  $T_o$  کانال هواساز به اتاق سوختگی و تجدید حیاط قلبی به علت عدم عایق کاری کانال، افزایش داشته و از ۲۰ به ۳۱ درجه سانتیگراد رسیده است. عایق کاری کانال رفت هواساز در بیرون محوطه کانال در مکان‌هایی که گرمای محیط بالا بوده و دبی هواساز پایین باشد یک امر ضروری است که باید توسط کارفرمایان و ناظران قبل از راه‌اندازی هواساز مد نظر قرار گرفته شود.

## ۲-۲- محل قرار گیری سینی درین و کویل‌ها:

همه کویل‌های سرمایشی دارای یک سینی درین برای جمع آوری مایع کندانس و تخلیه آن به خارج از بدنه هواساز مطابق شکل (۷) هستند. طبق استاندارد اشری ۶۲ [۲]، مایع کندانس نبایستی در سینی درین ساکن باشد و برای این منظور توسط شیبی که به سینی و لوله داده می‌شود، تخلیه صورت می‌گیرد.

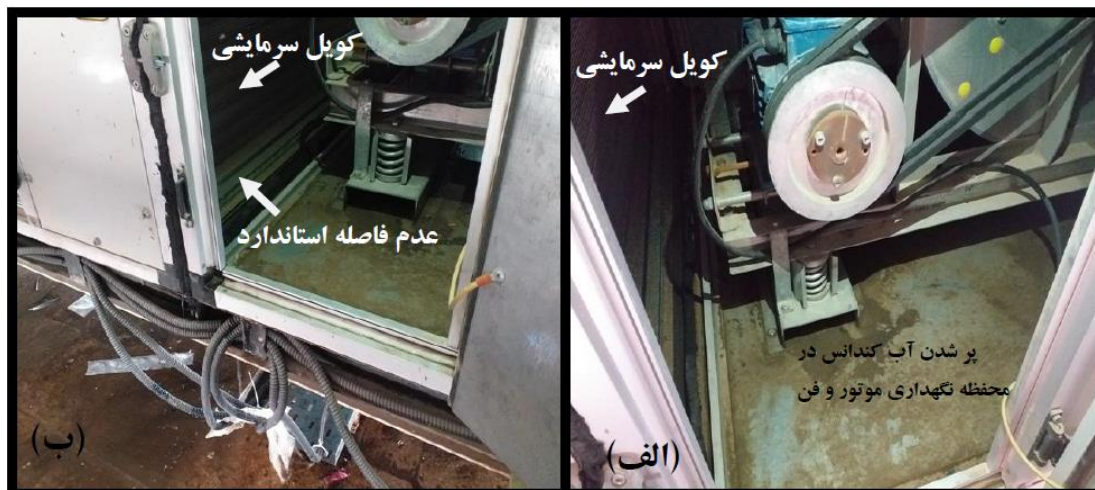


شکل ۷- مایع کندانس ایجاد شده توسط کویل‌های سرمایشی و دفع آن در سینی تخلیه هواساز [۵].

<sup>۱</sup>ASHRAE standard 62



طبق تحقیقات انجام شده از ۹ دستگاه هواساز بیمارستان ولی عصر (عج) ۸ دستگاه سینی درین قبل از کوئل سرمایش قرار گرفته شده که مانع عدم تخلیه آب کندانس در هنگام رطوبت بالای محیط (شرجی) شده است. شکل (۸) نشان می‌دهد که بعد از کوئل سرمایش هیچ گونه سینی درین آب نصب نشده و به همین علت آب درون موتور و فن سانتریفیوژ هواساز بخش ICU جمع شده و شرایط برای توقف و خرابی موتور دستگاه را فراهم کرده است.



شکل ۸- هواساز بخش ICU: الف- تجمع آب کندانس در محفظه موتور و فن هواساز و ب- نبودن سینی درین بین موتور و کوئل سرمایش.

گریپاژ (جام کردن) موتور هواساز بخش بستری مطابق شکل (۹) که علت آن عدم نصب سینی درین بعد از کوئل سرمایش و ورود ذرات آب کندانس به درون موتور هواساز می‌باشد.



شکل ۹- ایجاد خوردگی بر روی سطح موتور هواساز بخش بستری بیمارستان ولی عصر (عج) و ایجاد اصطکاک شدید به علت ورود ذرات آب به درون موتور.

جهت رفع عیب تجمع آب کندانس در محفظه موتور و فن هواساز می‌توان:

- ۱-۲-۲- کوئل سرمایش حداقل ۲۰ سانتی‌متر به سمت کوئل گرمایش عقب برده و روی لبه سینی درین (سینی درین مابین کوئل‌های گرمایش و سرمایش) صفحه قطره گیر نصب گردد.
- ۲-۲-۲- جابجا کردن محل نصب کوئل سرمایش با گرمایش.

شکل (۱۰ الف) هواساز بخش اورژانس و آزمایشگاه را نشان می‌دهد که کویل سرمایش قبل از کویل گرمایش نصب شده و آب کندانس به درون سینی درین مابین کویل‌ها جاری شده و به درستی از هواساز خارج می‌شود. در شکل (۱۰ ب) مشاهده می‌شود که آب کندانس در محفظه موتور و فن هواساز وجود نداشته و هواساز بدون هیچ مشکلی مشغول به کار است. تنها عیب این روش کاهش راندمان برودتی سیستم می‌باشد.



شکل ۱۰- هواساز بخش اورژانس و آزمایشگاه بیمارستان ولی عصر (عج): الف- تخلیه آب کندانس در سینی درین مابین کویل‌ها و ب- عدم وجود آب کندانس در محفظه موتور و فن.

۳-۲-۳- سوراخ کردن مرکز محفظه موتور هواساز به قطر ۲۰ میلی‌متر و سیفونی کردن خروجی سوراخ درین. در این روش امکان نفوذ ذرات آب کندانس به درون موتور و فن وجود داشته ولی اقتصادی ترین روش ممکن است.

### ۳-۲- نصب سیفون در لوله تخلیه سینی درین هواساز:

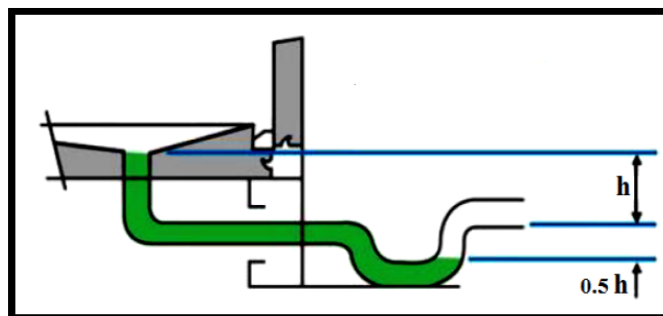
عدم استفاده از سیفون در لوله تخلیه سینی درین مطابق شکل (۱۱)، باعث می‌شود که هوای فیلتر نشده بداخل هواساز کشیده شده و بوی نامطبوع به داخل بخش‌های مختلف بیمارستان انتقال یابد. نبود سیفون همچنین مانع از ورود آب به داخل سیستم تخلیه شده و سبب می‌شود که آب کندانس در سینی درین باقی بماند. راکد بودن آب در سینی درین باعث کشیده شدن و پاشش آب به درون موتور هواساز شده و در نتیجه آب به درون روتور و بیرینگ نفوذ خواهد کرد.



شکل ۱۱- عدم اجرای سیفون بر روی لوله تخلیه هواسازهای بیمارستان ولی عصر (عج).



جهت جلوگیری از مشکلات به وجود آمده بهترین راهکار، اجرای استاندارد سیفون در انتهای لوله تخلیه سینی درین می‌باشد. برای این منظور جهت محاسبه ارتفاع استاندارد سیفون مطابق شکل (۱۲) مقدار افت فشار استاتیکی فن سانتریفیوژ محاسبه شود. در محاسبه ارتفاع سیفون به منظور بالا بردن ضریب اطمینان ناشی از افزایش فشارهای ناخواسته در هواساز، پیشنهاد می‌شود که مقدار ۵۰ mm به ارتفاع سیفون اضافه گردد [۲].



شکل ۱۲- نحوه اجرای سیفون در انتها لوله تخلیه سینی درین هواساز.

معادله ۱۰ محاسبه ارتفاع سیفون به صورت استاندارد را نشان می‌دهد که باید در هنگام نظارت و قبل از راهاندازی هواسازهای بیمارستان در نظر گرفته شود.

$$h = \frac{\Delta P_{centrifugal\ fan}}{\rho g} + 50mm \quad (10)$$

جهت اجرای سیفون بر روی لوله تخلیه هواساز بخش دیالیز با توجه به مشخصات فنی دستگاه مطابق شکل (۱۳)، مقدار افت استاتیک فن برابر  $\Delta h_{fan} = 2.79\ in \approx 71mm$  می‌باشد، در نتیجه مقدار ارتفاع استاندارد سیفون طبق معادله (۱۱) خواهد شد:

$$h = \Delta h_{fan} + 50mm = 71 + 50 = 121mm \quad (11)$$

NIMA		Air Conditioning Co.		Air Handling Unit	
Model		NAHU-100		January 2018	
Serial Number/ Tag No.		2149/ AHU 22 -F		Fan Type	
Air Flow		8150 CFM		Centrifugal Backward Curve	
Fan Speed		1510 RPM		Fan Model/Quantity	
Total Static Pressure		2.79 In.wg		RDH1 500/1	
Power Supply		3/200V/30 Phase/V/Hz		Max. Fan Speed	
Total Motor Power		7.5 HP		2100 RPM	
Cooling Coil Type		Water		Motor Speed	
Cooling Coil Capacity		598 MBH		1425 RPM	
Heating Coil Type		Water		Total Power Input	
Heating Coil Capacity		527 MBH		5.5 kW	
First Bed Filter		Alkan		Total Motor Current	
Second Bed Filter		Bag (77)		12.2 Amp	
Dimension (L x W x H)		4320 x 1600 x 1500 mm		Coil Area	16.3 Sq.Ft
Client		Behbahan Hospital (Pooled Padir Tehran Co.)		Row/PPH	6/10
				Coil Area	16.3 Sq.Ft
				Row/PPH	2/8
				Recs. Final Pr. Dc.	0.3 In.wg
				Recs. Final Pr. Dc.	0.7 In.wg
				Weight Sh./Oper.	1100/ 1200 Kg
				Site Location	Behbahan-IRAN

شکل ۱۳- مشخصات فنی هواساز بخش دیالیز بیمارستان ولی عصر (عج).

شکل (۱۴) اجرای سیفون بر روی لوله تخلیه هواساز را نشان می‌دهد.



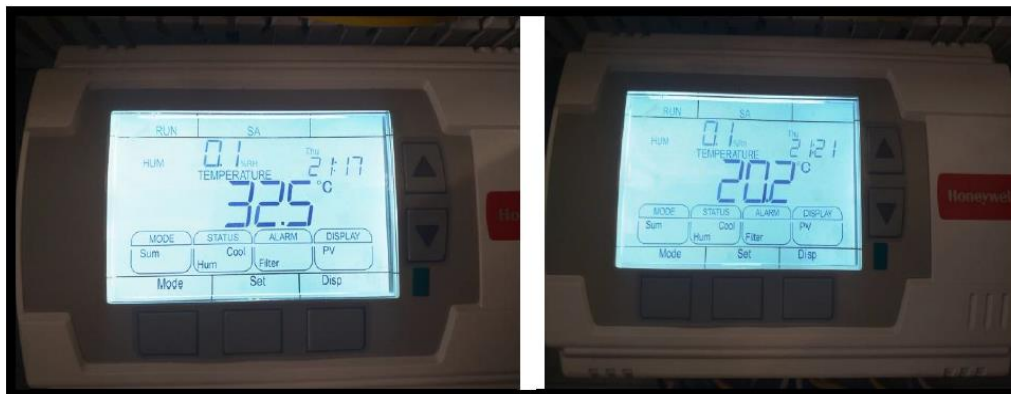
شکل ۱۴- اجرای سیفون بر روی لوله تخلیه سینی درین هواساز.

#### ۴-۲- مونتاژ استاندارد هواساز توسط درز بند:

واشرها و درزگیرها از عوامل اصلی تاثیرگذار بر کیفیت هوای داخل بیمارستان و راندمان سرمایشی و گرمایشی هواسازها می‌باشند. درزگیرها، بخشی جدایی ناپذیر از یک هواساز هستند که باعث کاهش مصرف انرژی، کاهش نویز و صدا و جلوگیری از ورود مواد خارجی به داخل ساختمان می‌شوند. شکل ۱۵ (الف) وجود درز بین بدنه هواساز بخش ICU را نشان می‌دهد که باعث ایجاد صدا، افزایش مصرف انرژی و کاهش راندمان سرمایشی هواساز در شرایط اضطراری شده است. نصب درزبند فومی و آچارکشی بدنه هواساز بخش ICU مطابق شکل ۱۵ (ب) باعث کاهش درجه حرارت رفت کانال هواساز از ۳۲/۵ به ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد مطابق شکل (۱۶) گردید. قبل از راه‌اندازی، درزبندی و مونتاژ استاندارد هواساز باید توسط دستگاه نظارت و بهره‌بردار مورد توجه ویژه قرار گیرد تا دستگاه هواساز عملکرد مطلوبی در هنگام راه‌اندازی داشته باشد.



شکل ۱۵- هواساز بخش ICU بیمارستان ولی عصر (عج): الف- وجود درز بین هواساز که منجر به عدم عملکرد مطلوب سرمایشی هواساز شده است. ب- نصب درزبند فومی بر روی هواساز و کاهش دمای رفت به ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد.



شکل ۱۶- کاهش درجه حرارت رفت کانال هواساز بخش ICU از ۳۲/۵ به ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد بعد از درزبندی هواساز.

### ۵-۲- خارج کردن قطعات صلب کننده موتور و فن هواساز:

جهت آسیب نرسیدن به سیستم فنربندی (لرزه‌گیر) موتور و فن هواساز در هنگام بارگیری و قبل از نصب دستگاه در بیمارستان، سیستم فنربندی موتور و فن توسط قطعات صلب‌کننده مطابق شکل (۱۷) احاطه می‌شود. قبل از راه‌اندازی، این قطعات باید از موتور و فن هواساز جدا شود. در صورتی که این قطعات در هنگام روشن بودن هواساز جدا نگردد می‌تواند باعث ناهمراستا شدن محور چرخ تسمه موتور و فن شده و در نتیجه باعث کاهش طول عمر تسمه و خرابی موتور هواساز شود.



شکل ۱۷- قطعات صلب کننده سیستم فنربندی موتور هواسازهای بیمارستان ولی عصر (عج).

### ۳- بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱- عدم عایق کاری کانال رفت هواساز بخش اتاق سوختگی و تجدید حیاط قلبی بیمارستان ولی عصر (عج) منجر به افزایش دمای خروجی کانال از ۲۰ به ۳۱ درجه شد.

- ۲-۳- با استفاده از معادلات انتقال حرارت جابجایی، خواص ترموفیزیکی و ترمودینامیکی سیال درون و بیرون کانال، دمای خروجی کانال هواساز اتاق سوختگی و تجدید حیات قلبی محاسبه گردید.
- ۳-۳- عدم نصب سینی درین بعد از کویل سرمایش هواسازها باعث تجمع آب کندانس درون محفظه شده و باعث جام شدن موتور هواساز بخش بستری گردید.
- ۴-۳- سه راهکار جهت جلوگیری از تجمع آب کندانس درون محفظه موتور هواسازها پیشنهاد شد که شامل:
  - الف- عقب بردن کویل سرمایش به مقدار ۲۰ سانتی متر و نصب صفحه قطره گیر.
  - ب- جابجا کردن محل نصب کویل سرمایش و گرمایش نسبت به هم.
  - ج- سوراخ کردن وسط محفظه موتور به قطر ۲۰ میلی متر و سیفونی کردن محل تخلیه.
- ۵-۳- سیفونی کردن استاندارد لوله تخلیه جهت تسهیل در تخلیه آب کندانس درون سینی درین هواساز و جلوگیری از ورود بوی نامطلوب به بخش های مختلف بیمارستان.
- ۶-۳- عدم درزبندی استاندارد هواسازها باعث کاهش راندمان سرمایشی شد.
- ۷-۳- درزبندی محفظه های هواساز بخش ICU با استفاده از درزبند فومی باعث کاهش درجه حرارت رفت کانال هواساز از ۳۲/۵ به ۲۰/۲ درجه سانتی گراد گردید.
- ۸-۳- قطعات صلب کننده سیستم فنربندی موتور و فن هواسازها قبل از راه اندازی جدا شد تا محور چرخ تسمه موتور و فن ناهمراستا نگردد.

#### ۴- قدردانی و تشکر

همکاران محترم  
جناب آقایان مهندس ابوالفضل زمانی فکری، مهندس رضا دانشیار نسب، مهندس احسان موسوی پناه و مهندس یاسین داوری متواضعانه و صمیمانه مراتب سپاسگزاری خودمان را به پاس زحمات بی دریغ در انجام این پژوهش اعلام می نماییم.

#### ۵- منابع

۱. صفری، بهروز، ۱۳۹۷، تهویه مطبوع تابستانی، چاپ هفتم، تهران، انتشارات مدرسان شریف.
۲. ژبانی، نوید، آموزش هواساز مرکزی ترجمه کریر، چاپ اول، تهران، انتشارات گروه آموزشی تاسیسات نوین.
۳. هادی زاده، داریوش، ۱۳۹۷، اطلاعات عمومی تاسیسات مکانیکی، چاپ اول، تهران، انتشارات نوآور.
۴. اینکروپرا، فرانک پی، دویت، دیوید پی، ۱۳۸۶، مقدمه ای بر انتقال گرما ترجمه علی اصغر رستمی و مریم شیرازی، چاپ دوم، اصفهان، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. سنجل، یونس ای، بولز، میخائیل ای، ۱۳۹۲، راهنمای ترمودینامیک با نگرش مهندسی ترجمه بهرام پوستی، چاپ ششم، تهران، انتشارات متفکران.