Axon Tahvieh Pars

AHU

هواساز

اکسون تهویه پارس

Axon Tahvieh Pars

آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از جام جم، خیابان ابراهیم مهری
کوچه سوسن یکم، پلاک ۱۵، طبقه اول، واحد۴، کدپستی:۱۹۶۶۶۱۶۴۵۲

Add: Unit 4, No. 15, 1St Soosan,Mohri St, Valiasr Blvd

Tehran-Iran Postal Code: 1966616452

تلفکس: ۹۰۰۰۰۰۷۷

Telfax: +98 90000077

www.axontahvieh.com

اکسون تهویه پارس
Axon Tahvieh Pars

شرکت اکسون تهویه پارس با اتکا به بیش از دو دهه تجربه مدیران خود، تولیدکننده طیف وسیعی از دستگاه‌های تهویه مطبوع با برند **Axon** می‌باشد و محصولات خود را بر اساس جدیدترین دست‌آوردهای این صنعت بروز نموده و با استفاده از تکنولوژی‌های نوین مهندسی، طراحی و تولید می‌نماید.
کیفیت و تنوع محصولات، بازدهی بالا، بهینه سازی مصرف انرژی، حفظ محیط زیست و هوشمندسازی تاسیسات به عنوان برنامه‌های اصلی شرکت شناخته می‌شوند.
شرکت اکسون تهویه پارس، در جهت یکپارچه سازی و عملکرد هرچه بهتر سیستم، در کنار عرضه و فروش دستگاه‌های تهویه مطبوع، ارائه دهنده‌ی خدمات مشاوره، طراحی، اجرا و نصب می‌باشد.
آرمان اصلی این مجموعه ارائه و تامین راهکارهای نوین تهویه مطبوع و تبرید در طیف وسیعی از کاربری‌های مختلف (از کوچکترین ساختمان‌های مسکونی تا بزرگترین واحدهای صنعتی) متناسب با اقلیم‌های متنوع آب و هوایی می‌باشد.

فهرست

تهویه..... ۴
طبقه‌بندی سیستم‌های تهویه..... ۵
هواساز..... ۶
برخی شاخص‌های مهم تعیین شده در دو استاندارد EN 1886 و EN 13053 ... ۶
اجزای اصلی هواسازهای Axon..... ۱۰
بدنه‌ی هواساز..... ۱۰
شاسی و قاب..... ۱۱
فن ۱۲
فن‌های سانتریفیوژ مورد استفاده در هواسازهای Axon ۱۲
سیستم انتقال توان فن ۱۵
موتور الکتریکی..... ۱۵
هواساز با فن سانتریفیوژ..... ۱۵
سیستم پولی و تسمه..... ۱۶
سیستم لرزه‌گیر..... ۱۶
هواساز با پلاگ فن..... ۱۶
هواساز با فن‌های سری ۱۶
کویل‌های سرمایشی و گرمایشی..... ۱۷
کویل‌های انبساط مستقیم DX..... ۱۸
سینی درین..... ۱۹
بازیاب حرارت ۲۰
سیستم‌های بهبود دهنده..... ۲۰
سیستم‌های احیا کننده..... ۲۱
بازیاب روتاری..... ۲۱
بازیاب صفحه‌ای..... ۲۱
بازیاب مبدل آبی..... ۲۲
بازیاب لوله گرمایی ۲۲
مقایسه‌ی انواع بازیاب..... ۲۳
فیلترها..... ۲۴
محفظه اختلاط ۲۵
گرمکن الکتریکی ۲۶
رطوبت رسانی ۲۶
صدای دستگاه ۲۶
تجهیزات دیگر ۲۸

تهویه

تهویه به معنی مناسب سازی دما، رطوبت، تمیزی و گردش هوای داخل فضا جهت سلامتی و آسایش انسان یا فرآیند صنعتی مورد نظر است.

تامین شرایط آسایش

افراد در محدوده خاصی از دما و رطوبت و غلظت ذرات معلق احساس راحتی دارند. این محدوده که "شرایط آسایش" نامیده می‌شود باعث افزایش کارایی و دیرتر خسته شدن افراد می‌شود. هدف سیستم تهویه مطبوع تامین این شرایط مطلوب است. پارامترهایی که برای رسیدن به این هدف باید کنترل شوند به شرح زیر می باشند:

- دمای هوا
- رطوبت
- تمیزی
- سرعت هوا
- حجم هوای تازه

تهویه صنعتی

برای دستیابی به بهترین کیفیت در محصولات تولیدی لازم است تا شرایط محیطی فضای تولید و ذخیره سازی محصولات متناسب با استانداردهای تعیین شده‌ی تولید و نگهداری باشد. همچنین ایجاد شرایط بهینه جهت بازدهی حداکثری تجهیزات ضروری است.

کاربردهای سیستم تهویه

مراکز دارای تجهیزات و ماشین آلات حساس	کاربری های صنعتی	تامین شرایط آسایش
آزمایشگاه ها	ساختمان های صنعتی	منازل مسکونی
مراکز داده	نساجی	دفاتر و فروشگاه‌ها
اتاق های تست و کالیبراسیون	صنایع غذایی	اماکن عمومی
اتاق‌های تمیز	چاپخانه ها	بیمارستان ها
صنایع تجهیزات ابزار دقیق	حفظ و نگهداری محصول	مدارس و دانشگاه ها
صنایع شیمیایی	مجتمع های پتروشیمی	وسایل حمل و نقل

طبقه بندی سیستم‌های تهویه

- **بر اساس فضای تهویه**

سیستم مرکزی

در این سیستم‌ها فرایند تهویه در یک یونیت مرکزی انجام شده و هوای مطبوع به وسیله‌ی شبکه‌ی کانال به فضاهای مورد نظر منتقل می‌شود. محدودیت اصلی این سیستم، تهویه‌ی چند فضا با شرایط محیطی متفاوت است. اما به علت مرکزی بودن تجهیزات، می‌توان فرایند تهویه را با کیفیت بهتر و هزینه‌ی کمتر انجام داد. سیستم‌هایی مانند هواسازهای مرکزی، داکت اسپلیت و در مواردی داکت فن کویل در این دسته قرار می‌گیرند.

سیستم‌های مجزا (اسپلیت)

در این نوع سیستم‌ها، هر فضا توسط یک یا چند یونیت و بر اساس شرایط خاص خود به صورت مجزا تهویه می‌شود. در این سیستم‌ها سیال عامل سرمایش(یا گرمایش) بین یونیت‌ها توزیع شده و فرایند تهویه در همان فضا صورت می‌گیرد. در این حالت تعداد و هزینه‌ی تجهیزات نسبت به حالت مرکزی افزایش قابل‌توجهی خواهد داشت. همچنین این سیستم‌ها به دلیل سایز کوچک و محدودیت‌های اجرایی، معمولا به تنهایی قابلیت تنظیم رطوبت و تامین هوای تازه را ندارند. سیستم‌های VRF و فن‌کویل در این دسته تقسیم‌بندی می‌شوند.

- **بر اساس سیال عامل**

سیستم تمام هوا

در این سیستم‌ها هوا به عنوان واسط انتقال حرارت، پس از رسیدن به دما و رطوبت مطلوب، از طریق کانال‌ها به فضاهای مختلف منتقل می‌شود.

سیستم تمام آب

در این نوع سیستم آب سرد یا گرم از یک واحد مرکزی (چیلر یا بویلر) تهیه شده و بوسیله فن‌کویل‌ها انرژی سرمایشی یا گرمایشی به محیط انتقال می‌یابد. یک پمپ وظیفه گردش آب این چرخه را بر عهده داشته و دمای هر فضا توسط ترموستات کنترل می‌گردد.

سیستم هوا-آب

در این سیستم، تامین هوای تازه توسط هواساز و تامین بار برودتی و حرارتی مورد نیاز محیط توسط فن کویل تامین می‌گردد. ضمنا برای فن کویل قابلیت تعبیه دریچه هوای تازه نیز وجود دارد.

هواساز

دستگاه هواساز هوای مطبوع مورد نیاز را در دما، رطوبت و کیفیت مناسب تامین نموده و نیاز به هوای تازه را برطرف می‌نماید.

استانداردهای دستگاه هواساز

تا سال ۱۹۷۰ انتظارات از دستگاه هواساز صرفا محدود به تامین دما و رطوبت مورد نیاز بود. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و تغییر مفهوم آسایش حرارتی، انتظارات از هواسازها افزایش یافته است. به همین دلیل، در سال های اخیر تحقیقات گسترده‌ای روی اجزای مختلف هواساز انجام شده و استانداردهای متعددی نیز توسط سازمان‌های مستقل تدوین شده است.
در اتحادیه اروپا دو استاندارد اروپایی (EN) برای طبقه بندی ویژگی‌های کیفی و عملکرد هواسازها تدوین شده‌است.

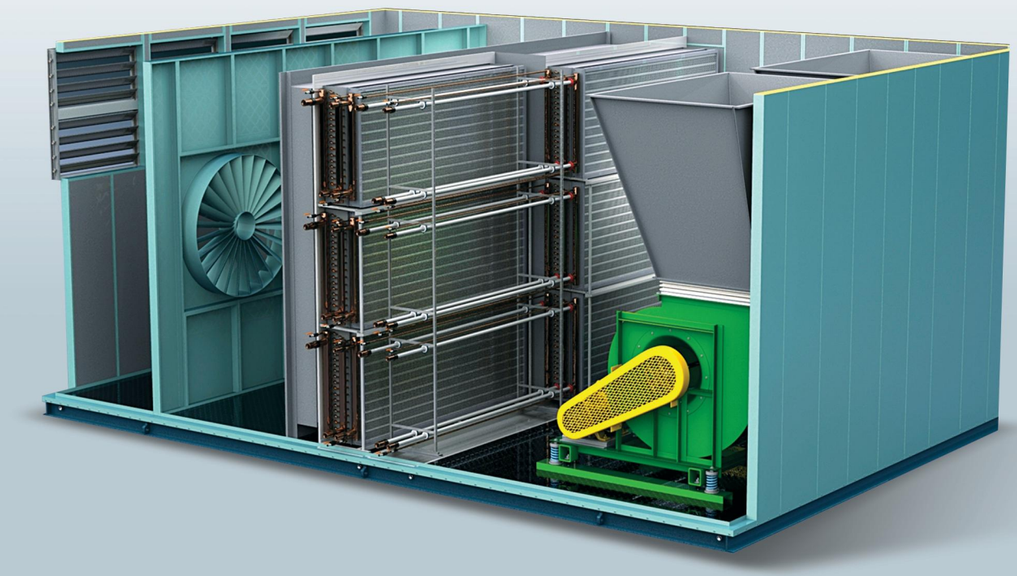
EN 1886
بررسی عملکرد مکانیکی دستگاه هواساز

EN 13053
جهت رتبه بندی عملکرد اجزای هواساز

برخی شاخص‌های مهم تعیین شده در دو استاندارد EN 1886 و EN 13053

استحکام مکانیکی بدنه
بدنه هواساز یکی از مهمترین اجزای آن بوده و حساسیت‌های زیر پیرامون کیفیت آن وجود دارد:

- ضریب انتقال حرارت هدایتی پایین (Thermal Conductivity)
- رسانایی حرارتی پایین (Thermal Transmittance)
- عایق صوتی
- نشتی پایین هوا (Air Leakage)
- قابلیت تحمل و نگهداری تجهیزات داخلی و مقاومت در برابر فشارهای مثبت و منفی ایجاد شونده درون دستگاه
- ملاحظات بهداشتی و سازگاری متریال با محیط زیست
- مقاومت در برابر باران، باد و تابش نور خورشید (جهت نصب در فضای آزاد)



استحکام مکانیکی (Mechanical Strength)
دو شاخص کلی برای بررسی استحکام مکانیکی وجود دارد.

- میزان خم شدگی بدنه در شرایط طراحی: میزان تغییر شکل سطح مقطع تحت فشار 1000± پاسکال اندازه‌گیری می‌شود.
- استحکام مکانیکی بدنه در برابر ماکزیمم فشار کاری فن و اطمینان از عدم وجود تغییر شکل دائم : کل دستگاه تحت فشار 25000± پاسکال تست شده و تغییر شکل دائمی اندازه‌گیری می‌شود.

استحکام بدنه (EN1886)

کلاس استحکام	حداکثر انحنای نسبی $(\frac{mm}{m})$	مقاوم در برابر حداکثر فشار کارکرد فن
D1	4	بله
D2	10	بله
D3	نیاز ندارد	بله

نشتی هوای بدنه (Casing Air Leakage Class)
این تست بر مبنای ساختار و شرایط عملکردی اسمی هواساز به دو صورت انجام می‌شود.

- همه قسمت‌ها در شرایط خلا و تحت فشار 400- پاسکال قرار می‌گیرند.
- برای سیستم‌های با فشار کاری کمتر از 700 پاسکال تست در فشار 700 پاسکال، و برای سیستم‌های با فشار کاری بیشتر در همان فشار تست می گردد.

مقدار نشتی مجاز بر مبنای کلاس فیلتر استفاده شده در دستگاه تعیین می‌گردد.

نشتی هوای بدنه (EN1886)

کلاس نشتی	حداکثر درصد نشتی هوا(400- پاسکال) $(\frac{L}{s.m^2})$	کلاس فیلتر (EN 779)
L1	0.15	بالاتر از F9
L2	0.44	F8 -F9
L3	1.32	G1 -G7

نشتی هوای بدنه (EN1886)

کلاس نشتی	حداکثر درصد نشتی هوا(700+ پاسکال) $(\frac{L}{s.m^2})$	کلاس فیلتر (EN 779)
L1	0.22	بالاتر از F9
L2	0.63	F8 -F9
L3	1.9	G1 -G7

نشتی فیلتر (Filter Bypass Leakage)

این پارامتر مربوط به حجم هوای فیلتر نشده‌ای است که از فیلتر عبور می‌کند.این مقدار مجموع هوای عبوری از لبه‌های فیلتر و هوای محبوس در سلول‌های خلاء ایجاد شده در جریان می‌باشد. این تست در اختلاف فشار ۴۰۰ پاسکال در فیلتر انجام می‌شود. جدول زیر مقادیر مجاز نشتی را برای فیلترهای مختلف نشان می‌دهد.

حداکثر مقدار نشتی مجاز

کلاس فیلتر	G1-F5	F6	F7	F8	F9
درصد نشتی مجاز %	6	4	2	1	0.5

رسانایی گرمایی (Thermal Transmittance)

دما و رطوبت هوای داخل بدنه دستگاه متفاوت از هوای خارج می‌باشد. به‌منظور کاهش افت انرژی، می بایست انتقال حرارت از هوای داخل به بیرون، حداقل مقدار ممکن باشد. به عبارت دیگر مقاومت گرمایی بدنه هواساز باید افزایش یابد. به علاوه این موضوع جهت جلوگیری از وقوع کندانس در درون دستگاه نیز اهمیت دارد. اگر بدنه مقاومت گرمایی پایینی داشته باشد، دمای سطح آن به پایین تر از نقطه شبنم رسیده و منجر به ایجاد کندانس می‌شود.

بخصوص در آب و هوای مرطوب که نقطه شبنم بسیار به دمای محیط نزدیک است، کوچکترین مقادیر افت دمای سطح بدنه منجر به بروز کندانس خواهد شد که بطور گسترده در مناطق گرمسیری قابل مشاهده می‌باشد. علاوه بر این، بسته به میزان رطوبت هوای داخل دستگاه، کندانس می‌تواند درون هواساز نیز اتفاق بیفتد. وقوع کندانس علاوه بر اینکه منجر به افت حرارتی می‌شود، معضلات بهداشتی و خوردگی قطعات را نیز به همراه خواهد داشت.

از آنجا که ۹۰% سطح پوششی هواساز مربوط به بدنه دستگاه می‌باشد، رسانایی حرارتی پایین بدنه افت‌های گرمایی را کاهش خواهد داد. معمولا بدنه هواسازها از دولایه تشکیل شده است که مابین آن‌ها عایق (فوم پلی اورتان یا پشم سنگ) قرار می‌گیرد. به دلیل ضخامت پایین ورق بدنه نسبت به ضخامت عایق، تاثیر محسوسی در ضریب رسانایی گرمایی دستگاه ندارد.

- **معادله انتقال گرما**

این معادله که به قانون فوریه معروف است، به وسیله آزمایشات تجربی به دست آمده است.

$$Q = -KA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

ΔT: اختلاف دما	Q : شار حرارتی
Δx: ضخامت	K : ضریب رسانایی گرمایی
	A : سطح انتقال حرارت

جدول روبرو مقادیر مجاز برای ضریب انتقال حرارت در هواساز را بر مبنای استاندارد اروپایی مشخص می‌کند.

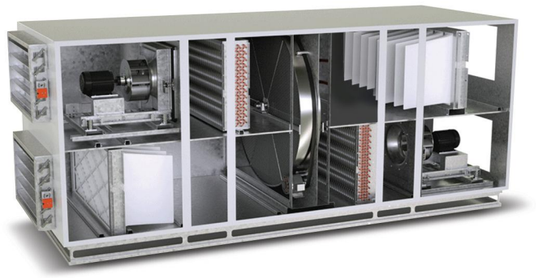
$$U = \frac{P_{el}}{A*\Delta T_{air}}$$

P_{el}	توان الکتریکی هیتر و فن
A	مساحت سطح خارجی هواساز
ΔT_{air}	اختلاف دمای داخل و خارج دستگاه

اختلاف دمای مشخصی بین هوای داخل هواساز و هوای محیط وجود دارد. این اختلاف دما موجب بروز شار حرارتی و در نتیجه اتلاف انرژی می‌شود. برای جلوگیری از این اتلاف، عایق پشم سنگ به ضخامت ۴۸ میلی متر و چگالی $70\frac{Kg}{m^3}$ وضریب رسانایی گرمایی $0.036\frac{W}{mK}$ در بدنه تعبیه شده‌است. ضریب رسانایی گرمایی ورق بدنه به ضخامت ۱ میلیمتر، $46\frac{W}{mK}$ می باشد.

اندازه گیری ضریب رسانایی گرمایی

این ضریب مقدار انتقال حرارت از روی سطح بدنه را در واحد زمان و اختلاف دما نشان می‌دهد. آزمایشات در شرایط پایدار اختلاف دمای ۲۰ درجه ما بین هوای داخل دستگاه و هوای بیرون انجام می‌گیرد. در حالی که نرخ انتقال حرارت درون دستگاه در محدوده W 100-110 می‌باشد، سرعت هوای روی بدنه هواساز می‌بایست کمتر از $0.1\frac{m}{s}$ باشد.



ضریب رسانایی گرمایی U (EN 1886)

کلاس	ضریب رسانایی گرمایی $\frac{W}{m^2 K}$	کیفیت بدنه	خطر بروز کندانس
T1	U<0.5	بسیار بالا	بسیار پایین
T2	0.5<U<1	بالا	پایین
T3	1<U<1.4	متوسط	متوسط
T4	1.4<U<2	پایین	بالا
T5	عدم نیاز	بسیار پایین	بسیار بالا

پارامتر پل حرارتی

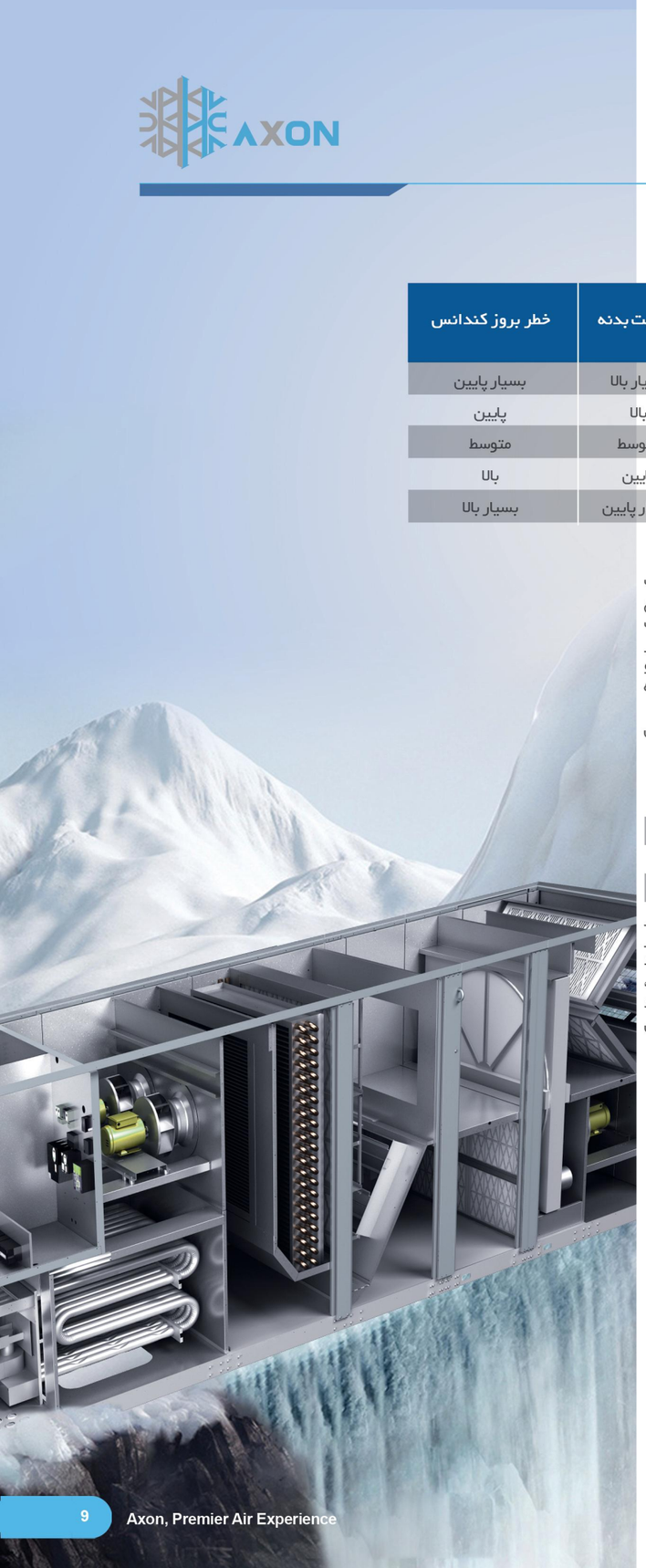
احتمال وقوع کندانس روی پوشش دستگاه با محاسبه ضریب رسانایی گرمایی آن قابل تخمین است. ممکن است به دلیل توزیع غیریکنواخت دما روی سطح بدنه هواساز، علی رغم اینکه ضریب رسانایی بروز کندانس را محتمل نشان نمی‌دهد، در قسمت‌هایی که ضعف عایق بندی وجود دارد، دما پایین آمده و کندانس رخ دهد. بنابراین بررسی ضریب رسانایی گرمایی به تنهایی برای اطمینان از عدم وقوع کندانس کافی نیست.

شاخص پل حرارتی در شرایط مشابه ضریب رسانایی گرمایی آزمایش و اندازه گیری می‌شود.

$$K_b = \frac{(T_i - T_{max})}{(T_i - T_a)}$$

T_{max}	حداکثر دمای سطح هواساز در شار گرمایی ثابت
T_i	دمای داخل هواساز در شرایط پایدار
T_a	دمای هوای محیط در شرایط پایدار

پارامتر پل حرارتی (Thermal Bridging Factor)همواره عددی بین صفر و یک می باشد. هرچه به عدد ۱ نزدیکتر باشد، احتمال وقوع کندانس کمتر و هرچه به عدد صفر نزدیکتر باشد، خطر بروز کندانس بیشتر خواهد بود.از آنجا که بروز کندانس در دستگاه‌های هواساز بسیار شایع می‌باشد، می‌بایست هنگام خرید دستگاه به این پارامتر در کنار سایر موارد توجه ویژه‌ای گردد. دمای داخل و خارج پوسته یک هواساز ایده‌آل می بایست یکنواخت و نزدیک به دمای محیط نصب دستگاه باشد.



پل حرارتی K_b (EN 1886)

کلاس	پارامتر پل حرارتی K_b $\frac{W}{m^2 K}$	کیفیت بدنه	خطر بروز کندانس
TB1	$0.75<K_b\leq1$	بسیار بالا	بسیار پایین
TB2	$0.6<K_b\leq 0.75$	بالا	پایین
TB3	$0.45<K_b\leq 0.6$	متوسط	متوسط
TB4	$0.3<K_b\leq 0.45$	پایین	بالا
TB5	عدم نیاز	بسیار پایین	بسیار بالا

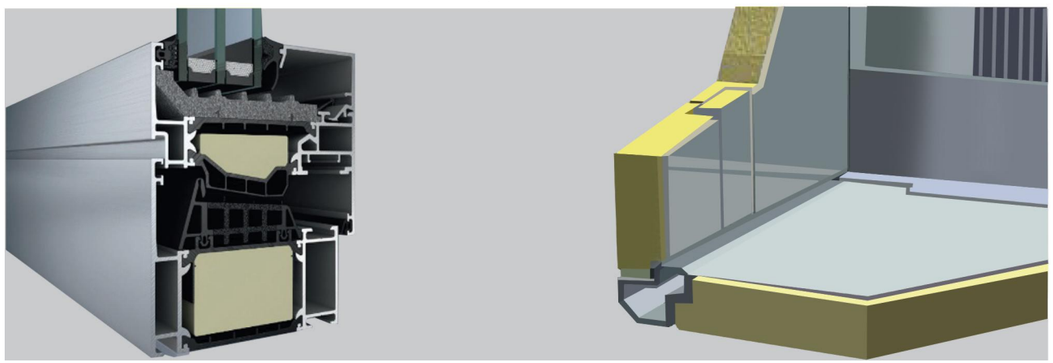
مشخصات فنی بر مبنای EN1886:2007

استحکام مکانیکی	D1	D2		D3	
	4	10		>10	
نشتی هوای بدنه	L1(f400)	L2(f400)		L3(f400)	
	0.15	0.44		1.32	
	L1(f700)	L2(f700)		L3(f700)	
	0.22	0.63		1.9	
نشتی فیلتر	F9	F8	F7	M6	G1-M5
	0.5	1	2	4	6
رسانایی گرمایی	T1	T2	T3	T4	T5
	U<0.5	0.5<U<1	1<U<1.4	1.4<U<2	U>2
پل حرارتی	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5
	$0.75<K_b<1$	$0.6<K_b<0.75$	$0.45<K_b<0.6$	$0.3<K_b<0.45$	$K_b<0.3$

اجزای اصلی هواسازهای Axon

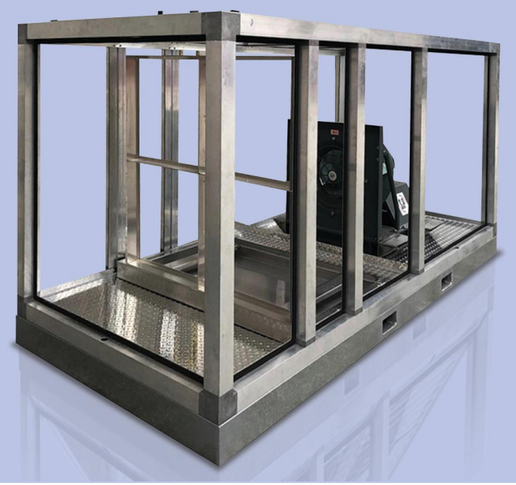
بدنه‌ی هواساز

- طول عمر بالا در شرایط سخت آب و هوایی به دلیل استفاده از Magnelis در بدنه
- مقاومت ۵ برابری در برابر خوردگی نسبت به ورق های گالوانیزه استاندارد
- افزایش استحکام با استفاده از PVC در بدنه و عایق بودن در برابر حرارت به دلیل ساختار متخلخل آن
- پروفیل مقعر اتصالات در داخل و ایجاد لبه‌های ملایم و سهولت تمیزکاری و کاهش پل حرارتی
- عایق کاری با ۵۰ میلی متر پشم سنگ (۵۰ میلی متر پلی اورتان بصورت سفارشی)



شاسی و قاب

- در حالت استاندارد از جنس ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی‌متر
- استفاده از کامپوزیت با مقاومت مکانیکی بالاتر نسبت به فولاد و سبک‌تر نسبت به آلومینیوم (بصورت سفارشی)
- ضریب انتقال حرارت پایین‌تر کامپوزیت نسبت به فولاد و آلومینیوم و در نتیجه افزایش ضریب پل حرارتی بین قاب، پنل و همچنین اتصالات



استفاده از کامپوزیت

- کامپوزیت متشکل از چندین ماده مختلف است که هر کدام به تنهایی برطرف کننده نیاز این کاربرد نیستند اما ترکیب آن ها در سطح کلان خصوصیات مفیدی را ایجاد می‌نماید.
- کامپوزیت متشکل از یک هسته فیبری است که توسط مواد matrix و با حجم غالب پوشیده شده است.
- فیبر، استحکام و تحمل بار را به همراه دارد در حالیکه مواد matrix از ایجاد و گسترش ترک در حالت تغییر شکل پلاستیک کامپوزیت جلوگیری می‌نماید.
- کاربرد دیگر مواد matrix توزیع یکنواخت نیرو به کامپوزیت ها و حفظ ساختار آن زیر بار می‌باشد.
- وزن کم، مقاوم در مقابل خوردگی و عایق بودن در برابر حرارت، الکتریسیته و صدا از دیگر ویژگی‌های کامپوزیت است.
- قابلیت‌های دیگری مانند شکل‌دهی آسان، نسوز بودن و جذب ارتعاشات از مزایای کامپوزیت می‌باشد.

ورق های فلزی Magnelis (سفارشی)

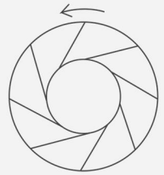
- تولید شده در خطوط تولید مرسوم گالوانیزه و با حمام Zinc مذاب با ترکیب ۳/۵ % آلومینیوم و ۳ %منیزیم
- روکش منیزیمی مقاوم در برابر خوردگی
- بسیار مناسب برای مناطق با هوای دارای آلاینده‌های اسیدی و یا رطوبت
- عملکرد مناسب برای مصارف بهداشتی

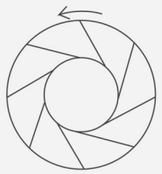
مقاومت در مقابل خوردگی

سطوح مرطوب خارج از کنترل درون هواساز مکان های مناسبی برای رشد میکرو ارگانیسم ها و بروز خوردگی هستند که موجب ایجاد مشکلات بهداشتی می شوند. پارامتر Thermal Bridging معیاری برای تعیین میزان بحرانی بودن این مسئله در هواسازها می باشد که از TB1(بهترین حالت) تا TB5 سطح بندی شده است. هواسازهای Axon با استفاده از کامپوزیت و ورق‌های magnelis به سطح TB1 دست یافته اند.

فن

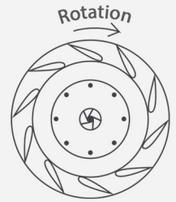
اساس کار فن‌های سانتریفیوژ بر تبدیل انرژی دینامیکی به فشار استاتیکی می‌باشد که این عمل در فن توسط هوزینگ صورت می گیرد. به این صورت که وقتی هوا وارد فن می شود متراکم شده و انرژی دینامیکی آن در اثر افزایش سرعت زیاد شده و این انرژی در هوزینگ در اثر افزایش سطح به فشار تبدیل می شود.
این نوع فن‌ها بر اساس زاویه و جهت پره‌های فن به دو دسته‌ی کلی فوروارد(Forward) و بکوارد (Backward) تقسیم‌بندی می‌شوند. در فن های سانتریفیوژ فوروارد، زاویه پره‌ها هم جهت با جهت چرخش محور فن و در نوع بکوارد این زاویه خلاف جهت چرخش می‌باشد.


پره بکوارد


پره فوروارد

علاوه بر استفاده‌ی عمومی این دو نوع فن در هواسازها، دو نوع خاص از فن بکوارد به علت تفاوت‌های ساختاری و کاربردی ویژه در هواسازهای تهویه مطبوع کاربرد دارند:

- **فن بکوارد پره ایرفویل (Airfoil):** پروفیل پره‌های این نوع فن به صورت منحنی است. معادله‌ی این منحنی به صورتی طراحی شده است که بر اساس پروفیل جریان هوا در ساختمان فن، بالاترین راندمان ممکن را داشته باشد.



پره ایرفویل

- **پلاگ فن ها:** این دسته جز فن‌های بکوارد با راندمان بالا تقسیم‌بندی می‌شوند. قطر آن‌ها نسبت به فن‌های بکوارد معمول بیشتر و عرض کمتری دارند. محفظه‌ی هوزینگ نداشته و به جای آن از یک باکس آلومینیومی با عایق صوتی و حرارتی استفاده می‌شود. علاوه بر این سیستم انتقال گشتاور آن به صورت مستقیم بوده و از تسمه استفاده نمی‌شود. عدم وجود تسمه و هوزینگ باعث کاهش تولید و انتقال آلاینده به هوای تهویه می‌شود. نوع پروفیل پره و انتقال غیر مستقیم جریان هوا به کانال، موجب کاهش جریانات آشفته و یکنواختی جریان خروجی می‌شود. کلیه‌ی این موارد پلاگ فن را به عنوان مناسب‌ترین گزینه برای هواسازهای هایژنیک و بیمارستانی مطرح کرده است.

فن‌های سانتریفیوژ مورد استفاده در هواسازهای Axon

فن‌های فوروارد

- فشار پایین
- دبی بالای هوا
- کاربرد عمومی برای تهویه
- بازده متوسط
- سیستم پولی و تسمه

فن‌های بکوارد

- فشار بالا
- دبی بالای هوا
- کاربرد برای ایجاد شرایط آسایش
- بازده بالا
- سیستم پولی و تسمه/ اینورتر

پلاگ فن

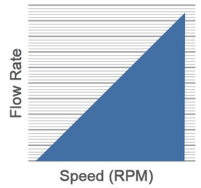
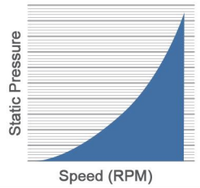
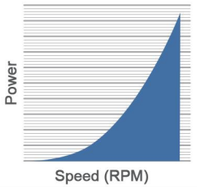
- فشار بالا
- دبی بالای هوا
- کاربرد برای ایجاد شرایط آسایش/ بهداشتی
- بازده بالا
- سیستم اینورتر

پلاگ فن EC

- فشار بالا
- دبی بالای هوا
- کاربرد برای ایجاد شرایط آسایش/ بهداشتی
- بازده بالا
- کنترل اتوماتیک دور فن

قوانین فن‌ها

ارتباط پارامترهای سرعت، توان مصرفی و فشار کاری جریان فن‌ها توسط قوانین حاکم بر آن‌ها قابل محاسبه و پیش‌بینی است. با استفاده از این روابط و با توجه به تغییرات سرعت چرخش فن می‌توان مقادیر توان مصرفی و فشار را در نقاط عملکردی جدید به دست آورد.

(سرعت)~ دبی جریان	(سرعت)^2 ~ فشار	(سرعت)^3 ~ توان
		
$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{N_1}{N_2}$	$\frac{SP_1}{SP_2}=(\frac{N_1}{N_2})^2$	$\frac{P_1}{P_2}=(\frac{N_1}{N_2})^3$
افزایش یا کاهش ۱۰ درصدی دور فن، موجب زیاد یا کم شدن ۱۰ درصدی جریان خواهد شد.	کاهش ۱۰ درصدی دور فن موجب کاهش ۱۹ درصدی فشار استاتیکی و افزایش ۱۰ درصدی دور فن موجب افزایش ۲۱ درصدی فشار استاتیکی خواهد شد.	کاهش ۱۰ درصدی دور فن موجب ۲۷ درصد توان کمتر و افزایش ۱۰ درصدی دور فن باعث ۳۳ درصد توان بیشتر خواهد شد.

محاسبات مربوط به فن

برای انتخاب فن اطلاعات زیر مورد نیاز است:

- مقدار دبی هوا
- مقدار فشار داخلی و خارجی دستگاه
- چگالی هوا بر مبنای دما و ارتفاع از سطح دریا
- وضعیت مکان کارکرد دستگاه
- نوع فن و نحوه انتقال قدرت (تسمه و پولی یا کوپل مستقیم)

مقدار دبی هوا

از روش‌های مختلفی همچون تعداد دفعات تعویض هوا، مقدار هوای لازم به ازای هر نفر، سرعت جریان هوا و روش مقدار انتقال حرارت قابل محاسبه است. اما به طور کلی متداول ترین روش، تعداد دفعات تعویض هوا در فضا می‌باشد.

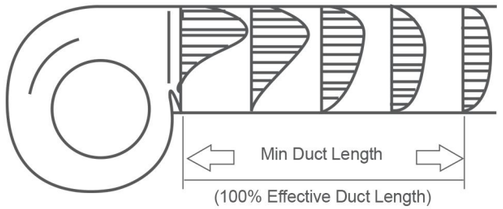
مکان	پذیرایی	آشپزخانه	کتابخانه	اتاق عمل	سالن کنفرانس
تعداد دفعات تعویض هوا در ساعت	6-8	15-30	3-5	15-20	10-15

افت فشارهای داخلی و خارجی

افت فشار داخلی به واسطه تجهیزات داخلی نصب شده در مسیر جریان بعد از فن مانند فیلتر، مبدل بازیافت حرارت، دمپرها و ... ایجاد می شود. حال آن‌که افت فشار خارجی ناشی از کانال‌های انتقال هوا، زانویی، سه‌راهی، فیلترها، دریچه ها و ... می‌باشد. حداقل طول مورد نیاز بعد از فن، جهت کامل شدن پروفیل جریان مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود که رابطه مستقیمی با بازده فن و راندمان دستگاه دارد.

در صورتی که سرعت هوا بیشتر از $13\frac{m}{S}$ باشد: $L_e=\frac{V_0\sqrt{A_0}}{4.5}$

در صورتی که سرعت هوا کمتر از $13\frac{m}{S}$ باشد: $L_e=\frac{\sqrt{A_0}}{350}$



V_0 : $[\frac{m}{s}]$ سرعت هوا در کانال

L_e : [m] طول کانال

A_0 : $[mm^2]$ سطح مقطع کانال

به همین دلیل در ظرفیت‌های هوادهی بالا، معمولا تعداد فن ها بیش از یک عدد طراحی می‌شود تا سایز هر فن کوچک شده و طول موثر مورد نیاز بعد از فن (fan section) کمتر شود. در نتیجه ابعاد کلی هواساز به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

تاثیر دما و ارتفاع بر چگالی هوا

هر فن در یک دور(RPM) مشخص، ظرفیت جابه‌جایی حجم مشخصی از هوا را دارد. مقدار جرم هوای منتقل شده وابستگی مستقیم به چگالی هوای محل نصب دستگاه دارد. با توجه به روابط زیر ضرایب اصلاحی متناسب با فشار و دمای غیر از حالت استاندارد (دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱ اتمسفر) انتخاب می‌گردد.

$$BCF = \frac{P_H}{P_0} = \frac{\text{فشار بارومتریک ارتفاع مورد نظر}}{\text{فشار بارومتریک در سطح دریا}}$$

BCF: ضریب اصلاحی بارومتریک
P_H: فشار بارومتریک در ارتفاع مورد نظر
P_0: فشار بارومتریک در سطح دریا

رابطه‌ی فوق با ساده سازی بر اساس ارتفاع به صورت زیر تغییر می‌کند: $(1-2.25580 \times 10^{-5} \times H)^{5.2561} \times 101.325$ = فشار بارومتریک

ارتفاع (m)	دما (°C)	فشار بارومتریک (KPa)
-500	18.2	107.478
0	15	101.325
500	11.8	95.461
1000	8.5	89.874
2000	2	79.495
3000	-4.5	70.108
4000	-11	61.640

با افزایش ارتفاع، چگالی هوا کاهش می‌یابد که مقدار دقیق آن از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\rho = \frac{P \cdot P_w}{R_a \times T}$$

T: دمای هوا
P: فشار بارومتریک
P_w: فشار اشباع بخار آب در فشار ۱۵ کیلوپاسکال
R_a: ثابت عمومی هوا

شرایط محل کارکرد دستگاه

منظور از وضعیت مکان کارکرد دستگاه، شرایط دمایی، بهداشتی و پارامترهای مشابه است. چرا که مثلا برای مکانی با دمای بالا نیاز به استفاده از فن با مقاومت بالا در برابر دما است. ویا در مکان با حساسیت بهداشتی بالا استفاده از فن با سیستم پولی و تسمه توصیه نمی‌شود.

سیستم انتقال توان فن

براساس استانداردهای موجود، تنها پلاگ فن‌ها از سیستم انتقال قدرت کوپل مستقیم استفاده کرده و سایر فن‌های سانتریفیوژ از سیستم پولی و تسمه استفاده می‌کنند. طبیعتا سیستم پولی و تسمه به دلیل انتقال توان غیر مستقیم راندمان کمتری دارد.
نسبت مقدار برق مصرفی به حجم دبی هوای منتقل شده توسط فن را توان مخصوص فن یا SFP گویند که مطابق جدول زیر سطح بندی می‌شود.

$$SFP = \frac{P_e}{V}$$

کلاس	SEP
SFP1	<500
SFP2	500-750
SFP3	750-1250
SFP4	1250-2000
SFP5	2000-3000
SFP6	3000-45000
SFP7	4500 >

موتور الکتریکی

بازده	کد
بسیار بالا	IE4
بالا	IE3
متوسط	IE2
پایین	IE1
	تعریف نشده

موتور الکتریکی توان مورد نیاز گردش فن را با تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی تامین می‌نماید. سیستم انتقال قدرت موتور به فن علاوه بر پولی و تسمه می تواند به صورت کوپل مستقیم هم باشد. بخش عمده مصرف برق هواساز صرف تامین انرژی موتور می‌شود.
بنابراین انتخاب موتور با بازده مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. جدول مقابل طبقه‌بندی بازده موتورها را براساس استاندارد EN 60034-30 نشان می‌دهد.

نوع فن انتخابی، هندسه آن و نحوه قرارگیری بر روی شاسی در طراحی محفظه‌ی فن تاثیرگذار می‌باشد. بطور کلی بدنه هواساز برای انواع مختلف فن یکسان بوده ولی پایه سیستم و ضربه گیر مورد استفاده متفاوت است. بر طبق نوع فن و حالت عملکرد، سه تیپ مختلف برای هواساز های Axon تعریف می‌شود:

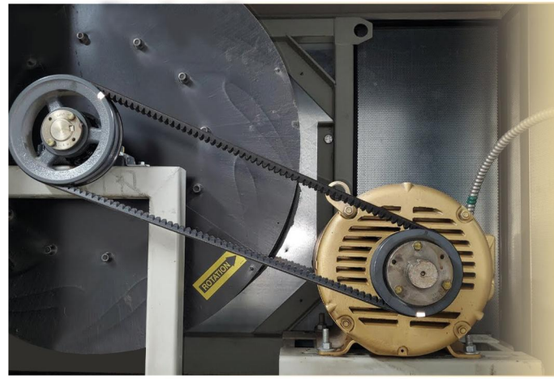
- هواساز با فن سانتریفیوژ
- هواساز با پلاگ فن
- هواساز با فن‌های سری

هواساز با فن سانتریفیوژ

سیستم انتقال قدرت از موتور به فن معمولا بوسیله پولی و تسمه می‌باشد. به منظور جلوگیری از انتقال لرزش به سایر قسمت‌ها، فن و موتور روی یک پایه‌ی واحد نصب شده و به لرزه گیر مجهز می‌شوند. این لرزه‌گیر بر اساس وزن فن، الکتروموتور و میزان لرزش آن می‌تواند از جنس لاستیکی یا فنری باشد.
جهت جلوگیری از انتقال لرزش به بدنه دستگاه، اتصالات فن به بدنه انعطاف‌پذیر طراحی شده است. پس از نصب فن و الکتروموتور درون هواساز، موارد زیر بررسی شده و مورد تست قرار می‌گیرند:

- عدم وجود انحراف
- عدم وجود اصطکاک مکانیکی
- ارتباط پولی و تسمه
- اتصالات انعطاف پذیر فن و خط تخلیه
- کابل‌های ارتباطی
- لرزه گیر
- فاصله ورودی و خروجی دستگاه

سیستم پولی و تسمه



طراحی سیستم پولی و تسمه به منظور انتقال بهینه توان از موتور به فن و به حداقل رسیدن افت انرژی اهمیت بالایی دارد.

- قطر پولی با توجه به حداکثر و حداقل گشتاور اعمالی شفت موتور و فن انتخاب می‌گردد.
- قطر پولی نباید از قطر فن بزرگتر باشد تا مقطع جریان ورودی را محدود نکند.
- مشخصات پولی و تسمه انطباق داشته باشند.
- به منظور انتقال قدرت مناسب و افزایش عمر تسمه، شیار پولی فن و موتور باید دقیقا به صورت هم راستا تنظیم شود.

محاسبات پولی

قطر پولی فن × دور فن = قطر پولی موتور × دور موتور

افت توان انتقالی از موتور به فن حدود ۱۰-۲۰٪ فرض می‌شود.

طراحی استاندارد هواساز‌های Axon استفاده از تسمه و پولی های با شیار V شکل می‌باشد.

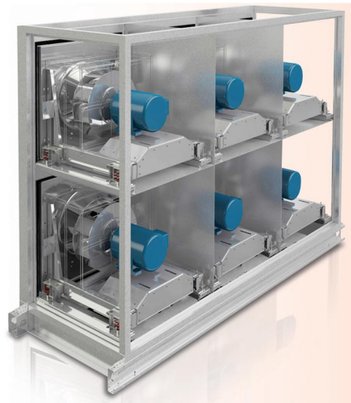
سیستم لرزه گیر

در هواساز با فن سانتریفیوژ، موتور فن توسط یک پایه ثابت بر روی شاسی قرار گرفته است، در حالی که خود فن با اتصالاتی انعطاف‌پذیر به پنل متصل شده است. تجهیزات ضد لرزش بین پایه فن و پایه ثابت قرار می‌گیرند تا انتقال لرزش ناشی از چرخش فن به بدنه هواساز را به حداقل برسانند.

عوامل زیر در زمان انتخاب لرزه گیر باید مورد توجه قرار گیرند:

- وزن فن و متعلقات
- تخمین دقیق مرکز جرم فن و متعلقات
- تعداد و موقعیت لرزه‌گیرها
- سرعت چرخش فن (RPM)
- فرکانس نیروی عامل ایجاد لرزش

هواساز با پلاگ فن



سیستم انتقال قدرت از موتور به فن در این نوع فن با سایر فن‌های سانتریفیوژ متفاوت است. انتقال قدرت بوسیله شفت و به صورت مستقیم صورت گرفته و افت ۱۰-۲۰ درصدی سیستم پولی و تسمه حذف می‌گردد. برای کنترل دور موتور از اینورتر استفاده می‌شود. استفاده از پلاگ فن در کاربردهایی که نیاز به کنترل دقیق جریان هوا دارند و همچنین کاربری‌های بهداشتی متداول است. معمولا نسبت به سایر فن‌های سانتریفیوژ فضای کمتری اشغال می‌کنند و تمیزکاری آن‌ها آسان‌تر انجام می‌شود. همچنین جریان هوای خروجی این نوع فن یکنواخت تر و صدای تولیدی کمتر می‌باشد.

هواساز با فن های سری

به منظور کاهش طول هواساز می توان به جای استفاده از یک فن با قطر بزرگ از تعداد بیشتری فن با قطر کوچکتر استفاده نمود تا طول لازم برای یکنواختی پروفیل جریان کاهش یافته و نهایتا منجر به کاهش طول کلی هواساز گردد.

کویل‌های سرمایشی-گرمایشی

کویل‌های دستگاه براساس طراحی و کاربری مورد نیاز، از انواع آب سرد، آب گرم، بخار و انبساط مستقیم (Direct Expansion) انتخاب می‌شوند. بر اساس شرایط کاربری از لوله مسی- فین آلومینیومی و یا لوله فولادی - فین فولادی استفاده می‌گردد.

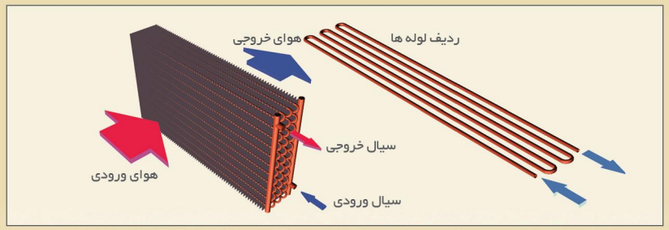
جهت افزایش مقاومت در برابر خوردگی، فین‌های آلومینیومی با پوشش اپوکسی پوشیده می‌شوند. برای فشارهای تا ۲ بار از لوله‌های مسی و برای مقادیر بالاتر از لوله های فولادی استفاده می‌شود. قطر استاندارد لوله ها $\frac{1}{2}$ in, $\frac{3}{8}$ in, $\frac{5}{8}$ in است.

تعداد ردیف لوله‌ها

انتخاب تعداد مدار و ردیف‌های کویل پارامتری بسیار مهم در طراحی و راندمان کلی کویل می‌باشد. با ثابت بودن سایر پارامترهای طراحی، افزایش تعداد ردیف، سطح انتقال حرارت و در نتیجه انتقال حرارت کلی کویل را افزایش می‌دهد. اما باعث افزایش هزینه‌ی اولیه و بالا رفتن شدید افت فشار داخلی می‌شود که تاثیر منفی بر عملکرد فن خواهد داشت. تعداد ردیف پایین هم ممکن است عملیات انتقال حرارت را با مشکل مواجه کند. بنابراین این پارامتر باید به نحوی تعیین شود که با حداقل هزینه و افت فشار، حداکثر راندمان حرارتی را تامین نماید.

به عنوان یک قانون کلی، ظرفیت انتقال حرارت حاصل از واحد سطح کویل با افزایش تعداد ردیف لوله‌ها کاهش یافته و راندمان کلی کویل پایین می‌آید. یعنی اگر یک کویل ۲ ردیفه به کویل ۴ ردیفه تبدیل شود ظرفیت ۲ برابر نخواهد شد. بنابراین به منظور کسب حداکثر راندمان سطحی بهتر است کویل با حداقل تعداد ردیف لوله‌ی ممکن طراحی شود.

متوسط اختلاف دمای لگاریتمی در حالت گرمایش بالاتر از حالت سرمایش است. در نتیجه طبق معادله‌ی انتقال حرارت و در ظرفیت هوادهی یکسان، فرایند گرمایش سطح کویل کمتری نسبت به حالت سرمایش نیاز دارد. بنابراین کویل‌های گرمایشی ۱ یا ۲ ردیفه و کویل‌های سرمایشی حداقل ۳ ردیفه طراحی می‌شوند.

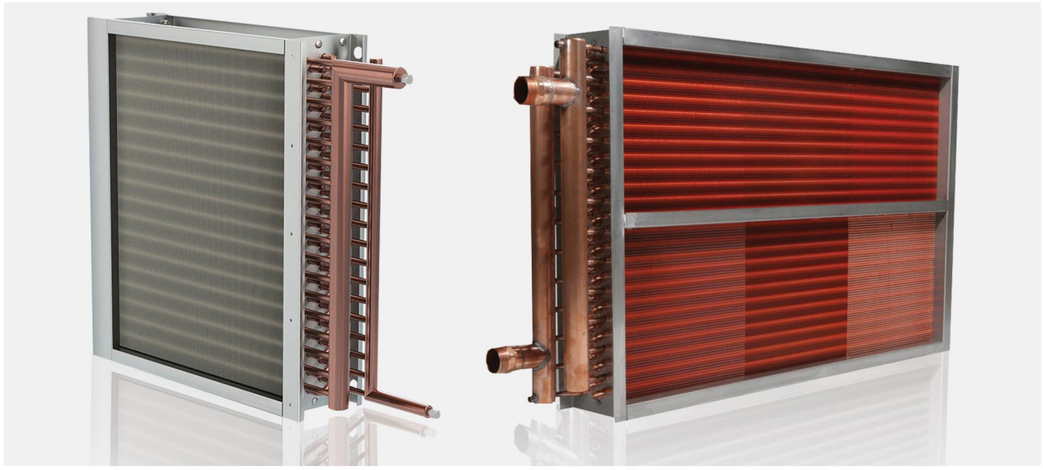


پوسته کویل می‌تواند بر حسب کاربرد از فولاد گالوانیزه، فولاد رنگ شده و یا مواد Magnelis ضد زنگ باشد.

فین‌ها (Fin) : فین یا پره‌ها سطوح اصلی انتقال حرارت کویل هستند که با فاصله (pitch) ۲.۱ تا ۳.۲ میلی متر عمود بر مسیر لوله، بر روی لوله‌ها نصب شده‌اند. در ابعاد ثابت، کاهش این فاصله، تعداد فین‌ها و در نتیجه سطح انتقال حرارت را افزایش می‌دهد. از طرفی تراکم بالای فین‌ها افت فشار کویل را افزایش می‌دهد. کاهش سرعت هوا در کویل‌های پرتراکم موجب تجمع گرد و خاک روی فین‌ها می‌شود. در صورت عدم تمیزکاری کویل در فواصل زمانی معین راندمان آن به شدت کاهش می‌یابد.

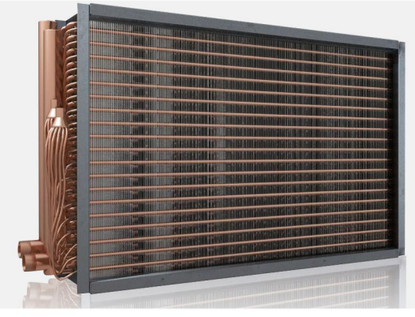
بر مبنای نیاز می توان سطح فین را با مواد مختلفی پوشاند:

- برای جلوگیری از تجمع قطرات آب حاصل از کندانس بر روی کویل، از روکش هیدروفیلیک استفاده می شود. خاصیت آب‌گریزی این ماده باعث تجمیع قطرات و دفع آن به پایین کویل می‌شود.
- روکش اپوکسی برای افزایش مقاومت سطوح فین در مقابل خوردگی مخصوص مناطقی با پتانسیل خوردگی بالاست.
- روکش فنولیک برای ایجاد مقاومت بسیار بالا در مقابل خوردگی برای مناطق بحرانی از نظر هوای با آلاینده‌های اسیدی و نمکی استفاده می‌شود.



کویل‌های انبساط مستقیم (Direct Expansion-DX)

در سیستم انبساط مستقیم، بجای آب، مبرد در لوله‌های کویل جریان دارد. مبرد با جذب گرما در فرآیند تبخیر عمل سرمایش و با دفع گرما در فرآیند کندانس عمل گرمایش را انجام می‌دهد. به بیان دیگر کویل به عنوان اواپراتور سیکل تراکمی در حالت سرمایش، یا کندانسور سیکل تراکمی در حالت گرمایش عمل می‌کند. برخلاف سایر سیستم‌ها همچون چیلر که حرارت به واسطه‌ی آب بین سیستم و هوا جابه جا می‌شود، در سیستم DX انتقال حرارت مستقیما توسط مبرد صورت می‌پذیرد. ساختار کلی این کویل‌ها مشابه کویل‌های آبی است با این تفاوت که در ورودی و خروجی کویل، کلکتورهای خاصی جهت توزیع و جمع آوری مبرد استفاده می‌شود. همچنین به علت فشار کاری بالای مبرد، این کویل‌ها در کلاس فشاری متفاوتی نسبت به کویل‌های آبی تولید می‌شوند.



مزایای سیستم DX

کاهش تلفات حرارتی مهم‌ترین مزیت سیستم انبساط مستقیم می‌باشد، با این حال مزایای دیگر این سیستم به شرح زیر است:

- ضریب عملکرد سرمایی بالا، هزینه جاری پایین، زمان راه اندازی بسیار کم و هزینه نگهداری به مراتب پایین تر از سایر سیستم‌ها
- مونتاژ آسان و کم هزینه
- امکان تامین سرمایش و گرمایش با یک یونیت خارجی VRF
- انتخابی مناسب برای ساختمان‌ها و فضاهای کوچک به دلیل سهولت و سرعت اجرا
- مناسب برای پروژه‌هایی که در تامین انرژی محدودیت دارند
- رفع احتمال یخ زدگی کویل در زمستان (که در کویل‌های آبی وجود دارد)
- عدم نیاز به منابع مختلف انرژی (تنها منبع مصرف انرژی خود دستگاه می‌باشد)
- عدم تاثیر سوءعملکرد یک یونیت روی کل سیستم (به دلیل متمرکز نبودن سیستم)
- حذف افت حرارتی مسیر و لوله‌های انتقال از یونیت خارجی به داخلی
- عمر مفید بالاتر نسبت به سیستم های متداول
- سطح صدای پایین

معایب سیستم DX

در عین مزایای ذکر شده کویل DX معایبی نیز وجود دارد که به شرح زیر می‌باشند

- هزینه اولیه بالاتر به نسبت سایر سیستم‌ها
- افت ظرفیت سیستم به دلیل کاهش بازدهی کندانسور در دماهای بالاتر از ۴۳ درجه سانتی گراد
- افت ظرفیت سیستم در حین عمل دیفراست توسط کندانسور

با این حال، برخی از این معایب با اضافه کردن تجهیزات جانبی مانند کویل گرمایشی آبی یا الکتریکی قابل برطرف شدن می باشند.

مقدار آب کندانس روی کویل

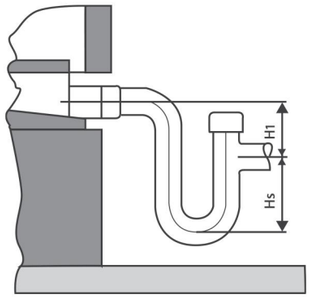
اگر دمای سطح کویل پایین تر از نقطه شبنم هوا باشد، بخار آب موجود در هوای عبوری در تماس با کویل تغییر فاز داده و به مایع تبدیل می‌شود. آب کندانس شده می‌بایست جمع آوری شده و به سرعت از درون هواساز خارج شود. در غیر این صورت فضاهای مرطوبی درون هواساز ایجاد می‌شود که مکانی برای رشد و تجمع میکروارگانیسم‌ها و بروز مشکلات بهداشتی خواهد شد. مقدار آب کندانس را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود. در این رابطه، ω_2 و ω_1 به ترتیب نسبت رطوبت هوای خروجی و ورودی کویل، m دبی حجمی هوای عبوری و Q دبی جرمی آب کندانس می‌باشد

$$Q = m \times (\omega_1 - \omega_2)$$

سینی درین

سینی درین وظیفه‌ی جمع‌آوری و هدایت آب کندانس به خارج از دستگاه را دارد. این سینی از ورق فولاد ضد زنگ تولید می‌شود. طراحی شیبدار، آب را به گوشه‌های سینی هدایت می‌کند تا از طریق لوله تخلیه خارج گردد. طراحی گرد محل اتصال سینی با لوله تخلیه باعث خروج تمامی آب می‌شود بطوریکه در تمامی اوقات سینی خشک نگه داشته شود. زیر سینی با عایق و روکش فولادی پوشیده شده تا از بروز کندانس در سطح آن و همچنین ایجاد پل حرارتی جلوگیری کند. به منظور پیشگیری از سرایت قطرات آب سطح کویل به سایر بخش ها به همراه جریان هوا، زداینده قطرات آب درون هواساز تعبیه می‌شود.

قسمت مهم دیگر سیستم تخلیه، تله مایع(Liquid trap) می باشد. این بخش تاثیر اختلاف فشار داخل هواساز و خط تخلیه را خنثی نموده و موجب سهولت در امر تخلیه آب می‌شود. تله همچنین از نفوذ بوی نامطبوع فاضلاب از طریق لوله تخلیه به فضای داخلی جلوگیری می‌کند. محاسبات و اجرای سیستم تخلیه بسیار با اهمیت است و کوچکترین ایراد منجر به تجمع آب درون هواساز خواهد شد.



برای کاربردهای با فشار مثبت	برای کاربردهای با فشار منفی
H_1 = 35 mm	H_s = P * 0.075 mm
$H_s = \frac{P}{10} + 50$ mm	$H_1 = \frac{P}{10} + 20$ mm

بازیاب حرارت(Heat Recovery)

دستگاه‌های هواساز قابلیت تامین حجم بسیار زیادی از هوای تازه را دارند که می‌بایست جایگزین هوای فضای مورد نظر شود. در سیستم‌های بازیاب قبل از آن‌که هوای خروجی به محیط بیرون هدایت شود، بین آن و هوای تازه‌ی ورودی تبادل انرژی انجام می‌شود.چنانچه انرژی از سیستم دیگری دریافت شود، دیگر بازیابی حرارت نخواهد بود. بنا بر استاندارد VDI2071 انتقال جرم، بازیابی در نظر گرفته نمی‌شود. بنابر این بسیار مهم است که هوای خروجی و هوای تازه در حین فرآیند انتقال حرارت با هم مخلوط نشوند. در نتیجه هوای تمیز ورودی با صرف انرژی کمتری به دمای مطلوب خواهد رسید. همچنین بخش قابل توجهی از انرژی که با هوای خروجی تلف می‌شود، بازیابی خواهد شد. این کاهش هزینه و مصرف انرژی به دلایل زیر حاصل می‌شود:

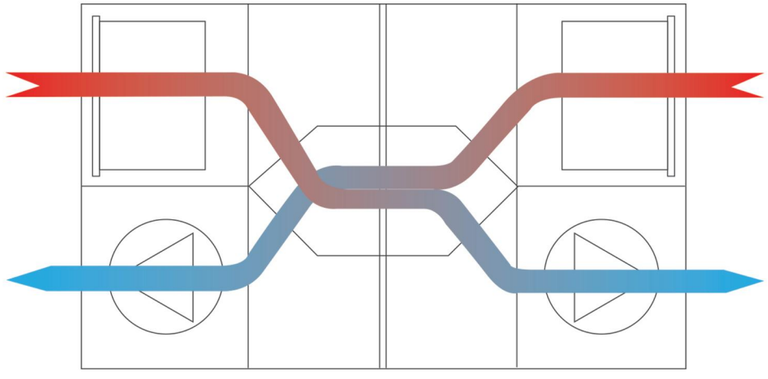
- نیاز به چیلر و بویلر با ظرفیت پایین تر
- نیاز به پمپ‌های کوچکتر
- نیاز به مبدل حرارتی (کویل) کوچکتر درون هواساز

بازیاب عموما با انتقال گرمای محسوس سر و کار دارد و انتقال گرمای نهان با توجه به ساختار آن می تواند صورت گیرد. به طور کلی بازیاب‌ها در دو گروه زیر دسته بندی می‌شوند:

- سیستم‌های بهبود دهنده
- سیستم‌های احیاکننده

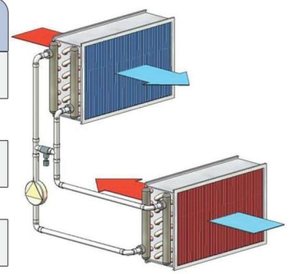
سیستم های بهبود دهنده (Recuperative Systems)

در این نوع سیستم‌ها عمل تبادل حرارت در یک فضای معین انجام می‌شود. هوای برگشت از طریق صفحاتی از هوای تازه جدا شده و جریان هوا می‌تواند موازی یا متقاطع باشد. اگر دمای هوای مرطوب پایین تر از نقطه شبنم باشد، کندانس رخ داده و تبادل گرمای نهان اتاق می‌افتد. انتقال ماده بین دو هوا وجود نخواهد داشت مگر آن‌که نشتی وجود داشته باشد. در این سیستم خطر یخ زدگی وجود داشته و تبادل حرارت بوسیله یک حامل صورت نمی‌گیرد. امکان متوقف کردن فرآیند تبادل حرارت وجود نداشته و تنها از طریق تنظیم دبی جریان هوای برگشت یا هوای تازه قابل کنترل می‌باشد.



سیستم‌های احیاکننده (Regenerative Systems)

گرما از طریق عبور هوا از درون دو کویل مرتبط منتقل می‌گردد. یکی از کویل‌ها در مسیر هوای برگشت و دیگری در مسیر هوای تازه قرار داشته و از طریق لوله کشی به هم مرتبط هستند. سیالی که به وسیله پمپ درون این لوله‌ها جریان می‌یابد که عمدتا آب تصفیه شده می‌باشد، عمل تبادل حرارت بین دو جریان هوا را انجام می‌دهد. دبی جریان نیز از طریق شیرهای تعبیه شده‌ای کنترل می‌شود. در صورتی که دمای هوای برگشت پایین تر از نقطه شبنم باشد، کندانس رخ داده و منجر به انتقال حرارت اضافی بصورت گرمای نهان خواهد شد. همچنین خطر یخ زدگی در این سیستم‌ها نیز وجود دارد.
چرخه بسته این سیستم‌ها امکان استفاده در موقعیت‌هایی که فاصله خط برگشت و هوای تازه زیاد است را فراهم می‌نماید. بنابراین برخلاف سیستم‌های بهبوددهنده نیازی به همگرا شدن جریان‌های هوا نیست هرچند که برای تبادل حرارت واسط انرژی مورد نیاز می باشد. میزان تبادل حرارت به آسانی با تنظیم دبی سیال قابل کنترل بوده و امکان توقف انتقال حرارت (خاموشی سیستم) نیز وجود دارد.

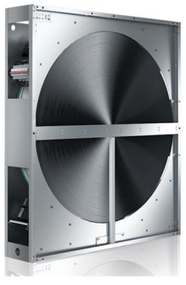


محاسبات مربوط به بازیاب حرارت	
در صورتی که کندانس وجود نداشته باشد	$Q=m_{air} \times C_p \times (T_2 - T_1)$
در صورت وجود کندانس	$Q=m_{air} \times C_p \times (h_2 - h_1)$
دمای هوای تازه ورودی و خروجی به بازیاب : $T_{1,2}$	Q: گرمای تبادل یافته
آنتالپی هوای ورودی و خروجی به بازیاب : $h_{1,2}$	C_p: گرمای ویژه هوا در فشار ثابت
دمای هوای برگشت ورودی و خروجی به بازیاب : $T_{1,2}$	$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T'_2 - T'_1}$

چهار نوع بازیاب حرارتی روتاری، صفحه‌ای، لوله گرمایی و مبدل آبی بیشترین کاربرد را در هواسازهای Axon دارند که بطور جداگانه توضیح داده خواهند شد.

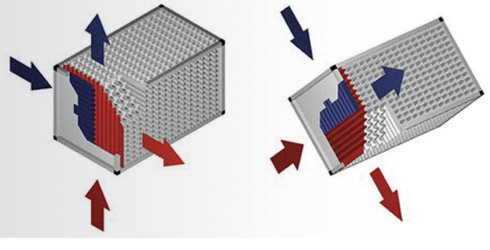
بازیاب روتاری

این نوع مبدل بازیاب حرارت، که به عنوان چرخ حرارتی نیز شناخته می شود، رطوبت و گرما را بوسیله پره‌هایی حمل می‌نماید. این پره‌ها از نوارهای نازک آلومینیومی ساخته می‌شوند که به دور یک دیسک پیچیده شده‌اند. بازیاب با سرعت ۲۰-۱۰ دور در دقیقه چرخیده و بدین صورت انتقال حرارت بین هوای سرد و گرم که در دو بخش مجزا با سطوح آن در تماس هستند، صورت می‌گیرد. بر مبنای خصوصیات پره‌ها، گرمای محسوس و نهان قابل تبادل می باشد. بازیاب روتاری به‌دلیل بازده مناسب (۸۰-۷۵ %) و اشغال فضای کم درون هواساز، بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.
در این نوع، امکان نشت هرچند اندک هوای برگشت به درون هوای تازه وجود دارد.



بازیاب صفحه‌ای

هوای برگشت و تازه در دو مسیر مجاور که بوسیله صفحاتی با ضریب رسانایی گرمایی بالا از هم جدا شده‌اند، جریان یافته و تبادل انرژی صورت می‌گیرد. جنس این صفحات معمولا از آلومینیوم یا پلاستیک فشرده می‌باشد. بازده این مدل بسته به مخالف و یا متقاطع بودن جریان هوا از ۶۵% تا ۹۰% خواهد بود.از مزایای بازیاب صفحه‌ای می توان به سادگی عملکرد و سهولت نگهداری اشاره نمود.



بازیاب مبدل آبی

در مسیر هوای تازه و برگشت یک کویل آبی قرار گرفته می‌شود آب با عبور از کویل قرار گرفته در مسیر هوای گرم، گرما را دریافت کرده و با گذر از کویل دوم در مسیر سرد، به هوای سرد منتقل می‌نماید. این بازیاب برای موقعیت‌هایی که مسیر هوای رفت و برگشت فاصله دارند مناسب می‌باشد.

بازیاب لوله گرمایی

ماده مبرد با بخار شدن گرما را از هوای گرم گرفته و در سمت دیگر با کندانس این گرما را به هوای سرد دفع می‌نماید. این نوع بازیاب کاربرد وسیعی در رطوبت زنی و رطوبت زدایی دارد.

مقایسه انواع بازیاب حرارتی

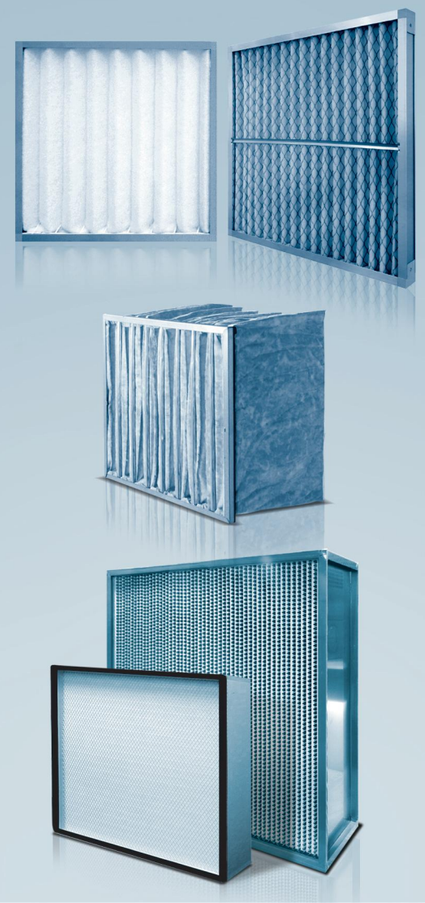
- بازیاب با مبدل آبی مناسب کاربری هایی است که هیچگونه تماس هوای تازه و و برگشت مطلوب نیست.
- بازیاب با مبدل آبی به دلیل وجود آب در زمستان با خطر یخ زدگی مواجه است.لذا باید سیستم ضد یخ مناسب انتخاب نمود.
- بازیاب لوله گرمایی با مبرد کار می کند و فقط امکان طراحی و کار برای یک فصل را دارد. به عبارت دیگر چنانچه برای کار در زمستان طراحی شده باشد، امکان عملکرد در تابستان را ندارد و بالعکس.

ویژگی	بازیاب روتاری	بازیاب صفحه‌ای	بازیاب لوله گرمایی	بازیاب با مبدل آبی
نوع جریان هوا	جریان مخالف جریان موازی	جریان مخالف جریان موازی جریان متقاطع	جریان مخالف جریان موازی	جریان مخالف جریان موازی
حالت انتقال حرارت	محسوس (۵۰-۸۰%) کل (۵۵-۸۵ %)	محسوس (۵۰-۸۰%) کل (۵۵-۸۵ %)	محسوس (۶۵-۴۵%)	محسوس (۶۵-۵۵%)
سرعت سطح (m/s)	۵ - ۲.۵	۵ - ۰.۵	۴-۲	۳-۱.۵
افت فشار سمت هوا (Pa)	۲۵۰-۶۰	۴۵۰-۵	۵۰۰-۱۰۰	۵۰۰-۱۰۰
محدوده دمای کارکرد (°C)	۹۵تا۵۵-	۸۰۰تا۶۰-	۳۵تا۴۰-	۵۰۰تا۴۵-
سایر ویژگی‌ها	قابلیت انتقال رطوبت کم حجم افت فشار پایین	بدون قطعات متحرک افت فشار پایین سهولت تمیزکاری	بدون قطعات متحرک بدون محدودیت مکان قرارگیری فن	قابلیت جدا بودن خط تخلیه بدون محدودیت مکان قرارگیری فن
محدودیت‌ها	نیازمند نگهداری منظم در آب و هوای سرد	امکان بروز انتقال حرارت نهان	محدودیت تامین کنندگان	نیازمند شبیه‌سازی دقیق برای رسیدن به بازدهی بالا
نشتی هوا	۱۰-۱%	۵-۰%	۰%	۰%
کنترل	کنترل سرعت چرخش	دمپر هوا	با تغییر زاویه قرارگیری لوله ها	دمپر هوا و کنترل سرعت پمپ

فیلترها

هوایی که وارد هواساز می‌شود بنابر شرایط محیطی محل نصب دستگاه، حاوی ذرات معلق با ابعاد مختلف می باشد که می بایست با در نظر گرفتن کاربری و شرایط مورد نیاز فضایی که دستگاه برای آن طراحی و انتخاب می‌شود، پاک سازی شود. نحوه عملکرد و کاربرد انواع فیلترهای مورد استفاده در هواسازهای Axon به شرح زیر می‌باشد:

فیلترهای G3 و G4 بیشتر به عنوان پیش فیلتر مورد استفاده قرار می گیرند و می توانند مانع عبور ذرات با اندازه بزرگتر از ۱۰ میکرومتر شوند.برای ساخت آن ها بیشتر از پلی استر استفاده می شود. همچنین امکان استفاده از پلی پروپیلن، پلی اورتان و فلز هم وجود دارد. جنس قاب این فیلترها از فولادگالوانیزه، فولاد ضد زنگ، PVC و یا فایبرگلس می باشد.



فیلتر کیسه ای

فیلترهای کلاس M5، M6، F7، F8، F9 در این دسته قرار می‌گیرند. این فیلترها که از فیبر مصنوعی ساخته شده‌اند، معمولا بعد از پیش فیلتر و قبل از مبدل حرارتی جانمایی می‌شوند. جنس قاب همانند فیلترهای G4 و G3 است و برای فیلتراسیون ذرات به اندازه بین ۱ تا ۱۰ میکرون طراحی شده‌اند.

فیلتر کربن فعال

بو و مواد گازی(۰.۱ میکرون و کوچکتر) با این فیلترها تصفیه می‌شود.

فیلتر متالیک

برای فیلتراسیون هوای شامل ذرات روغن کاربرد دارد و استفاده از آن‌در هودهای آشپزخانه بسیار متداول است.جنس آن از آلومینیوم یا سیم‌های ضدزنگ می‌باشد.

فیلتر هپا

این فیلترها در کلاس‌های H13 وH14 ساخته می‌شوند و قابلیت بسیار بالایی در حذف ذرات و و باکتری‌های موجود در هوا را دارند (۰.۱۲ تا ۰.۲۵ میکرون).
قاب فلزی همراه با فیلتر از جنس PVC باعث بالا رفتن راندمان با کمترین میزان مقاومت در برابر هوا خواهد شد.

برای بهبود عمل فیلتراسیون و افزایش بهره وری توصیه می‌شود به جای فیلترهای تک مرحله‌ای از چند مرحله فیلتر مطابق زیر استفاده شود:

در مسیر هوای تازه

- فیلتر متالیک (درصورت وجود ذرات روغن در هوای تازه)
- پیش فیلتر
- فیلتر کیسه‌ای
- فیلتر کربن (در صورت وجود بو و ذرات گازی در هوا)
- فیلتر هپا (در حداقل فاصله از فضا در خروجی)

در مسیر هوای خروجی (اگزاست)

- فیلتر متالیک (درصورت وجود ذرات روغن)
- پیش فیلتر

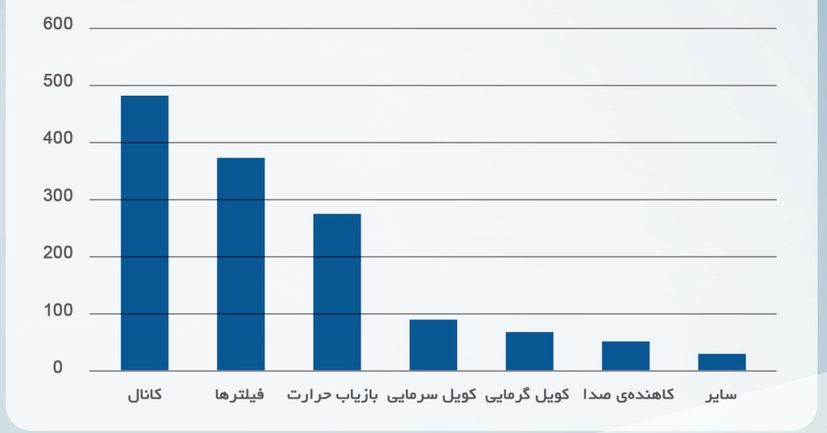
نکته: برای فیلتراسیون درست هوا باید مقطع عرضی جریان یکنواخت هوا منطبق بر سطح مقطع فیلتر باشد. در غیر این صورت یک حداقل فاصله لا برای تشکیل و کامل شدن جریان مورد نیاز است. راه دیگر استفاده از دمپر برای معادل سازی سطح مقطع جریان و فیلتر است.

تاثیر فیلترها بر مصرف انرژی سیستم

افت فشار کلی سیستم اصلی ترین پارامتر در تعیین قدرت مورد نیاز فن و در نتیجه مصرف انرژی الکتریکی هواساز می‌باشد. این افت فشار از مجموع افت‌های ایجاد شده توسط کانال‌های هوا، فیلترها، بازیاب حرارتی، کویل‌های سرمایی و گرمایی، کاهنده‌ی صدا و سایر تجهیزات درون دستگاه به دست می‌آید. فیلترها سهم عمده ای در مقدار این افت فشار دارند. حتی اگر مقدار اولیه افت فیلترها کم باشد، به مرور زمان و با کثیف شدن فیلتر، افزایش خواهد یافت. بنابراین می بایست فیلترها را در افت فشارهای ارائه شده مطابق استاندارد EN13053 تعویض نمود.

کلاس فیلتر	افت فشار آغازی (کاملا تمیز) Pa	افت فشار نهایی (کاملا کثیف) Pa	افت فشار پیشنهادی جهت تعویض فیلتر طبق استاندارد EN13053
G1-G4	60	250	150
F5-F7	100	450	250
F8-F9	120	450	350

سهم اجزای مختلف در افت فشار کلی هواساز



محفظه اختلاط

حجم معینی از هوای تازه در محفظه اختلاط با هوای برگشت مخلوط شده و نیاز هوای تازه فضا را تامین می نماید. نسبت میزان دبی هوای تازه و برگشت وابسته به کیفیت هوای برگشت و نیاز استاندارد فضا می‌باشد. چنانچه هوای برگشت کیفیت پایینی داشته و قابلیت بازگشت به فضا را نداشته باشد (همراه با بو، ذرات گرد و غبار و سطح پایین اکسیژن) به جای محفظه اختلاط از بازیاب حرارتی استفاده می‌گردد. نسبت اختلاط به کمک دمپرهای دستی یا اتوماتیک کنترل می‌شود.

گرمکن الکتریکی

به کمک گرمکن بدون تغییر نسبت رطوبت، دمای هوا افزایش داده می‌شود. گرمکن بوسیله مقاومت سیم‌های تعبیه شده و تامین حرارت محسوس دمای هوا را افزایش می‌دهد. این تجهیز معمولا در شرایطی استفاده می‌شود که به هر دلیلی امکان استفاده از کویل آبگرم نباشد.

دبی حجمی هوا V: (m^3/h)	$Q=\rho.VC_p.(T_2-T_1)$
ظرفیت حرارتی Q:(kW)	
دمای ورودی و خروجی به گرمکن: $T_{1و2}$(°C)	چگالی هوا ρ: (kg/m^3)

رطوبت رسانی

تاثیر رطوبت بر سلامت، آسایش و محیط زیست

حفظ رطوبت ۶۰-۴۰ درصدی هوا می‌تواند تا حد بالایی از خشکی و بروز ترک در پوست به خصوص در افراد سالمند جلوگیری نماید.همچنین پیشگیری از تغییر ناگهانی دما و رطوبت می تواند احتمال ایجاد شوک در افراد با حساسیت های تنفسی و آسم را کاهش دهد. با این حال تعیین مقدار رطوبت مناسب هوا بسیار حساس بوده و از اهمیت بالایی برخوردار است، مثلا در عین حال که افزایش رطوبت برای سلامتی بیماران آسم مفید است، شرایط مناسبی برای رشد و تکثیر باکتری ها و میکروارگانیسم‌ها فراهم می نماید. بنابراین می‌بایست محاسبات رطوبت مورد نیاز فضاهای مختلف با دقت بالا انجام شود. افزایش رطوبت هوا به وسیله‌ی رطوبت‌زن بخار یا اسپری آب و کاهش رطوبت توسط کویل سرد(کندانس رطوبت مازاد) یا فیلترهای جاذب رطوبت انجام می‌شود.

رطوبت‌زن

بطور کلی ۳ روش برای افزودن بخار آب به هوا وجود دارد:

- با الکترود: الکترودها که جریان الکتریکی در آن‌ها برقرار است، درون سیلندرهای بخار کار گذاشته شده اند و به دلیل مقاومت تولید حرارت نموده و در تماس با آب شروع به گرم کردن آن می کنند.
- گرمکن: عمل گرمایش آب را درون سیلندر بخار بوسیله‌ی المنت انجام می دهد.
- تزریق بخار از پیش تهیه شده از طریق دیفیوزر

صدای دستگاه

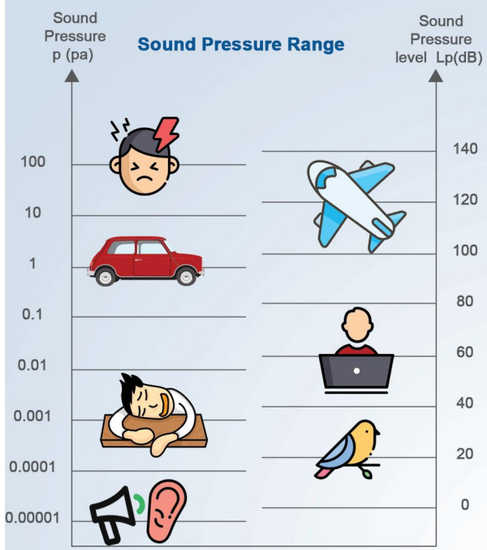
رابطه فشار و قدرت صدا همانند رابطه دما و حرارت است. وقتی یک منبع گرمایی مقداری گرما در واحد زمان تولید می کند، یک توان کلی برایش تعریف می شود و دمای محیط اطراف اتاق در هر نقطه را متناسب با عوامل متعددی همچون فاصله و تشعشعات دیوار و وسایل، تغییر می دهد. بصورت مشابه این تعریف برای صدا صورت می گیرد. وقتی یک منبع تولید صدا در اتاق قرار دارد مقدار قدرت مشخصی دارد و در هرلحظه متناسب با عوامل بسیار از جمله فاصله، سطح فشار صدا در نقاط مختلف اتاق را تغییر می‌دهد.

$$I=\frac{P}{4\pi r^2}=\frac{\rho^2}{\rho c}$$

شدت صوت $I:(\frac{j}{sm^2})$	سرعت صوت : C(m/s)	توان P: (W)	فاصله از منبع صدا r: (m)	فشار(Pa) P:

- کمترین مقدار صدایی که گوش ما می‌شنود ۲۰ میکروپاسکال می باشد که به آستانه شنوایی معروف است. از طرفی ۱۰۰ پاسکال مقداری است که گوش احساس درد می نماید و به آن آستانه درد گویند.
- حساسیت گوش ما نسبت به تغییرات صدا خطی نبوده بلکه نمایی است. بنابراین با فرض ۲۰ میکروپاسکال به عنوان مقدار مرجع، سطح صدا به کمک رابطه زیر و با واحد دسی بل DB تعریف می شود.

$$L_p = 20Log\frac{P}{P_0}dB(ref.20\mu pa)$$



- ۳ دسی بل تغییر در سطح صدا (۴/۱ برابر شدن فشار) کمترین حد قابل شنیدن برای ماست.
- ۱۰ دسی بل تغییر در سطح صدا (۱۶/۳ برابر شدن فشار) مقداری است که گوش حس می‌کند صدا دوبرابر شده است.

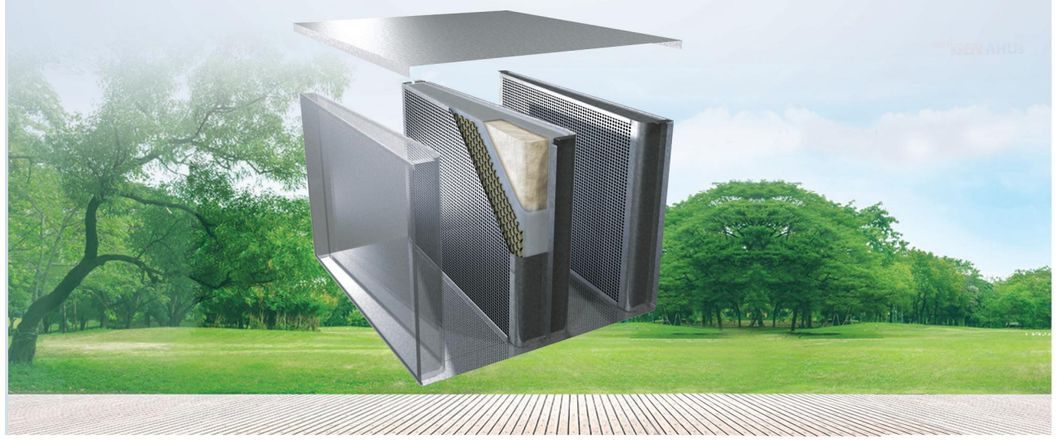
درک انسان از تغییر قدرت صدا	تغییر در شدت صدا dB
به سختی حس می‌شود	3
به مقدار قابل ملاحظه ای متفاوت	5
دو برابر	10
بسیار متفاوت	15
چهار برابر	20

بطور کلی برای پیشگیری از گسترش صدا می توان ملاحظاتی در سه محل اعمال نمود:

- در منبع تولید صدا
- در محیط و مسیر انتقال صدا
- در مقصد یا محل دریافت کننده صدا

کاهنده صدا

این تجهیز قبل یا بعد از فن که منبع اصلی تولید صدا در هواساز می‌باشد، نصب شده و از انتشار صدای دستگاه به محیط اطراف و یا فضای تهویه (از طریق کانال های هوا) می‌کاهد. بدنه آن مجهز به عایق پشم سنگ بوده که قابلیت جذب صدا را دارد. در مقاطع ورودی آن پروفیل‌های گرد فلزی قرار داده می شود تا جریان هوا به خوبی هدایت شده و افت فشار به حداقل برسد.



تجهیزات دیگر

Sight glass
دریچه شیشه ای جهت بازدید از وضعیت داخل دستگاه بدون نیاز به خاموش کردن و باز کردن درب دستگاه.

لامپ فرابنفش(UV)
میکروارگانیسم ها، باکتری ها و ذرات جامدی که با چشم غیر مسلح قابل رویت نبوده و فیلترهای معمولی قابلیت جذب یا حذف آن‌ها را ندارند. اشعه‌ی فرابنفش تولید شده توسط این لامپ‌ها باعث از بین رفتن این نوع آلودگی می‌شود.

دوربین
قابلیت نصب سفارشی دوربین در داخل دستگاه جهت رویت طرز عملکرد اجزای داخلی راحت تر از دریچه بازدید و از راه دور.

روشنایی
لامپ های روشنایی جهت بهتر دیدن فضای داخلی دستگاه به هنگام تعمیرات یا بازدیدهای دوره‌ای.

کلید ایمنی درب دستگاه
این سوییچ در صورت باز شدن درب دستگاه در حین کار، با قطع برق از بروز مشکل یا حادثه احتمالی جلوگیری می نماید.

شیرهای کنترلی جریان
بسته به کاربرد شیرهای دوراهه و سه راهه برای کنترل جریان آب و یا مبرد ورودی به مبدل استفاده می‌شود.

کلید خاموشی اضطراری
برای قطع برق و خاموش کردن اضطراری دستگاه در شرایط بحرانی.

سوییچ اختلاف فشار
معمولا برای کنترل اختلاف فشار مابین دو نقطه از دستگاه استفاده می شود. بیشتر برای قبل و بعد از فیلتر کاربرد دارد تا بتوان از کثیف بودن فیلتر اطلاع پیدا نمود و برای شستشو و تمیزکاری اقدام کرد.

موتور دمپر
برای کنترل مقدار باز و بسته بودن دمپرهای کنترل جریان هوا.

ترموستات سیستم ضدیخ
برای فعال کردن هشدار در زمان کاهش بیش از حد دمای هوای عبوری از کویل فعال شده و سیستم کنترل یخ زدگی را فعال می نماید.

سنسور دما و رطوبت
در مسیر هوای ورودی و خروجی نصب می شوند تا سطح رطوبت و دمای هوا کنترل شود. در کاربری‌های دقیق و حساس این سنسورها در قبل و بعد از کویل‌ها و رطوبت زن‌ها جهت کنترل دقیق فرایند تهویه نصب می‌شوند.

مبدل فرکانس
دستگاهی الکتریکی است که با تغییر فرکانس یک جریان ثابت AC دور موتور را تنظیم نموده و بوسیله آن سرعت فن هواساز را کنترل می‌نمایند.

کاهنده‌ی صدای فعال(active attenuator)
با تولید سیگنال‌های مخالف صدای تولید شده از هواساز، تا ۱۰dB از سطح صدای دستگاه می‌کاهد.

.

AXON

www.axontahvieh.com
www.axonenergy.co
www.ariaenergy.co
www.axonaccelerator.com