



مبحث هم اندیشی

اصول انتخاب فن ها و تحلیل شرایط کارکرد فن ها

مدیر هم اندیشی:

جناب آقای مهندس رضازاده

hvac_sr@yahoo.com

مکان هم اندیشی:

گروه تخصصی IRAN H.V.A.C

<https://telegram.me/joinchat/BBnwjDwILA4BbohJZzCH-w>

تاریخ برگزاری جلسه:

۹۴/۱۱/۰۲

گرد آوری کننده:

خانم سعیدی

فهرست مطالب:

- ۱- انواع فن سانتریفیوژ (توضیحات مختصر)
- ۲- بررسی نوع تیغه پروانه فن ها (توضیحات مختصر)
- ۳- نحوه کلی انتخاب فن
- ۴- بررسی میزان نویز فن ها
- ۵- بررسی تأثیر سیستم انتقال قدرت تسمه ای بر توان و راندمان فن
- ۶- معادلات تعیین فشار هواکش
- ۷- بررسی منحنی های کار فن و انواع منحنی های سیستم
- ۸- تحلیل قوانین هواکش ها و عوامل مؤثر بر آن و بیان محدودیتهای کاربرد این قوانین
- ۹- انتخاب فن در شرایط چگالی هوای غیر استاندارد
- ۱۰- بررسی system effect (اثر سیستم) در فن ها
- ۱۱- پرسش و پاسخ

اهم مطالب این جلسه پیرامون فن های سانتریفیوژ بشرح ذیل می باشد:

- ۱-انواع فن سانتریفیوژ (توضیحات مختصر)
- ۲-بررسی نوع تیغه پروانه فن ها(توضیحات مختصر)
- ۳-نحوه کلی انتخاب فن
- ۴-بررسی میزان نويز فن ها
- ۵-بررسی تأثیر سیستم انتقال قدرت تسمه ای بر توان و راندمان فن
- ۶-معادلات تعیین فشار هواکش
- ۷- بررسی منحنی های کار فن و انواع منحنی های سیستم
- ۸-تحلیل قوانین هواکش ها و عوامل مؤثر بر آن و بیان محدودیتهای کاربرد این قوانین
- ۹- انتخاب فن در شرایط چگالی هوای غیر استاندارد
- ۱۰- بررسی system effect (اثر سیستم) در فن ها

آزمون بادزنها مطابق استاندارد AMCA-ASHRE 210/51 انجام می شود . استاندارد ملی برای آزمون هم وجود دارد. اما بهتر است از آخرین ویرایش استاندارد ASHRAE استفاده کنید. دیگر از تونل برای بادزنها و هواکشها استفاده نمی شود. ساخت آزمایشگاه و جعبه اندازه گیری دبی هوا و سایر متعلقات و اتاق کنترل شرایط محیطی، انتخاب و بکارگیری ابزار اندازه گیری دقیق و نرم افزارهای مربوطه نیاز به مطالعه عمیق و دقیق و سرمایه گذاری نسبتا قابل توجه دارد.

۱- انواع فن سانتریفیوژ

تعیین نوع هواکش سانتریفیوژ مستقیما به نوع تیغه پروانه اون بستگی داره که به سه دسته کلی تقسیم میشه:

Forward Curved Blade

Radial Blade

Backward Curved Blade

۲- بررسی نوع تیغه فن های سانتریفیوژ

(a) پروانه با تیغه های فوروارد

(b) پروانه با تیغه های رادیال

(c) پروانه با تیغه های بکوارد

(d) تیغه ایرفویل

(a) پروانه با تیغه های فوروارد:

در نوع تیغه فوروارد که به اون squirrel cage هم گفته همیشه انحنای تیغه پره ها در جهت چرخش فن هستش.

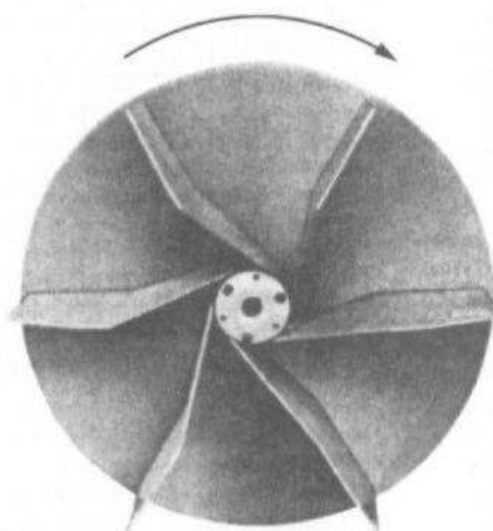
این نوع فن نیاز به فضای کمتری نسبت به انواع دیگه داره و دامنه سرعت کارکرد اون پایینتره و در نتیجه کارکردش کم سروصدا هست. در فشارهای استاتیک کم و متوسط مثل سیستم های تهویه مطبوع کاربرد داره و توصیه میشه که برای انتقال هوای تمیز بکار بره چون ورود ذرات و غبار به اون مساویست با چسبیدن آنها به محل خم تیغه ها که بالانس پروانه رو بهم میزنه و مشک افزینه.



تصویر ۱: پروانه با تیغه فرورارد

(b) پروانه با تیغه های رادیال:

در نوع رادیال تیغه ها مستقیم هست و در راستای شعاع پروانه امتداد داره. در این خصوص تیغه های مختلفی در انواع شکل ها برای این نوع پروانه طراحی و ساخته شده که در بازه وسیعی قابلیت انتقال هوا و مواد رو داره.



تصویر ۲: پروانه با تیغ رادیال

(c) پروانه با تیغه های بکوارد:

در نوع تیغه بکوارد انحنای خم تیغه ها در جهت خلاف چرخش پروانه هستش. معمولاً سرعت بالایی داره و راندمان اون هم بیشتره. و بر خلاف باور غلط رایج، اگر درست انتخاب بشه سر و صدای کمتری میتونه داشته باشه. در این نوع از فن های بکوارد بیشترین توان در نزدیکی نقطه کار بهینه اعمال میشه و در نتیجه اگر هر تغییر و انحرافی از این نقطه بدلیل تغییر فشار سیستم داشته باشیم، با کاهش توان کاری فن مواجه میشیم.



تصویر ۳: پروانه با تیغه بکوارد

شکل تیغه در فن های بکوارد به انواع زیر دسته بندی میشه:

i. Single Thickness Blade

ii. Airfoil Blade

i. تیغه یک لایه

در نوع اول (تیغه یک لایه) تیغه ها دارای صلبیت بیشتری هستند و اگر هوای ورودی دارای ذرات سبک غبار و همچنین رطوبت باشه براحتی اون رو انتقال میده. البته اگر مواد و ذرات دارای چسبندگی باشه این تیغه نباید استفاده بشه.

ii. تیغه ایرفویل

در نوع دوم که تیغه ایرفویل هست شاهد راندمان بالاتری هستیم و سر و صدا هم کمتر هستش. این نوع تیغه بصورت توخالی از ورق نازک ساخته میشه که همین امر باعث فرسودگی زودتر تیغه ها میشه و اگر در مورد هوای با رطوبت بالا بکار بره از محل سوراخ و درزهای ناشی از فرسودگی داخل اون از مایع پر میشه و مشکل ایجاد میکنه. این نوع تیغه رو هم باید برای انتقال هوای تمیز بکار برد.



تصویر ۴: تیغه ایرفول

انواع تیغه ها در خصوص تأمین هوادهی و فشار دارای راندمان مخصوص بخود هستند که به اینصورت هستش:

تیغه های ایرفویل: ۹۲ درصد

تیغه بکوارد: ۸۵ درصد

تیغه فوروارد: ۶۵ درصد

تیغه رادیال: ۶۰ درصد



تصویر ۵

البته انواع تیغه ها فقط به این تعداد خلاصه نمیشه و در زیر شاخه هر کدام از انواعی که عرض کردم انواع دیگری از طرح تیغه هست که از حوصله این جلسه خارج میباشد و من از ذکرش صرفنظر میکنم.

۳- نحوه کلی انتخاب فن:

بهتره اینجوری عنوان کنم که یک هواکش یا فن علاوه بر اینکه باید فشار و دبی هوای مورد نیاز سیستم ما رو تامین کنه، باید با کلیه شرایط سیستم مثل خصوصیات هوا، دمای کاری، میزان تمیزی و یا آلودگی هوا، نحوه کار و نصب اون سازگار باشه.

تحلیل و بررسی جمیع موارد بالا دقت کار رو بالا میبره (توضیحات تکمیلی این قسمت در ادامه بحث داده میشود)

۴- بررسی میزان نویز فن ها:

باید بگم که در حقیقت صدای ناشی از کار کردن فن مربوط به عبور هوا از مقاطع ورودی هوزینگ و لابلای پروانه و مقطع کات آف و کانال خروجی میباشد و بخش خیلی کمی از صدا مربوط به عامل اصطکاک مکانیکی شفت پروانه در یاتاقان و یا لرزش فن هست. در واقع طراح باید در طراحی و انتخاب هواکش میزان سرعت هواکش رو با توجه به کاربری محل انتخاب کنه که آسایش لازم رو فراهم کنه.

اکثر هواکش ها صدایی رو تولید میکنند که مرکب از تمام فرکانس ها هستش. علاوه بر این صدا، باید بگم که هواکش های با تیغه رادیال یک صدای خاص دیگه در فرکانس عبور تیغه تولید میکنند که "فرکانس عبور تیغه" Blade Passage Frequency یا BFP بهش میگن. این فرکانس با فرمول زیر بدست میاد:

$$BFP = RPM * N * CF$$

که N تعداد تیغه ها

RPM سرعت چرخش و CF ضریب تبدیل دقیقه به ثانیه (۶۰/۱) هست.

واحد BFP هم دوستان مستحضرند که Hz هرتز میباشد.

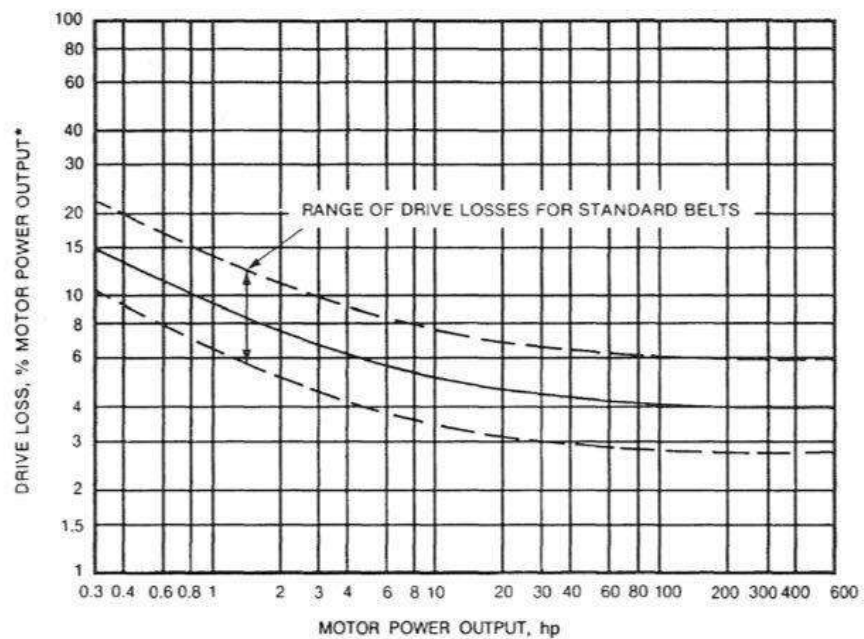
۵- بررسی تاثیر سیستم انتقال قدرت تسمه ای بر توان و راندمان فن:

در اکثر هواکش ها توان مورد نیاز اون توسط الکتروموتور تامین میشه. در فن های کوچک موتور بر روی فن نصب میشه و پروانه مستقیماً بر روی شافت موتور سوار میشه. ولی در هواکش های بزرگ موتور از هواکش

جداست و انتقال قدرت هم ممکنه توسط تسمه یا چرخ دنده (غیر مستقیم) و یا کوپلینگ (مستقیم) انجام بشه.

وقتی که شفت موتور مستقیم به پروانه وصل میشه (direct drive) خب قاعدتا مجموعه ما کوچکتر میشه و سرعت حرکت فن هم ثابت و محدود به دور موتور هست. (غیر از حالت خاص اینورتر دار) ظرفیت فن هم موقع انتخاب و نصب با توجه به مشخصات سیستم تعیین و تنظیم میشه.

اما وقتی که انتقال قدرت بصورت تسمه ای هست (belt drive)، سرعت هواکش ممکن است تغییراتی بکنه، این نکته در تامین فشار و حجم هوای لازم سبستم بسیار مهمه! که تسمه ها باعث افت مقداری از توان میشوند و این افت باید در نظر گرفته شود. مقدار این افت رو میشه از طریق نمودار و فرمولی که عکسش رو میفرستم بدست آورد و محاسبه کرد.



*Drive losses are based on the conventional V-belt which has been the "work horse" of the drive industry for several decades.

EXAMPLE

- Motor power output, H_{mo} , is determined to be 13.3 hp
- The belts are the standard type and just warm to the touch immediately after shutdown
- From chart, drive loss = 5.1%
- Drive loss, H_L = 0.051×13.3
= 0.7 hp
- Fan power input, H = $13.3 - 0.7$
= 12.6 hp.

تصویر ۶: نمودار تعیین کاهش توان فن با سیستم پولی و تسمه / و فرمول محاسبات مربوطه

۶- معادلات تعیین فشار هواکش:

پارامترهای:

-اندازه فن که قطر پروانه مد نظر هست

-دور فن که معمولاً با rpm عنوان میشه

-و توان حقیقی فن که با BHP اعلام میشه معمولاً بر اساس مقدار فشار و دبی هوای مورد نیاز تعیین میشه.

فشار کل و فشار استاتیک فن رو میشه از رابطه هایی مطابق عکسی که میفرستم بدست آورد.

$$\text{Fan TP} = (SP_{\text{outlet}} + VP_{\text{outlet}}) - (SP_{\text{inlet}} + VP_{\text{inlet}})$$

$$\text{Fan SP} = SP_{\text{outlet}} - SP_{\text{inlet}} - VP_{\text{inlet}}$$

تصویر ۷: معادلات محاسبات فشار استاتیک و کل فن

✓ دو نکته هم خدمت دوستان عرض کنم که در هندبوک ها اکثراً محاسبه فشار کل و استاتیک رو بر اساس "جدول تعیین هواکش" انجام میدهند.

۱. این جداول تعیین هواکش بر اساس گذر هوایی با چگالی استاندارد (۰,۰۷۵ پوند بر فوت مکعب) تنظیم شده و در حالتی خاصی خصوصاً در تهویه مطبوع که گرمایش/سرمایش بر روی هوا انجام میشه و ارتفاع از سطح دریا در نقاط مختلف متغیره باید ضرایب تصحیح مربوطه لحاظ شود

۲. بازه فشار در این جداول معین هست و با پله های ۱ یا ۲ اینچ ستون آب تنظیم شده ، در حالتی که در حالت واقعی اکثراً فشار بین این نقاط قرار دارد و باید بروش میانمایی از نمودار مقادیر دقیقتر رو پیدا کنیم

بر اساس تعاریفی که از فشار گفتم، برای تعیین اینکه بدانیم در چه فشاری فن دارای بالاترین راندمان است از فرمولی که تصویرش رو میفرستم محاسبه میشه.

البته راندمان مکانیکی هواکش های سانتریفیوژ معمولاً ۶۰٪ در نظر گرفته میشود.

$$\eta = \frac{Q \times FTP}{CF \times PWR} = \frac{Q \times (FSP + VP_{outlet})}{CF \times PWR}$$

where:

η = Mechanical efficiency

Q = Volumetric flow rate, cfm

FTP = Fan total pressure, "wg

FSP = Fan Static Pressure, "wg

PWR = Power requirement, hp

CF = Conversion Coefficient, 6362

تصویر ۸: فرمول محاسبه راندمان فن

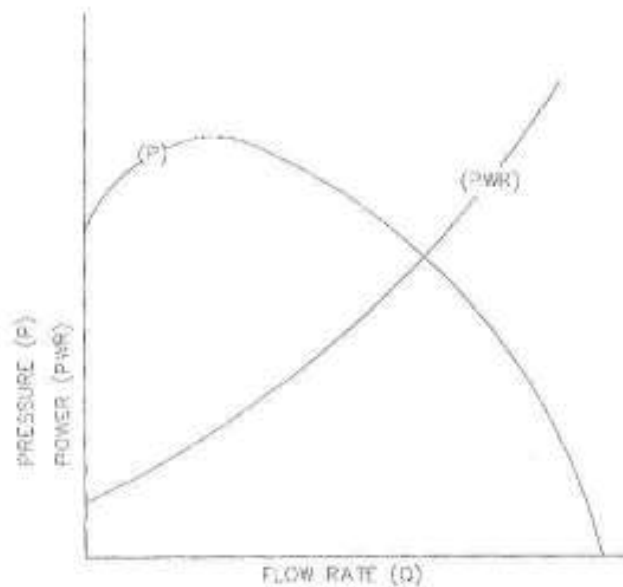
۷- بررسی منحنی های کار فن و انواع منحنی های سیستم:

در کنار جداول تعیین هواکش در هندبوکها ، روش اصولی و جامع تر انتخاب مناسب فن بر اساس استفاده و رجوع به منحنی کار هواکش و منحنی سیستم هستش.

منحنی کار هواکش:

برای منحنی کار هواکش معمولا نمودار تغییرات پارامترهای مختلف موثر بر کار فن به ازای تغییرات دبی هوا ترسیم میشود.

البته این نمودار رو با سایر پارامترهای موثر بر کار هواکش هم ممکن است رسم کنند.



تصویر ۹: منحنی کار یک فن

✓ نکته ای عرض کنم: منحنی کار هواکش برای یک دور معین موتور رسم میشود.

پرسش: در خصوص هواسازهای بهداشتی باید فن کوپل مستقیم باشه؟ مثلاً برای اتاق تمیز چه نوع فنی باید استفاده شود؟

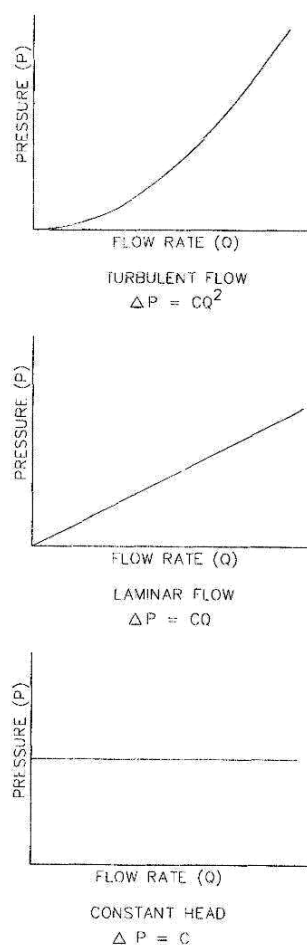
پاسخ جناب مهندس رضازاده: هواسازهای هایتنیک با توجه به کلاسشون میبایست عاری از ذرات و الودگی باشه.

نوع تسمه ای بدلیل ذراتی که تسمه بر اثر اصطکاک تولید میشه و به داخل فن کشیده میشه مناسب نیست. و تاکید بر نوع شفت مستقیم است.

منحنی سیستم:

میدونیم که فشار در کانال تهویه به ازای تغییرات دبی هوا تغییر میکند.

این تغییرات را بر اساس سه حالت دسته بندی میکنند؛ و باید دانست که منحنی کلی مورد نیاز سیستم از ترکیب آثار تک تک این سه حالت بدست می آید.



تصویر ۱۰: منحنی سیستم در سه حالت مختلف

میزان دبی هوا Q برای حالات مختلف رو میبینیم در منحنی ها:

(a) وقتی جریان هوا متلاطم است معرف افت های ایجاد شده در کانال هست و غالب کانالها این افت را دارند ، در این حالت مقدار فشار dP با مربع گذر هوا Q متناسب است

(b) وقتی جریان ملایم و آرام است (Laminar) معرف عبور هوا از صافیها هست که در این حالت افت فشار dP متناسب با گذر هوا Q استو نسبت خطی دارند.

(C) در سیستمهایی که در آن تر کردن هوا را با اضافه کردن قطرات آب به آن داریم مثل هواشورها (air washer) برای کار در شرایطی با افت یکنواخت constant یا نزدیک به آن طراحی میشود

✓ و نکته مهم این که منحنی کلی مورد نیاز سیستم از ترکیب آثار تک تک عوامل فوق به دست می آید

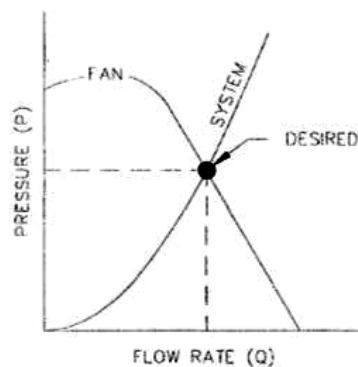
اگر منحنی کار فن و منحنی مورد نیاز سیستم به تنهایی در نظر بگیریم به هیچ وضع خاصی از عملکرد و نقطه کار نمیرسیم...؟؟؟؟؟؟.

بله نمیرسیم!

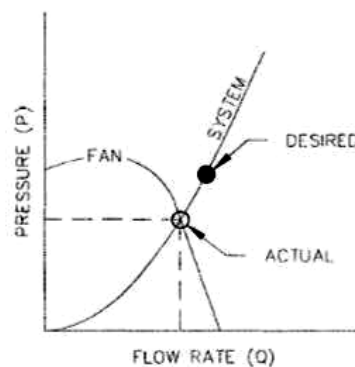
تحلیل این منحنی ها بتنهایی کم فایده است.

پس در نهایت جهت تعیین نقطه کار ایده آل فن ، منحنی کار فن و منحنی موردنیاز سیستم را بر هم تطبیق میدهند.

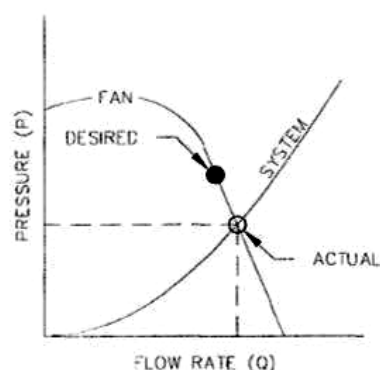
یا به بیان کمی علمی تر باید بگم که نقطه کار ایده آل نتیجه فرایند طراحی سیستم کانال و انتخاب فن هستش



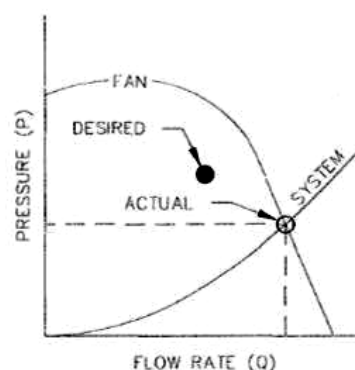
A. FAN AND SYSTEM MATCHED



B. WRONG FAN.



C. WRONG SYSTEM.



D. BOTH FAN AND SYSTEM WRONG

تصویر ۱۱: تصویر چهار سناریویی که در مورد نقطه بهینه کار فن بیشتر پدیدار می شود.

دلایل مختلفی مثل:

-نوع طراحی کانال و سیستم

-انتخاب نوع هواکش

-ساخت هواکش

-نحوه نصب هواکش

و...

ممکنه که باعث بشه سیستم در نقطه دیگه ای به جای نقطه کار طراحی شده کار کنه. (نمودارهای ۴ سناریو رو ملاحظه فرمایید)

در این وضع باید مشخصات فیزیکی سیستم رو تغییر بدیم تا به وضع ایده ال نزدیک بشیم....

۸- تحلیل قوانین هواکش ها و عوامل موثر بر آن و بیان محدودیتهای کاربرد این قوانین:

قانون هواکش ها عوامل مختلف کار هواکش های "مشابه" رو بیان میکنند. منظورم از مشابه سری هواکش هایی که ابعاد یکسانی داشته باشند.

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1} \right)^3 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1} \right)^2 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^2 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

$$PWR_2 = PWR_1 \left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1} \right)^5 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^3 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

تصویر ۱۲: قوانین فن ها

چون روابطی که فرستادم بصورت تناسب است، واحدهای یکسانی رو برای کمیت های مشابه در صورت و مخرج میشه در نظر گرفت.

(a) بررسی تغییرات چگالی هوا:

از جمله پارامترهای قانون فن چگالی هست.

همانطور که گفتیم چگالی هوای استاندارد ۰,۰۷۵ پوند بر فوت مکعب هستش. پس اگر چگالی بواسطه گرم کردن هوا تغییر کند، فشار و توان فن متناسب با چگالی تغییر میکند. توجه داشته باشند دوستان که دبی فن طی تغییرات چگالی هوا ثابت میماند.

(در انتهای جلسه یک مثال عددی برای این قسمت حل میکنم برای دوستان)

$$Q_2 = Q_1$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

$$PWR_2 = PWR_1 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

تصویر ۱۳: قانون فن ها در زمانی که تغییرات چگالی هوا داریم

(b) تغییرات دور:

طبق قانون فن ها با تغییرات دور میزان دبی هوا و فشار و توان فن توامان تغییر میکنه.

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^2$$

$$PWR_2 = PWR_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^3$$

تصویر ۱۴: قانون فن ها در زمانی که تغییرات دور پروانه را داریم

محدودیت‌های کاربرد قوانین هواکش‌ها:

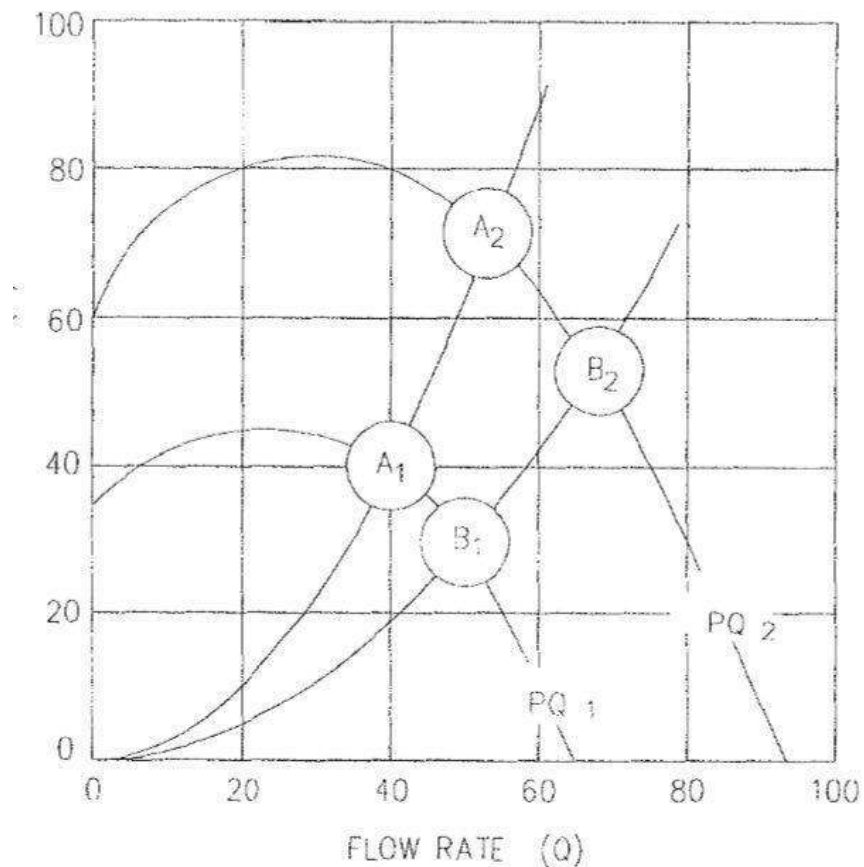
روابط فن‌ها بر اساس این واقعیت هستند که منحنی‌های کار فن مشابه‌اند و اینکه نسبت‌ها برای نقاط مشابه در هر نمودار می‌باشد به دست آمده‌اند. هنگام استفاده از این قوانین برای نقاط مشابه باید دقت و تامل کرد.

(پس از حل مثال عددی، بررسی محدودیت استفاده از قانون هواکش‌ها رو نسبت به حالت واقعی و منحنی کار هواکش با مثال بررسی می‌کنم)

در خصوص این محدودیت به شکل و فرمولی که می‌فرستم توجه داشته باشید:

$$P_{A2} = P_{A1} \left(\frac{Q_{A2}}{Q_{A1}} \right)^2$$

تصویر ۱۵: فرمول جهت بررسی محدودیت قوانین فن‌ها



تصویر ۱۶: نمودار جهت بررسی محدودیت قوانین فن ها

✓ در استفاده از قوانین هواکش ها موارد زیر باید با دقت ویژه ای مورد نظر قرار گیرد:

۱. وقتی که بنا بدلالیلی جریان هوا در سیستم متلاطم نیست (تغییرات فشار سیستم متناسب با مربع توان نیست)
۲. وقتی که بدلیل تغییر مشخصات فیزیکی یا هر چیزه دیگری، سیستم در منحنی دیگری کار میکند.

۹- انتخاب فن در شرایط چگالی هوای غیر استاندارد:

همونطور که گفتم تغییرات چگالی هوا بر کار فن تاثیر میگذارد. تاثیر تغییرات معمولی فشار هوا، دما و رطوبت محیط بر چگالی ناچیزه و اگر تا زیر ۵٪ از مقدار استاندارد چگالی هوا تجاوز نکنه قابل صرفنظر هستش. اما در عمل مخصوصا در سیستمهای گرم کردن هوا این تغییرات بیش از حد مجازه و در محاسبات باید لحاظ بشه.

روابط محاسبه تغییرات توان بر اساس چگالی را در تصویر زیر مشاهده کنید.

$$PWR_a = PWR_t \left(\frac{\rho_a}{0.075} \right)$$

where:

PWR_a = Actual Power

PWR_t = Power Required

ρ_a = Actual Density

تصویر ۱۷: فرمول محاسبه توان فن در زمان تغییرات چگالی هوا

$$P_e = P_a \left(\frac{0.075}{\rho_a} \right)$$

where:

P_e = Equivalent Pressure

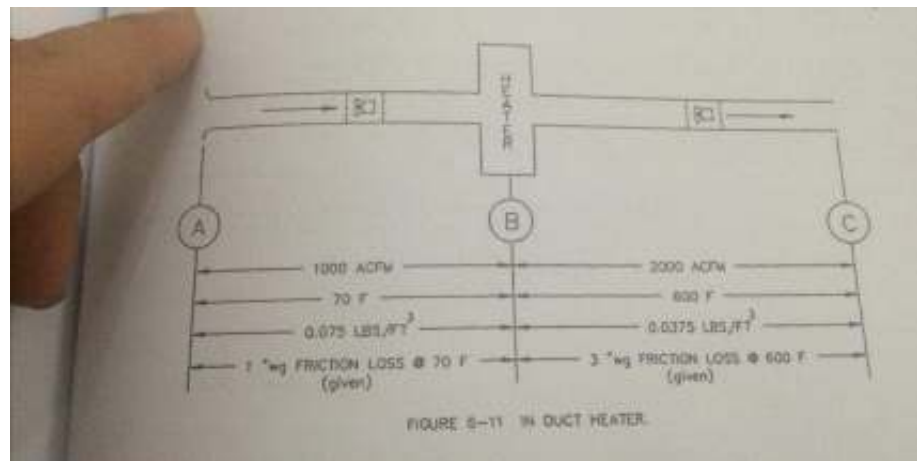
P_a = Actual Pressure

ρ_a = Actual density, lbm/ft³

تصویر ۱۸: فرمول محاسبه فشار فن در زمان تغییرات چگالی هوا

حل یک مثال عددی:

یک مثال عددی در خصوص انتخاب فن در شرایطی که تغییرات چگالی هوا داریم حل میکنم:



تصویر ۱۹: مسئله مربوط به انتخاب فن در شرایطی که عملیات گرم کردن روی هوا انجام می دهیم

مطابق عکسی بالا میخواهیم توان و دور مورد نیاز برای فن های قبل و بعد از گرمکن رو بدست بیاریم.

فرضیات حل مسئله:

برای سهولت فرض میکنیم که گرمکن در مقابل عبور هوا مقاومتی نداره.

حل:

بخش اول (فن قبل از گرمکن در سمت A تا B):

ابتدا فشار استاتیک هواکش را تعیین میکنیم:

طبق صورت مسئله فشار استاتیک فن مساوی با مجموع کل افتهاست:

$$FSP=1+3=4 \text{ inwg}$$

هوادهی مورد نیاز هم طبق مسئله ۱۰۰۰ سی اف ام هست.

با مراجعه به یکی از سه منبع زیر میزان دور و توان فن رو بدست میآوریم:

۱-جدوال تعیین هواکش در هندبوکها

۲-کاتالوگ فن سازندگان

۳-نرم افزار انتخاب فن

پس از مراجعه به یکی از منابع فوق و وارد کردن ورودی ها نتایج زیر بدست میاد:

Rpm: 1182

BHP: 1.32

چون چگالی اعلام شده برای هوا در حد استاندارد هست پس همین اعداد بدست امده برای توان و دور مناسب است و نیاز به تصحیح ندارند.

✓ پس فن AB باید با دور ۱۱۸۲ کار کند و نیازمند توان ۱,۳۲ اسب بخار هست.

بخش دوم (فن بعد از گرمکن از B تا C):

چگالی در ورودی فن دوم استاندارد نیست، پس باید فشار اصلاح شود.

طبق فرمولی که تصویر آن در بالا ارسال شد تصویرش:

$$inwg \ 8 = (0,0375/0,075) * 4$$

حالا با این فشار ۸ اینچ اب و هوادهی موردنیاز ۲۰۰۰ سی اف ام است.

به یکی از اون ۳ منبع اشاره شده در بالا مراجعه میکنیم و اطلاعات زیر رو بدست میاریم:

Rpm: 1692

BHP: 4.39

پس هواکش باید در دور ۱۶۹۲ در دقیقه کار کند اما توان واقعی مورد نیاز هم با تغییر چگالی تغییر خواهد کرد

از فرمول مربوطه که در شرایط تغییرات چگالی هوا بود و در گروه ارسال شد این رو هم محاسبه میکنیم:

$$bhp_{2,2} = (0.075/0.0375) * 4.39$$

پس هواکش بعد از گرمکن باید با دور ۱۶۹۲ کار کند و توان ۲,۲ اسب بخار نیاز دارد.

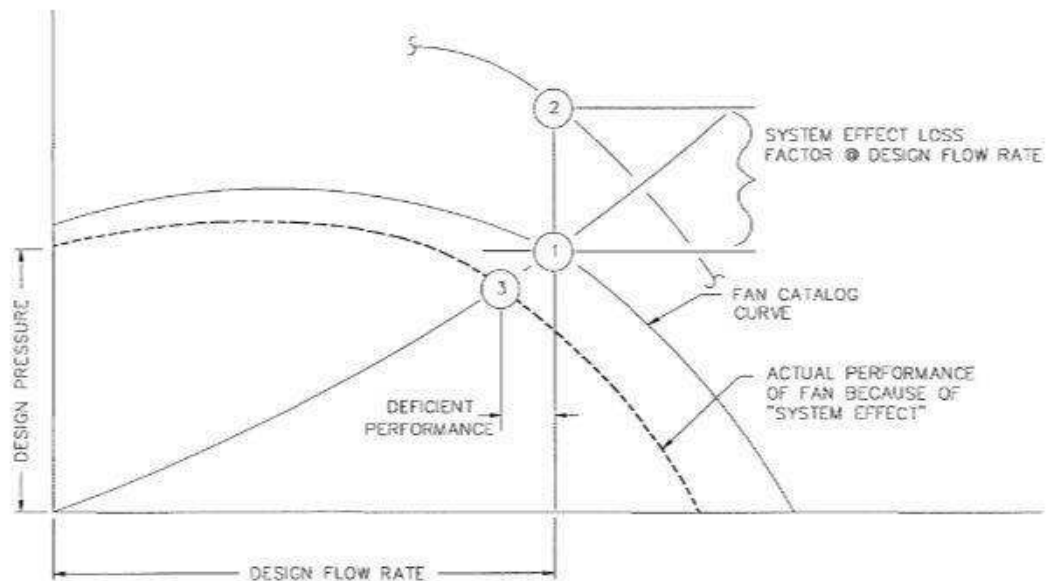
اما توجه کنید که اگر فشار استاتیک هواکش بعد از گرمکن با وسیله اندازه گیری اندازه گرفته شود مقدار آن مساوی ۴ اینچ اب خواهد بود. یعنی فشار واقعی همان ۴ است و فشار ۸ فقط فشار معادل هست که از آن برای محاسبه دور کمک گرفتیم. و هم اینکه ملاحظه کردید محل استقرار فن بر مقاومت واقعی جریان تاثیر نمیگذارد.

ممکنه که فکر کنید که خطا باعث افزایش توان از ۱,۳۲ اسب به ۲,۲ اسب شده!

اما در واقع "هواکش باید در چگالی پایین تر سخت تر کار کند تا گذر جرمی یکسانی را جابجا کند."

۱۰- بررسی system effect در هواکش:

"اثر سیستم" عبارتست از افت برآورد ناشی از کار هواکش در سیستمی که جریان هوای یکنواختی ندارد. بقولی فن دچار نارسایی شده است.



تصویر ۲۰: بررسی اثر سیستم بر منحنی کار فن و عملکرد سیستم

فرض کنید افتهای فشار سیستم بطور دقیق برآورد شده و بر اساس اون فن مناسبی برای کار در نقطه ۱ انتخاب شده؛ اما تاثیر اتصالات سیستم بر عملکرد فن منظور نشده است. لذا محل تلاقی منحنی کار فن و منحنی واقعی مورد نیاز سیستم در نقطه ۳ خواهد بود.

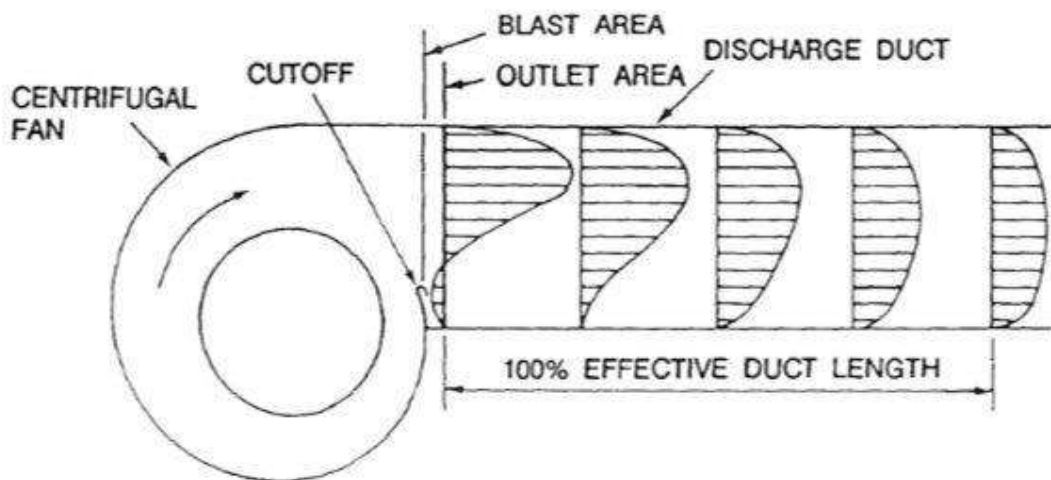
به این خاطر به اندازه اختلاف نقطه ۱ تا ۳ کمبود دبی هوا وجود دارد. برای جبران کمبود ناشی از اثر سیستم لازم است به فشار برآورد شده سیستم به میزان اختلاف فشار در نقاط ۱ و ۲ افزوده شود. حالا بعد از این اضافه کردن، هواکش بر اساس فشار بالاتر انتخاب خواهد شد و به خاطر افت ناشی از اثر سیستم پس از به راه افتادن به طور واقعی در نقطه ۱ کار خواهد کرد.

در خصوص انتخاب فن ها و بویژه اثر سیستم در فن ها، متأسفانه غالب موارد دیدم که در پروژه ها و حتی مشاوران عزیز برای تهیه جدول فن ها، می آیند و افت فشار دورترین انشعاب کانال رو بعنوان فشار استاتیک فن اعلام میکنند و برای توان موتور هم از نرم افزار ۱۲۰ کیلو بایتی mc quay duct sizer استفاده میکنند و توان موتور رو اعلام میکنند، گاهی توان موتور ها از ۰,۳۷ کیلووات تجاوز نمیکند!!

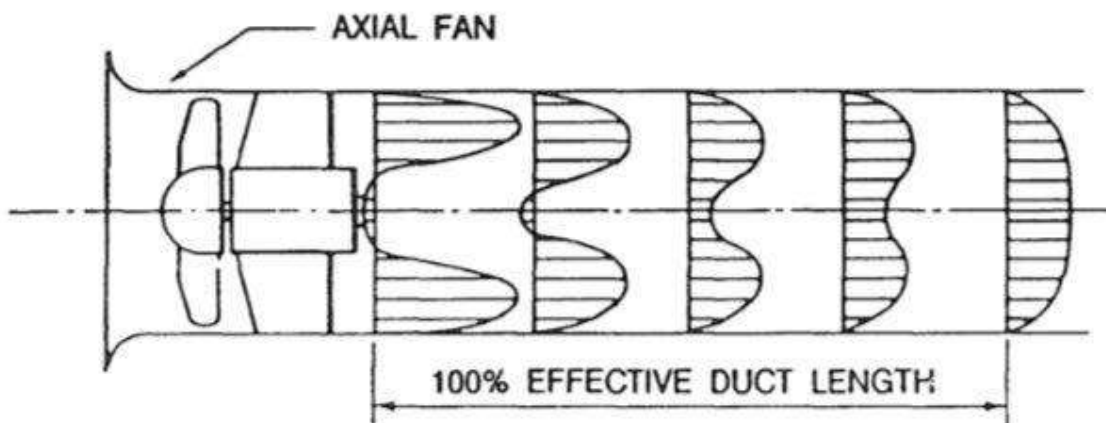
این یعنی غلط اندر غلط اندر غلط...!!

انتخاب صحیح یک "فن" بر اساس آنچه که در این جلسه در خصوص آن بحث شد باید بر اساس:

مقدار واقعی فشار استاتیک "فن" و توان موتور هم بر اساس "توان وارد آمده بر شفت پروانه+توان غلبه بر اصطکاکهای بلبرینگ و تسمه و....+توان غلبه بر وزن پروانه" محاسبه و انتخاب شود.



تصویر ۲۱: شماتیک پروفیل رژیم جریان در خروجی فن که بر این اساس طول دیفیوژر فن در نظر گرفته می شود.



تصویر ۲۲: طول موثر در فن های محوری

طرح پرسش و پاسخ

سوال ۱: طول دیفیوژر ، قطر دیفیوژر ، محل قرار گیری لوله پیتوت و دیگر تجهیزات را از کجا به دست بیارم ؟

پاسخ مهندس رضازاده: شما ابتدا باید یک مرجع برای تست خود داشته باشید.. محاسبات و مطالعه بیشتر رو در خصوص توربوماشین ها به شما پیشنهاد میکنم. هندبوک های مرتبط با فن ها هم به شما برای آشنایی با تجهیزات تست فن کمک میکند.

هندبوک های مرتبط با فن ها هم به شما برای آشنایی با تجهیزات تست فن کمک میکند.

سوال ۲: خیلی ممنون . هند بوک فن را مطالعه کرده ام . فصل ۱۸ در مورد همین موضوع بحث کرده اما به سوال کلی ؟ برای هر سایز فن باید به کانال تست ساخته بشه ؟

راهنمایی مهندس صدری افشار: دیگر نیازی به کانال ازمون نیست اما برای چند بازه. ظرفیتی نیاز به جعبه اندازه گیری دبی هوای متناسب دارید.

پاسخ مهندس رضازاده: بازه های تست علاوه بر سایز فن بر حول پارامترهای فشار و هوادهی و صدا و ... فن میگرده.

و بستگی به شرایط هر تست و هدف از اون تست چیست.

سوال ۳: فقط جهت تست دبی و فشار کل و فشار استاتیک فن که ایا دستگاه ساخته شده تا چه حد درست طراحی شده است؟

پاسخ مهندس رضازاده: در ایران اطلاعی ندارم شرکت ساراول یک سری اتاقهای تست اجزای فن و تهویه داره اما از صحت و مرجعش اطلاعی ندارم.

راهنمایی مهندس صدری افشار: فقط برای همین کارهست. فکر می کنید مگر این مشخصات کم هستند. استانداردهای آزمون سر و صدا جداگانه هستند.

توضیحات بیشتر مهندس صدری افشار در این خصوص: من دو سال روی ساخت دستگاه آزمون دبی هوا و شرایط اتاق آزمون و نحوه آزمون کولرهای گازی کار کردم و از موسسه DAP المان تاییدیه گرفتم. اخیرا شنیدم شرکت دمنده آزمایشگاههای مجهزی را وارد و نصب کرده. البته در دنیا آزمایشگاه ساز بیش از ۲۰ شرکت نیستند.

بله هیچ پیشنهاد نمی کنم دست به این کار بزنید زیرا کار بسیار مشکل و وقتگیری است و لمها و فوت فن و تجربه زیادی می خواهد. هزینه بسیار بالایی دارد و هزینه های مکان و برق زیادی هم می برد. انقدر استاندارد را خوانده بودم که تعدادی ایراد از ان گرفتم و به اشری فرستادم و ویرایشش کردند الان هم عضو کمیته استانداردهای TC 5.1. اشری هستم.

سوال ۴: دست مریزاد جناب مهندس، درود بر شما، الان هم این دستگاه شما قابل استفاده هست و خدمات میدید؟

پاسخ مهندس صدری افشار: ممنونم. بله آزمایشگاه کولر گازی سابا سازمان بهره وری انرژی وزارت نیرو که اولین آزمایشگاه استاندارد در زمین خودش بود. الان دیگر نمی دانم چه شده و آیا راهبران جدید کالیراسیون را انجام نمی دهند یا خیر و آیا اصولا بلد هستند درست با تجهیزات کار کنند. دانش فنی آزمایشگاه سازی را بدست اوردم چون قرار بود آزمایشگاههای جامع تاسیساتی احداث کنند اما نکردند و در حال وارد کردن برخی از آنها با قیمت ۱۰ برابر بیشتر هستند.

با داشتن آزمایشگاهی که در یک مرکز دانشگاهی احداث شود هم می تواند دستگاههای وارداتی و تولیدی را آزمون کند و درآمد اندکی داشته باشد و هم صدها کار تحقیقاتی و نوآوری داشته باشد. دانش فنی آزمایشگاه مختلط فن و دستگاههای تاسیساتی را دارم که در هیچ کجای دنیا سابقه ندارد اما ...

سوال ۵: تا انجایی که بنده خبر دارم هیچ آزمایشی انجام نمی دهند

پاسخ مهندس صدری افشار: بله بذای اینکه کار پر دردرس و سختی است یک جا را انگولک می کنند و خراب می شود و بیخکد به خودشان دردرس نمی دهند حداقل هزینه آزمون کولر گازی در دنیا ۲۰۰۰ دلار و در ایران ۱۵۰ دلار است.

بیخود به خودشان دردرس نمی دهند. تازه به جای ساخت کانال برای هر دستگاه کولر گازی در جاهای دیگر من طوری طراحی کردم که خروجی کولر داخل جعبه اندازه گیری هوا می شد.

توصیه می کنم از آزمایشگاه قدیمی شرکت ایران هواسازان یا جدید دمنده دیدن کنید. البته در سازمان پژوهشها هم آزمایشگاه کوچکی هست اما من تاییدش نمی کنم و به خاطر همکاریهای نزدیک دو سازمان دولتی سازمان پژوهشها و استاندارد به ان مجوز داده اند که دارای هیچ تاییدیه بین المللی نیستند.

موفق باشید. اما به دوستان تولید کننده دیگر توصیه می کنم تا نداشتن آزمایشگاه و تاییدیه مورد قبول بین المللی نمی توانیم ادعای زیادی داشته باشیم. امیدوارم تولید کنندگان بصورت مشارکتی اقدام به این کار کنند.

توضیحات مهندس رضازاده: اصولا لابراتورهای تست اجزای فن بالغ بر میلیون ها دلار خرج داره و باید مرتبا بروز شود.

در دنیا شرکتهای EBM و Ziehl-Abbeg آلمان مجهز به آزمایشگاه تست فوق العاده کاملی هستند؛ تحقیق و توسعه هم درکنار ان موجب رهبری این شرکتها در حوزه فن در دنیا میشود.

فن رو بهتره منحصر به تهویه ساختمانها ندونیم!

الان سالهاست سیستمهای مدرن فن و پروانه رو برای خودروهای سبک و سنگین اروپایی بنز و آئودی رو شرکت EBM طراحی میکنه

همینطور تحقیق و توسعه و طراحی توربین های بادی در دنیا توسط شرکت های معدودی از جمله Gebhardt آلمان انجام میشه و تجهیزات کامل تست پروانه توربین بادی هم دارند.

سوال ۶: دوست عزیز نرم ضمن خسته نباشید نرم افزار. نیکورتا چقدر دقیق برای محاسبه فن میباشد؟

پاسخ مهندس رضازاده: نرم افزارهایی که شرکت های سازنده ارائه میکنند در واقع "انتخاب فن" میکنند و نه "محاسبه"!

خوب است ، فقط بدانید که با نتایج هروچی باید دنبال فن همان سازنده باشید و سازندگان دیگر ممکن است ان مشخصات شما را بر اساس فن انتخابی تان ارضا نکند بهترین روش طراحی و محاسبه فن استفاده از تحلیل توربوماشین ها و فرمولهای مربوطه است. کتاب توربوماشین ها نوشته "سایرز" به شما کمک میکنه. برای مطالعه جانبی بیشتر کتابهایی با موضوع توربین گازی و موتور جت را بخوانید تا با شرایط مختلف هوا و پارامترهای ان بطور ملموس درگیر شوید.