نشریه انرژی ایران
۶۷ سال ۱۱ شماره ۲۷ خرداد ۱۳۸۷

تعیین معیار مصرف انرژی و رده بندی فن‌کویل‌های ساخت داخل

عباس عباسی[۱]، رضا عفت نژاد[۲]، سید محمد صادق‌زاده[۳]، عباس صالحیان[۴]

تاریخ دریافت مقاله :
۱۷ آذرماه ۱۳۸۶
تاریخ پذیرش مقاله :
۱۶ دی ماه ۱۳۸۶
کلمات کلیدی:
برچسب انرژی فن‌کویل، رده بندی فن‌کویل‌ها، میزان مصرف انرژی، ظرفیت سرمایشی، ظرفیت گرمایشی،آزمون عملکرد استاندارد، شاخص مصرف انرژی

چکیده

در مقاله حاضر، روش آزمون استاندارد فن‌کویل‌ها تشریح و متوسط مصرف انرژی فن‌کویل‌های ساخت داخل بطریق تجربی و استاندارد تعیین شده است. با مقایسه شاخص مصرف انرژی (وات/ دبی هوا یا وات / ۱۰۰۰ بی تی یو در ساعت) فن‌کویل‌های داخل و خارج، رده بندی فن‌کویل‌های ساخت داخل برای سه دوره سه ساله و برچسب انرژی آن پیشنهاد شده است.

۱) دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک
۲) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
۳) دانشگاه شاهد، دانشکده فنی و مهندسی
۴) وزارت نیرو ، دفتر بهینه سازی مصرف انرژی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مقدمه

میزان مصرف سرانه انرژی در صورتی که با بهره‌وری مطلوب به مصرف برسد، یکی از شاخص‌های اساسی برای اندازه‌گیری توسعه و پیشرفت کشورها و جوامع است. مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته از رشد نسبتاً کمی برخوردار بوده و در برخی موارد دارای رشد منفی می‌باشد. در حالیکه مصرف انرژی در ایران حتی نسبت به کشورهای در حال توسعه هم بسیار بالا است. بر خلاف کشورهای در حال توسعه وتوسعه نیافته، بخش اعظم انرژی در ایران در بخش‌های تجاری، خانگی و خدمات رفاهی به مصرف می‌رسد و به علت ارزانی لازم است اقدامی جدی برای جلوگیری از اتلاف آن بعمل آید.

به منظور تأمین هوای خنک و ایجاد برودت در تابستان و هوای گرم در زمستان برای فضاهای مختلف از قبیل هتل‌ها، بیمارستان‌ها، آپارتمان‌ها، ساختمان‌های تجاری ـ اداری و کلینیک‌ها می توان از فن‌کویل‌ها استفاده کرد. توانایی در اعمال کنترل بر روی دمای محیط و رطوبت آن از نقاط قوت استفاده از فن‌کویل‌ها می باشد.

روشهای آزمون عملکرد استاندارد فن‌کویل‌ها

تعیین شاخص مصرف انرژی فن کویل‌ها نیازمند آزمایش آنها در شرایط توصیه شده در آزمون استاندارد می‌باشد. استانداردهای بین المللی مهم موجود عبارتند از استاندارد اشری (استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا[1])، استاندارد ای آر ای (انستیتو تهویه مطبوع و تبرید آمریکا[2]) واستاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۳۷۴۰ با عنوان " دستگاه فن کویل و واحد تهویه اتاقی" به طور مشخص به این امر پرداخته و از این لحاظ، رعایت مفاد این استاندارد در انجام آزمون‌های عملکرد فن‌کویل ها ضرورت دارد. در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۷۵-۳۷۴۰ ، به طور مشخص استاندارد ARI 440-1993 به عنوان منبع مورد استفاده در تدوین این استاندارد ذکر شده است.

عمده شرکت ها و کارخانه‌های تولید کنندهٔ انواع فن‌کویل‌ها برای گرمایش و سرمایش در ایران از تکنولوژی‌های آمریکایی استفاده می‌کنند. بنابراین استانداردهای آمریکایی موجود در خصوص تست عملکرد فن‌کویل ها به لحاظ منطقی انطباق بیشتری با فن‌کویل‌های ساخت داخل دارند. شایان ذکر است که استاندارد ASHRAE 79-2002، از لحاظ تشریح کلیات، مشخصات ابزارهای اندازه گیری، تجهیزات تست، اتاق تست، روش‌های تست و محاسبات، جامع ترین استاندارد در میان استانداردهای خارجی می‌باشد. همینطور در استاندارد ARI – 440-1998 ، به طور مشخص ذکر شده است که برای تعیین ظرفیت و رتبه بندی فن‌کویل‌های اتاقی لازم است تا آزمونهای تست عملکرد مطابق با مقررات تشریح شده در استاندارد ASHRAE-79-2002 باشد. در نتیجه سازگاری و انطباق کامل استاندارد های ARI--2002 ASHRAE 79 , 440 با استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۴۰ و لزوم تبعیت از استانداردهای ملی (درصورت وجود) سبب

1) ASHRAE Standard , Method of Testing for Rating Fan – Coil Conditioners. ANSI / ASHRAE Standard 79- 2002.
2) ARI 440-1993

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

گردید تا استاندارد مرجع در خصوص تست عملکرد فن‌کویل‌ها، استاندارد ملی ایـران انتخـاب شـده و طبـق تـصریح ایـن استاندارد، روش های تست و محاسبات از استانداردهایASHRAE و ARI برداشته شوند.

تعیین ظرفیت استاندارد فن‌کویل‌ها باید به نحوی باشد که اگر هر فن‌کویلی به صورت تصادفی انتخاب شده و مطابق با این استاندارد مورد آزمایش قرارگیرد، دارای یک مقدار نرخ هوادهی، ظرفیت کل سرمایـشی، ظرفیـت گرمایـشی و ظرفیـت محسوس سرمایشی باشد که مقادیر آنها کمتر از ۹۵٪ مقادیر ظرفیت استاندارد نباشد و به عـلاوه تـوان ورودی الکتریکـی بیش از ۱۱۰٪ مقادیر نامی استاندارد نباشد و همچنین افت فشار آب نیز بیش از ۱۱۰٪ مقادیر نامی استاندارد نباشد.

نتایج آزمون های تجربی عملکرد فن کویل ها در حالت گرمایشی و سرمایشی

آزمون استاندارد عملکرد حرارتی و برودتی تعدادی از فن‌کویل‌های ساخت شرکت‌های مطرح داخلی، براساس دستورالعمل ذکر شده در استاندارد آزمون عملکرد فن‌کویل‌ها (استاندارد ملی ایران که منطبق بر استانداردهای ANSI / ASHRAE و نیز استاندارد ARI می‌باشد انجام گرفت [۲]. تصویر (۱) نشان دهنده بعضی از تجهیزات آزمایشگاه مورد اشاره می باشد. در طول انجام هر آزمایش، داده‌های حرارتی مربوط به موازنه انرژی نظیر دما، فشار، نسبت رطوبت، حجم مخصوص، دبی جرمی، دبی حجمی، نرخ حرارت انتقالی، ظرفیت گرمایی ویژه و غیره در نقاط مختلف (سمت آب و هوا) اندازه‌گیری و یا محاسبه شده‌اند.

در گزارش [۲] مقایسه ظرفیت‌های عملکردی چند نمونه از فن‌کویل‌های سرمایشی و گرمایشی تولید داخل با نمونه‌های ساخت شرکت‌های معتبر خارجی مقایسه شده است. معیار مقایسه، توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی (W/CFM) و نیز توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت سرمایشی و گرمایشی (W/1000 Btu/h) فن‌کویل‌ها بوده است. شاخص توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی، در واقع نشان دهنده مقدار انرژی الکتریکی مصرفی برای تامین مقدار مشخصی از نرخ جریان هوا در فن‌کویل‌ها است که بطور کامل بستگی به طراحی مکانیکی کویل‌ها (الگوی جریان هوا، افت فشار و غیره) دارد. شاخص توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت سرمایشی و گرمایشی نیز نشان می‌دهد که برای تامین مقدار مشخصی از سرما یا گرما چه میزان توان الکتریکی به مصرف می‌رسد. این شاخص نیز به طراحی حرارتی کویل‌های فن کویل وابسته است.

بدیهی است برای آنکه مشخصات عملکردی و نیز مقایسه شاخص‌های توان ویژه مصرفی برای محصولات تولیدی مختلف امکان‌پذیر گردد، لازم است تا توان الکتریکی مصرفی (W)، ظرفیت هوادهی (CFM) و ظرفیت سرمایشی و گرمایشی (Btu/h) آنها تحت شرایط تصریح شده در استانداردهای مربوطه اندازه‌گیری شود. از سوی دیگر بایستی فن‌کویل‌های با ظرفیت‌های هوادهی مشابه را با یکدیگر مقایسه نمود، زیرا که ظرفیت‌های مختلف هوادهی، بر سایر مشخصات عملکردی فن‌کویل‌ها تاثیر می‌گذارد.

در جداول (۱) و (۲) بطور نمونه به ترتیب مشخصات عملکرد استاندارد فن‌کویل مدل ۶۰۰ در حالت گرمایشی و سرمایشی ساخت شرکت های معتبر ایرانی و چند شرکت معتبر خارجی آورده شده است [۲].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

تصویر (۱): یک نمونه فن‌کویل تحت آزمون به همراه کانال دریافت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

جدول (۱): مشخصات عملکردی و مصارف ویژه انرژی فن‌کویل‌های گرمایشی تحت آزمون

(ظرفیت هوادهی: ۶۰۰ CFM)

نام / کد شرکت		ظرفیت هوا دهی (Qs)	نرخ جریان آب (Qw)	ظرفیت گرمایشی محسوس/کل (Qtha)	توان ورودی (Pe)	مصارف ویژه انرژی		
		CFM	GPM	Btu/h	W	W / 10^{3} Btu/h	W/CFM	W/GPM
سقفی / افقی (Ceiling/ Horizontal) زمینی / ایستاده (Floor, Vertical)	HF۱	۵۵۳/۶	۱/۹۱	۴۲۷۲۰	۹۸/۳	۲/۳۰۱	۰/۱۷۸	۵۱/۴۶۶
	HF۲	۵۴۶/۴	۳/۷۸	۴۰۶۷۰	۱۶۳/۴	۴/۰۱۸	۰/۲۹۹	۴۳/۲۲۸
	HF۳	۵۶۱/۹	۵/۶۱	۴۵۳۸۰	۹۷/۸	۲/۱۵۵	۰/۱۷۴	۱۷/۴۳۳
	HF۴	۵۵۵/۵	۴/۸۳	۴۱۱۲۰	۱۰۱/۲	۲/۴۶۱	۰/۱۸۲	۲۰/۹۵۲
	HF۵	۵۳۰/۱	۴/۶۵	۳۶۰۵۰	۱۲۵/۳	۳/۴۷۶	۰/۲۳۶	۲۶/۹۴۶
	HF۶	۵۴۰/۷	۴/۷۳	۳۸۷۸۰	۱۲۷	۳/۲۷۵	۰/۲۳۵	۲۶/۸۵۰
	HF۷	۵۵۸/۸	۴/۸۵	۴۱۰۵۰	۱۰۳/۹	۲/۵۳۱	۰/۱۸۶	۲۱/۴۲۳
کانالی (Duct)	HD۱	۵۶۴/۷	۳/۸۸	۴۸۳۲۰	۲۸۳/۲	۵/۸۶۱	۰/۵۰۲	۷۲/۹۹۰
Dunham-Bush (FVBF)		۶۵۷	۲/۶۱	۲۳۵۵۰	۱۸۰/۰	۷/۶۴۳	۰/۲۷۴	۶۸/۹۶۶
Dunham-Bush (FVBB)		۶۵۷	۶/۲۸	۲۸۳۲۸	۱۸۰/۰	۶/۳۵۴	۰/۲۷۴	۲۸/۶۶۲

نام / کد شرکت	ملاحظات مربوط به تست استاندارد ظرفیت گرمایشی	
HF۱-HF۷ HD۱	ظرفیت گرمایشی مطابق با ARI standard ۴۱۰ـ۹۱ =	
	Motor: ۲۲۰ V , ۵۰ HZ , ۱ Ph , High speed	درجه حرارت هوای ورودی. = ۷۰ ^{o}F DB
	Coil: ۳ row (Floor type), ۴ row (Duct type)	دمای آب خروجی / دمای آب ورودی. = ۱۸۰ / ۱۶۰ ^{o}F
Dunham - Bush Inc.	Medium speed, Air (in: ۲۰ ^{o}C , out: DB ۳۸ ـ ۳۹/۶ ^{o}C)	مشخصات کویل دو تایی (model: FVBF)
	Water (in: ۷۵ ^{o}C , out ۶۵ ^{o}C)	
	Medium speed, Air (in: ۲۰ ^{o}C , out: DB ۴۱/۶ ـ ۴۲/۶ ^{o}C)	۴ردیفه (model: FVBB)
	Water (in: ۴۵ ^{o}C , out ۴۰ ^{o}C)	

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

جدول (۲): مشخصات عملکردی و مصارف ویژه انرژی فن‌کویل‌های سرمایشی تحت آزمون
(ظرفیت هوادهی: ۶۰۰ CFM)

نام / کد شرکت		ظرفیت هوا دهی (Qs)	نرخ جریان آب (Qw)	ظرفیت سرمایشی (Qtha)		توان ورودی (Pe)	مصارف ویژه انرژی		
				محسوس	کل				
		CFM	GPM	Btu/h	Btu/h	W	W / 10^3 Btu/h	W/CFM	W/GPM
سقفی / افقی (Ceiling/ Horizontal) زمینی / ایستاده (Floor, Vertical)	CF۱	۵۶۷/۲	۲/۸۵	۱۴۰۸۰	۲۰۹۰۰	۹۳/۱	۴/۴۵۵	۰/۱۶۴	۳۲/۶۶۷
	CF۲	۵۶۳/۲	۳/۶۸	۱۰۳۱۰	۱۵۱۲۰	۱۵۱/۲	۱۰/۰۰۰	۰/۲۶۸	۴۱/۰۸۷
	CF۳	۵۷۹/۱	۴/۰۹	۱۳۴۵۰	۱۷۲۶۰	۹۰/۵	۵/۲۴۳	۰/۱۵۶	۲۲/۱۲۷
	CF۴	۵۷۰/۲	۳/۸۲	۱۱۹۸۰	۱۶۶۸۰	۹۶/۳	۵/۷۷۳	۰/۱۶۹	۲۵/۲۰۹
	CF۵	۵۶۸/۲	۳/۶۴	۱۱۳۲۰	۱۳۲۵۰	۱۱۴/۲	۸/۶۱۹	۰/۲۰۱	۳۱/۳۷۴
	CF۶	۵۵۵/۷	۳/۷۸	۱۱۰۶۰	۱۴۵۸۰	۱۱۷/۳	۸/۰۴۵	۰/۲۱۱	۳۱/۰۳۲
	CF۷	۵۷۲/۳	۳/۸	۱۱۵۹۰	۱۴۹۰۰	۹۴/۲	۳۱/۰۳۲	۰/۲۱۱	۸/۰۴۵
کانالی (Duct)	CD۲	۵۷۰/۱	۳/۸۱	۱۰۳۲۰	۱۱۶۵۰	۲۷۶/۱	۲۳/۷۰۰	۰/۴۸۴	۷۲/۴۶۷
USA coil & air (VFB۳)		۶۰۰	۳/۰۰	—	۱۳۹۰۰	۱۸۰/۰	۱۲/۹۵۰	۰/۳۰۰	۶۰/۰۰۰
USA coil & air (VFB۴)		۶۰۰	۳/۸۰	—	۱۸۶۰۰	۱۷۰/۰	۹/۱۴۰	۰/۲۸۳	۴۴/۷۳۷
Dunham-Bush (FVC DP)		۶۵۷	۲/۹۷	—	۱۶۰۴۱	۱۸۰/۰	۱۱/۲۲۱	۰/۲۷۴	۶۰/۶۰۶
Dunham-Bush (FVC۴)		۶۵۷	۳/۱۵	—	۱۷۰۶۵	۱۸۰/۰	۱۰/۵۴۸	۰/۲۷۴	۵۷/۱۴۳
Dunham-Bush (FVBF)		۵۳۰	۲/۴۰	—	۱۲۹۶۹	۷۵/۰	۵/۷۸۳	۰/۱۴۲	۳۱/۲۵۰
Dunham-Bush (FVBB)		۵۳۰	۲/۷۱	—	۱۴۶۷۶	۷۵/۰	۵/۱۱۰	۰/۱۴۲	۲۷/۶۷۵

نام / کد شرکت	ملاحظات مربوط به تست استاندارد ظرفیت سرمایشی	
CF۱-CF۷ CD۲	Cooling rating based on: ARI standard 410-91	
	Motor: ۲۲۰ V , ۵۰ HZ , ۱ ph , High speed	دمای هوای ورودی = ۸۰ °F DB , ۶۷ °F WB.
	Coil: ۳ row (Floor type), ۴ row (Duct type)	دمای آب خروجی / دمای آب ورودی = ۴۵/۵۵°F.
USA coil & air	ARI Certificate, Water temperature rise : ۱۰ °F	
Dunham-Bush Inc.	Motor medium speed, Chilled water (in: ۶ °C, out: ۱۲ °C) Air (in: ۲۲ °C, ۵۰% RH, out: DB۱۰/۴ ـ ۱۱/۵ °C, WB ۹/۷- ۱۰/۵°C)	

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

صحت نتایج بدست آمده برای موازنه حرارتی فن‌کویل ها در حالت عملکرد گرمایشی و سرمایشی در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است.

جدول (۳): صحت نتایج آزمون عملکرد گرمایشی فن کویل ها

مدل	HB (درصد)
H ۲۰۰	۵/۰۸
H ۴۰۰	۶/۰۰
H ۶۰۰	۵/۵۵
H ۸۰۰	۴/۳۱
H ۱۰۰۰	۴/۷۶
H ۱۲۰۰	۵/۲۳

جدول (۴): صحت نتایج آزمون عملکرد سرمایشی فن کویل ها

مدل	HB (درصد)
C ۲۰۰	۵/۳۳
C ۴۰۰	۴/۵۸
C ۶۰۰	۵/۶۱
C ۸۰۰	۲/۰۶
C ۱۰۰۰	۳/۰۹
C ۱۲۰۰	۴/۲۸

طبق دستورالعمل آزمون تست استاندارد، باید مقدار HB (Heating Balance) موازنه حرارتی کمتر از ۶ درصد باشد.

- محاسبات موازنهٔ حرارتی و متوسط ظرفیت‌ها:

- متوسط ظرفیت‌های سرمایشی در سمت آب و هوا باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$q_c = 0.5(q_{tca} + q_{tcw} - q_e)$$

موازنهٔ حرارتی بین ظرفیت های سمت آب و هوا باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$HB = \frac{100\,(q_{tca} - q_{tcw} + q_e)}{q_c}$$

- متوسط ظرفیت‌های گرمایشی باید به صورت زیر محاسبه شود:
- کویل‌های آبی:

$$q_h = 0.5(q_{tha} + q_{thw} + q_e)$$

موازنه حرارتی بین ظرفیت های سمت آب و هوا باید از رابطهٔ زیر محاسبه شود:

$$HB = \frac{100\ (q_{tha} - q_{thw} - q_e)}{q_h}$$

- کویل‌های الکتریکی:

$$q_h = 0.5\ (q_{tha} + q_{ee} + q_e)$$

موازنهٔ حرارتی بین ظرفیت های سمت هوا و کویل الکتریکی باید از رابطهٔ زیر محاسبه شود:

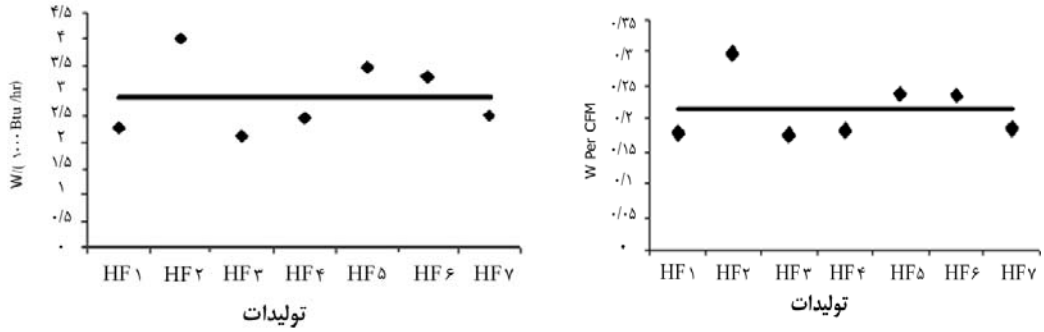
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

$$HB = \frac{100\ (q_{tha} - q_{ee} - q_e)}{q_h}$$

مقادیر جداول بالا نشان می دهند که همه مدلها در محدوده مجاز آزمون عملکرد هستند. ضمنا نتایج آزمون فن‌کویل‌ها در جداول ، کد H نشان دهنده آزمون فن‌کویل در حالت گرمایشی، کد C نشان دهنده آزمون فن‌کویل در حالت سرمایشی، کد F نشان دهنده فن‌کویل‌های زمینی و سقفی (ایستاده و افقی)، کد D نشان دهنده فن‌کویل‌های کانالی و شماره های ۱ تا ۷ نشان دهنده کد شرکت های داخلی سازنده فن‌کویل‌های مورد آزمون می‌باشند.

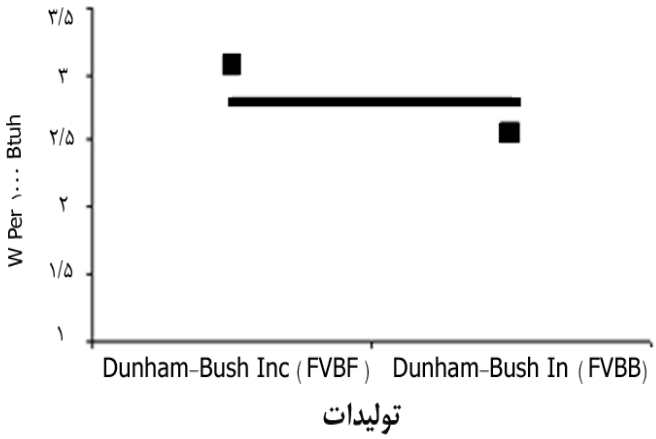
به این ترتیب امکان محاسبه شاخص‌های توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی و نیز ظرفیت سرمایشی و گرمایشی بین فن‌کویل‌های تولید داخل و محصولات مشابه شرکت‌های خارجی فراهم می‌آید. شاخص‌های توان ویژه مصرفی در ستون‌های آخر جداول مذکور محاسبه و آورده شده‌اند.

جهت مقایسه کیفی مشخصات عملکردی فن‌کویل‌های ساخت داخل با نمونه‌های مشابه خارجی، شاخص‌های توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی و نیز ظرفیت سرمایشی و گرمایشی نمونه‌های مختلف فن‌کویل‌ها بر حسب ظرفیت‌های هوادهی آنها، در شکل‌های (۱) و (۲) مربوط به حالت گرمایشی و (۳) و (۴) مربوط به حالت سرمایشی مشاهده می‌گردند.

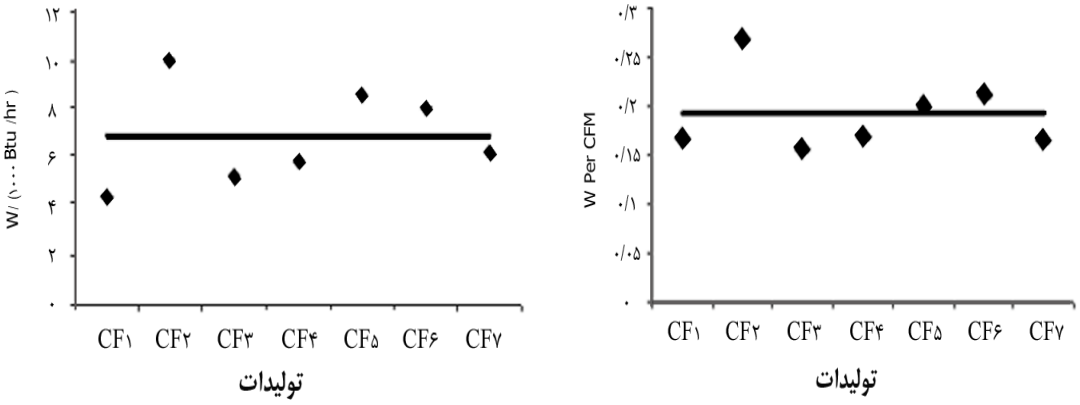


نمودار(۱): مصرف ویژه انرژی فن‌کویل‌های گرمایشی / زمینی ساخت شرکت های داخلی
(در ظرفیت هوادهی ۶۰۰ CFM)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

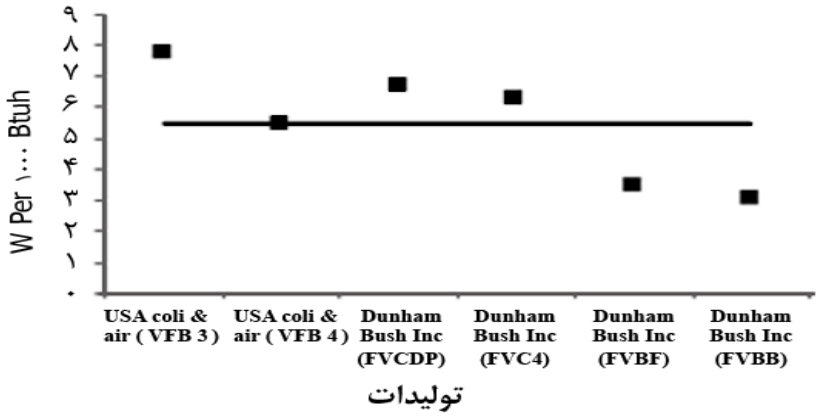


نمودار (۲): مصرف ویژه انرژی فن‌کویل‌های گرمایشی ساخت شرکت های خارجی
(در ظرفیت هوادهی ۶۰۰ CFM)



نمودار(۳): مصرف ویژه انرژی فن‌کویل‌های سرمایشی / زمینی ساخت شرکت های داخلی
(در ظرفیت هوادهی ۶۰۰ CFM)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



نمودار(۴): مصرف ویژه انرژی فن‌کویل‌های سرمایشی ساخت شرکت های خارجی (در ظرفیت هوادهی CFM ۶۰۰)

شایان ذکر است که عملکرد فن‌کویل‌های ساخت شرکت‌های خارجی در پاره‌ای موارد در شرایطی متفاوت با شرایط استاندارد انتخاب شده در این گزارش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال ممکن است ظرفیت گرمایشی و یا سرمایشی فن‌کویل در دور متوسط آن ارائه شده باشد در صورتی که تست عملکرد فن‌کویل‌های ساخت داخل در دور زیاد فن‌کویل‌ها انجام پذیرفته است. در اینگونه موارد و موارد دیگری از جمله تفاوت در میزان نرخ جریان آب گردشی (GPM)، تفاوت در درجه حرارت‌های ورودی آب گردشی و هوای تحویلی و غیره، ضرایب تصحیح مربوطه باید بکار برده شوند.

در این مقاله، مقادیر حاصل از آزمون عملکرد فن‌کویل‌های ساخت شرکت‌های معتبر خارجی عینا در جداول ارائه شده‌اند، اما برای آنکه مقایسه کیفی نتایج مورد اشاره با مقادیر مشابه فن‌کویل‌های ساخت داخل امکان‌پذیر گردد، مقادیر توان ویژه مصرفی نمونه فن‌کویل‌های خارجی پس از اعمال ضرایب تصحیح در شکل‌ها آورده شده‌اند.

نتایج حاصل از مقایسه مقادیر بدست آمده از آزمون‌های تجربی با اطلاعات ارائه شده در کاتالوگ بسیاری از نمونه فن‌کویل‌های ساخت داخل نشان می دهد که اختلافاتی در داده های واقعی عملکرد فن‌کویل‌های گرمایشی و سرمایشی با داده‌های درج شده در کاتالوگ این محصولات وجود دارد.

بعلاوه همانطور که از شکل‌های مقایسه‌ای نیز مشاهده می‌گردد، نتایج تست عملکرد حرارتی و برودتی فن‌کویل‌های ساخت داخل با مشخصات عملکردی نمونه‌های مشابه خارجی در ظرفیت‌های مشابه گرمایشی و سرمایشی نیز اختلاف زیادی دارد که نشان دهنده ضعف عملکرد دستگاه‌های ساخت داخل به لحاظ بازدهی انرژی می باشد.

مقایسه ظرفیت‌های عملکردی فن‌کویل‌های ساخت داخل با بهترین نمونه‌های خارجی به لحاظ کارایی انرژی، این امکان را بوجود می‌آورد که سیاستگذار بتواند با شناسایی فاصله شاخصهای عملکردی دستگاههای داخلی با نمونه‌های مشابه خارجی، نسبت به تدوین یک برنامه قانونی لازم الاجرا با هدف بهینه‌سازی عملکرد انرژی فن‌کویل‌های ساخت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

داخل اقدام نماید. بدیهی است ویژگی اصلی قوانین وضع شده، امکان‌پذیر بودن اجرای آنها با توجه به پتانسیل صنایع سازنده این دستگاهها در کنار محدودیت‌های فنی و اقتصادی مربوطه می‌باشد.

با توجه به آنکه فن‌کویل‌ها، ماهیتا ساختمانی ترکیبی داشته و از اجزا مختلفی شامل الکتروموتور، سطح حرارتی، سیستم کنترل دور موتور و سیستم کنترل دما تشکیل می‌شوند، بهینه‌سازی بازدهی انرژی این دستگاهها باید در حوزه‌های متنوعی از علوم مهندسی جستجو شود. از این رو، حذف فاصله موجود بین شاخصهای عملکردی فن‌کویل‌های ساخت داخل (توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی و نیز ظرفیت سرمایشی و گرمایشی) با مقادیر بهینه جهانی تنها از طریق تجدیدنظر در مدلسازی و طراحی حرارتی سطوح انتقال حرارت کویل‌ها، استفاده از جنس بهتر مواد در ساخت سطوح، استفاده از سیستم‌های مدرن کنترل عملکرد و بهره مندی از الکتروموتورهای راندمان بالا امکان‌پذیر می‌باشد. در این راه، استفاده از تجربه سایر کشورهای پیشرو در امر طراحی و ساخت فن‌کویل‌ها اجتناب ناپذیر است.

از سوی دیگر تحقق این امر مستلزم پشتیبانی قانونی برای لازم الاجرا نمودن روند بهینه‌سازی عملکرد فن‌کویل‌ها در کارخانجات سازنده آنهاست. به معنای دیگر لازم است تا قانون‌گذار ضمن حمایت‌های فنی و اقتصادی، مسیری لازم الاجرا را پیش روی کارخانه‌های داخلی سازنده فن‌کویل قرار دهد که به تولید محصولات با بازدهی انرژی بالاتر منجر می‌شود. تجربه سایر کشورها در این زمینه، تعیین جدول زمانی برای بهبود ظرفیت عملکردی فن‌کویل‌های ساخته شده در این کشورها بوده است.

به این ترتیب و با توجه به مقایسه ظرفیت‌های عملکردی فن‌کویل‌های موجود داخلی با مقادیر بهینه آن، پتانسیل‌های فنی و اقتصادی کارخانه‌های سازنده فن‌کویل در کشور، میزان تولیدات آنها، بازار داخلی و غیره به نظر می‌رسد که در یک فاصله زمانی نه ساله (سه دوره سه ساله) امکان کاهش متوسط توان ویژه مصرفی (بر حسب ظرفیت هوادهی و نیز ظرفیت سرمایشی و گرمایشی) فن‌کویل‌های ساخت داخل تا حد بهینه جهانی آن وجود داشته باشد.

تعیین رتبه های مصرف انرژی و ارائه طرح بر چسب انرژی فن‌کویل‌های تولیدی در ایران

گام بعدی پس از انجام آزمون‌های استاندارد عملکرد گرمایشی و سرمایشی فن‌کویل‌ها، تعیین رتبه مصرف انرژی این دستگاه‌ها می‌باشد. رتبه‌بندی مصرف انرژی فن‌کویل‌ها از یک سو با هدف ترغیب مصرف‌کنندگان به استفاده از وسایل پربازده از لحاظ مصرف انرژی و از سوی دیگر با هدف واردکردن یک پارامتر فنی در بازار رقابتی تولید تولیدکنندگان این وسایل صورت می‌پذیرد. به علاوه بخش قانونگذار می‌تواند با وضع بازه‌های استاندارد مصرف انرژی و تجدید نظر در مقادیر آن در دوره‌های زمانی سه دوره سه ساله وضع استانداردها و قوانین الزام‌آور از یک سو و حمایت از تولیدکنندگان از سوی دیگر روند تولید این وسایل را به سمت بازده بهینه مصرف انرژی سوق دهد. نتایج حاصل از آزمون‌های تست عملکرد انرژی فن‌کویل‌ها و مقایسه آن با مقادیر بهینه جهانی از یک طرف و محدودیت‌های فنی و مالی موجود در صنایع کشور برای اعمال تغییرات فنی لازم بر روی خطوط تولید فن‌کویل‌ها با هدف تولید محصولات با بازده انرژی بالاتر از طرف دیگر، مقادیر پیشنهادی رتبه‌بندی مصرف انرژی برای فن‌کویل‌های تولید داخل در حالت‌های عملکردی گرمایشی و سرمایشی را بصورت جداول (۵) تا (۷) نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

جدول(۵): پیشنهاد رتبه‌بندی مصرف انرژی برای فن‌کویل‌های (زمینی، سقفی) ۳۰۰ CFM (سه ساله اول)

رتبه	ظرفیت گرمایشی X= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)	ظرفیت سرمایشی Y= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)
A	X< ۲/۴	Y<۷/۰
B	۲/۴ ≤X< ۲/۷	۷/۰ ≤Y< ۷/۰
C	۲/۷ ≤X< ۳/۱	۷/۵ ≤Y< ۸/۵
D	۳/۱ ≤X< ۳/۵	۸/۵ ≤Y< ۹/۵
E	۳/۵ ≤X< ۳/۹	۹/۵ ≤Y< ۱۰/۵
F	۳/۹ ≤X< ۴/۳	۱۰/۵ ≤Y< ۱۱/۵
G	۴/۳ ≤X< ۴/۷	۱۱/۵ ≤Y< ۱۲/۵

جدول (۶): پیشنهاد رتبه‌بندی مصرف انرژی برای فن‌کویل‌های (زمینی، سقفی) ۳۰۰CFM (سه ساله دوم)

رتبه	ظرفیت گرمایشی X= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)	ظرفیت سرمایشی Y= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)
A	X< ۲/۱	Y<۶/۳
B	۲/۱ ≤X< ۲/۳	۶/۳ ≤Y< ۶/۸
C	۲/۳ ≤X< ۲/۶	۶/۸ ≤Y< ۷/۵
D	۲/۶ ≤X< ۲/۹	۷/۵ ≤Y< ۸/۲
E	۲/۹ ≤X< ۳/۲	۸/۲ ≤Y< ۸/۹
F	۳/۲ ≤X< ۳/۶	۸/۹ ≤Y< ۹/۸
G	۳/۶ ≤X< ۴/۰	۹/۸ ≤Y< ۱۰/۸

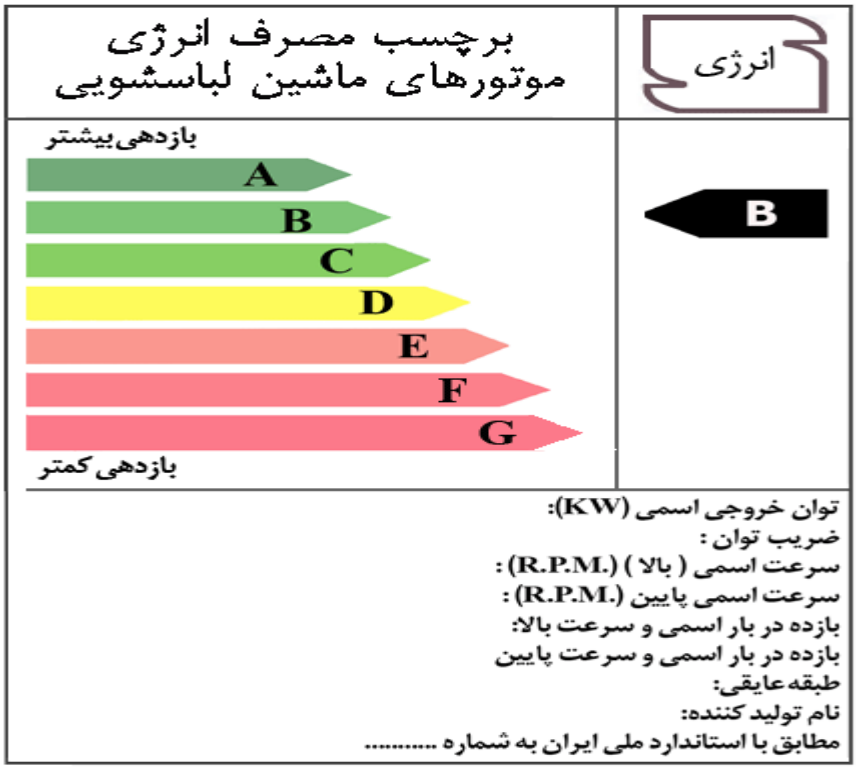
جدول (۷): پیشنهاد رتبه‌بندی مصرف انرژی برای فن‌کویل‌های (زمینی، سقفی) ۳۰۰CFM (سه ساله سوم)

رتبه	ظرفیت گرمایشی X= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)	ظرفیت سرمایشی Y= W/ (۱۰۰۰ Btu/h)
A	X< ۳/۳	Y<۶/۹
B	۳/۳ ≤X< ۳/۴	۶/۹ ≤Y< ۸/۲
C	۳/۴ ≤X< ۳/۶	۸/۲ ≤Y< ۹/۲
D	۳/۶ ≤X< ۴/۴	۹/۲ ≤Y<۱۰/۱
E	۴/۴ ≤X< ۴/۶	۱۰/۱ ≤Y<۱۱/۳
F	۴/۶ ≤X< ۴/۹	۱۱/۳ ≤Y< ۱۲/۵
G	۴/۹ ≤X<۵/۲	۱۲/۵ ≤Y<۱۳/۷

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

همانگونه که از مقادیر مندرج در جداول مذکور نیز پیداست، معیار تعیین بازه‌های تعریف‌شده برای رتبه‌های مختلف سهولت در تغییر رتبه‌های مصرف انرژی از سطوح پایین‌تر و مشکل‌شدن تغییر رتبه در سطوح بالاتر رتبه‌بندی مصرف انرژی می‌باشد که این امر به ماهیت فنی بکار رفته در ساخت فن‌کویل‌ها بر می‌گردد. به معنای دیگر تغییر رتبه یک فن‌کویل از سطح E به سطح D به لحاظ فنی ساده‌تر و امکان‌پذیرتر از تغییر رتبه از سطح B به سطح A می‌باشد.

از آنجاییکه از فن‌کویل‌ها در دو حالت عملکردی گرمایشی و سرمایشی استفاده می‌شود، رتبه‌های مصرف انرژی فن‌کویل‌ها به صورت جداگانه برای ظرفیت‌های گرمایشی و سرمایشی آنها ارائه شده است. بر این اساس رتبه مصرف انرژی یک فن‌کویل در یک سطح مشخص مثلاً C هنگامی اخذ می‌گردد که مقادیر ظرفیت‌های گرمایشی و سرمایشی فن‌کویل مورد نظر هر دو در محدوده بازه‌های تعریف‌شده برای سطح رتبه بازده انرژی C قرار گیرد. بدیهی است در صورتیکه یکی از بازه‌های مصرف انرژی برای عملکرد گرمایشی و یا سرمایشی ارضا نشود و به عنوان مثال رتبه مصرف انرژی فن‌کویل مورد بحث در حالت عملکرد گرمایشی در سطح D قرار گیرد، در حالیکه رتبه مصرف انرژی در حالت عملکرد سرمایشی در سطح C قرار داشته باشد، رتبه مصرف انرژی آن فن‌کویل، رتبه پایین‌تر یعنی رتبه D خواهد شد. نمونه برچسب انرژی طراحی شده برای فن‌کویل‌های ساخت داخل منطبق با نمونه‌های مشابه سایر تجهیزات انرژی بر در کشور در شکل (۲) پیشنهاد شده است.



شکل (۲): بر چسب مصرف انرژی فن‌کویل‌های (زمینی/کانالی)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

منابع

[۱] ترازنامه انرژی ۱۳۷۸، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو.

[۲] عباس عباسی، " مطالعات پژوهشی در خصوص تعیین شاخص‌ها، تدوین استاندارد مصرف انرژی فن‌کویل‌های ساخت داخل و ارائه بر چسب انرژی "، دفتر بهینه سازی انرژی، معاونت انرژی وزارت نیرو ، ۱۳۸۵.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند که از معاونت محترم امور برق و انرژی جهت حمایت مالی از پروژه "مطالعات پژوهشی در خصوص تعیین شاخص‌ها، تدوین استاندارد مصرف انرژی فن‌کویل‌های ساخت داخل و ارائه بر چسب انرژی" سپاسگزاری نمایند.

نمادها

تلرانس موازنه حرارتی، درصد	HB
توان ورودی به المنت مقاومت الکتریکی، W	P_{ee}
متوسط ظرفیت سرمایشی در سمت آب و هوا (W) Btu/hr	q_c
معادل گرمای ورودی ناشی از عملکرد موتورفن، (W) Btu/hr	q_e
معادل گرمای ورودی به المنت مقاومت الکتریکی، (W) Btu/hr	q_{ee}
متوسط ظرفیت گرمایشی درسمت هوا و آب (یا در سمت المنت الکتریکی) (W) Btu/hr	q_h
کل ظرفیت سرمایشی،سمت هوا، (W) Btu/hr	q_{tca}
کل ظرفیت گرمایشی ، سمت هوا (W) Btu/hr	q_{tha}
کل ظرفیت سرمایشی، سمت آب (W) Btu/hr	q_{tcw}
کل ظرفیت گرمایشی، سمت آب (W) Btu/hr	q_{thw}

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]