



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)



شرکت ملی نفت ایران
سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور



شرکت توسعه سرزمین سبز انگاره
مهندسی مشاور و مدیریت طرح

تدوین روش تست رادیاتورهای جابجایی آزاد و فن کویل‌های سرمایش و گرمایش با سیرکولاسیون اجباری

کار فرما: سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

مدیریت طرح: شرکت توسعه سرزمین سبز انگاره

مجری: دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

مهر ۱۳۸۴

همکاران پروژه

- دکتر عباس عباسی، مجری طرح
دکترای مهندسی مکانیک، دانشیار دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

- دکتر مجید صفار اول، مشاور طرح
دکترای مهندسی مکانیک، استاد دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

- مهندس بهمن اسدی، کارشناس حرارت طرح
دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

- مهندس بهنام حق جو، کارشناس حرارت طرح
فوق لیسانس مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

فهرست موضوعات

دستگاه فن کویل

طبقه بندی مهم ترین شرکت های داخلی تولید کننده فن کویل
شناسایی استانداردهای آزمون ملی و بین المللی عملکرد فن کویل ها
مقایسه مشخصات عملکردی فن کویل های تولید داخل و خارج
راهکارهای افزایش بازدهی فن کویل ها

● فن کویل

طبقه بندی رادیاتورها

طبقه بندی مهم ترین شرکت های داخلی تولید کننده رادیاتور
شناسایی استانداردهای آزمون ملی و بین المللی عملکرد رادیاتورها
نحوه آزمون عملکرد رادیاتورهای تولید داخل
مقایسه مشخصات عملکردی رادیاتورهای تولید داخل و خارج
راهکارهای افزایش بازدهی رادیاتورها

● رادیاتور

● نتیجه گیری کلی

طبقه بندی مهم ترین شرکتهای داخلی تولید کننده فن کویل

تولیدات شرکتهای مهم تولید کننده فن کویل در کشور که عضو انجمن صنعت تأسیسات می باشند و جمعاً بیش از نود درصد سهم تولیدات داخلی را به عهده دارند در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	نام شرکت	سری تولیدات	ظرفیت تولیدات (CFM)	آدرس کارخانه یا دفتر مرکزی	تلفن
۱	نهویه	HC- FF-FC-HS-HR-FR-FL&HL	۲۰۰-۲۰۰۰	کریم خان - خرمند شمالی - خیابان چهارم	۸۸۲۳۲۹۶
۲	سرما آفرین	۴۲AA-۴۲HA-۴۲HB-۴۲AD-۴۲AB-۴۲AC	۲۰۰-۲۰۰۰	سهروردی شمالی - خرمشهر - شماره ۲۰۰	۸۷۶۲۰۳۸
۳	ساراول	HE-HC-FE-FC-TE-SE-TB	۲۰۰-۱۲۰۰	شیخ بهایی شمالی - شماره ۴۳	۸۰۴۶۹۲۱
۴	سارلی	SRFC	۲۰۰-۱۲۰۰	شریعی - بالانر از چهارراه سمیه ساختمان جواهری	۷۵۳۸۳۰۱
۵	مهر اصل	FCBF-FCBC-FCBD-& FCBCW	۲۰۰-۲۰۰۰	دکتر مفتاح شمالی - زهره - شماره ۱۹	۸۸۲۷۵۳۵
۶	هولساز	HFC-HDFC	۲۰۰-۲۰۰۰	شهید بهشتی - سرفراز - شماره ۲	۸۷۵۴۹۱۰
۷	یکتا نهویه اروند	FABC- FABT	۲۰۰-۸۰۰	شهید بهشتی - چهارراه اندیشه - سهند کوچه شهرناش - شماره ۴۲	۸۵۰۴۷۷۰

مشخصات فنی فن کویل‌های زمینی

Air Flow (CFM)	Net Cooling Capacity (Btu/hr)		Water Flow (GPM)		Net Heating Capacity (Btu/hr)
	Total	Sensible	Cooling	Heating	
200	8600	5712	1.8	2.2	21036
300	11560	7985	2.4	3.2	29962
400	14958	10908	3.2	4.0	38570
600	19850	14088	4.1	5.2	48750
800	25330	17413	5.3	6.8	64190
1000	31950	20713	6.7	8.2	79100
1200	40975	27988	8.1	9.8	97613

ظرفیت ها بر مبنای سرعت بالای فن می باشد.
 ظرفیت های سرمایشی بر مبنای آب ورودی 45°F و هوای ورودی خشک 80°F ، مرطوب 67°F
 ظرفیت گرمایشی بر مبنای هوای ورودی خشک 70°F و آب ورودی و خروجی به ترتیب 80°F و 160°F

مشخصات فنی فن کویل‌های کانالی شرکت های داخلی

Air Flow (CFM)	Net Cooling Capacity (Btu/hr)		Water Flow (GPM)		Net Heating Capacity (Btu/hr)
	Total	Sensible	cooling	Heating	
800	25633	19650	4.5	7.5	70500
1000	32667	24600	6.0	9.5	87750
1200	37867	29050	8.0	11.1	104133
1400	46200	34450	9.5	13.0	123367
1600	54033	39450	10.0	14.7	141233
1800	61200	44700	11.0	16.8	158800
2000	68500	50000	12.4	18.9	176433

مقادیر سرمایش بر مبنای سرعت بالای فن و هوای ورودی خشک 80°F، مرطوب 67°F

مقادیر گرمایش بر مبنای سرعت بالای فن و دمای خشک هوای ورودی 70°F و آب ورودی و خروجی به ترتیب 180°F و 160°F

ظرفیت های سرمایشی و گرمایشی بر مبنای 4 row / 8 FPI Coil

مقدار هوادهی بر مبنای فشار استاتیکی خارجی 0/45 (in. w. g)

استانداردهای آزمون ملی و بین المللی عملکرد فن کویل ها

● استاندارد اشری (استاندارد انجمن مهندسين گرمايش، سرمايش و تهويه مطبوع آمريكا)

ASHRAE- American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers
ASHRAE Standard , Method of Testing for Rating Fan – Coil Conditioners. ANSI / ASHRAE Standard 79- 2002

● استاندارد آر ای : (انستیتو تهويه مطبوع و تبريد آمريكا)

ARI Standard/ Standard for Room Fan – Coils/ Standard 440, 1988

● استاندارد ملی ایران (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)

دستگاه فن کویل و واحد تهویه اتاقی / شماره استاندارد ایران ۳۷۴۰ / چاپ اول فروردین ماه ۱۳۷۵

مقایسه استاندارد های تست عملکرد فن کویل ها

● استاندارد ملی ایران شماره 3740 فروردین ماه 1375 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 آزمون های عملکرد فن کویل ها ضرورت دارد.

● در استاندارد ملی ایران شماره 3740-1375 ، به طور مشخص استاندارد **ARI 440-1993** به عنوان منبع مورد استفاده در تدوین این استاندارد ذکر شده است.

● عمده شرکت ها و کارخانجات تولید کننده انواع فن کویل ها برای گرمایش و سرمایش در ایران از تکنولوژیهای آمریکایی استفاده می کنند. بنابراین استانداردهای آمریکایی موجود در خصوص تست عملکرد فن کویل ها به لحاظ منطقی انطباق بیشتری با فن کویل های ساخت داخل دارند.

● استاندارد **ASHRAE 79-2002**، از لحاظ تشریح کلیات، مشخصات ابزارهای اندازه گیری، تجهیزات تست، اتاق تست، روش های تست و محاسبات، جامع ترین استاندارد در میان استانداردهای خارجی تشخیص داده شد.

● در استاندارد **ARI – 440-1998** ، به طور مشخص ذکر شده است که برای تعیین ظرفیت و رتبه بندی فن کویل های اتاقی لازمست تا آزمونهای تست عملکرد مطابق با مقررات تشریح شده در استاندارد **ASHRAE-79-2002** باشد.

مقایسه استانداردهای تست عملکرد فن کویل ها (ادامه)

تاریخ انتشار استانداردهای آمریکایی موجود و در دسترس نسبت به استانداردهای انگلیس و ژاپن به روزتر می باشد. استانداردهای **ARI -440** , **ANSI/ ASHRAE -79** , انتخاب شده جهت بررسی، جدیدترین نسخه و به ترتیب مربوط به سال 2002 و 1998 می باشند.

سازگاری و انطباق کامل استانداردهای **ARI 440** , **ASHRAE 79** با استاندارد ملی ایران شماره 3740 و لزوم تبعیت از استانداردهای ملی (در صورت وجود) سبب گردید تا استاندارد مرجع در خصوص تست عملکرد فن کویل ها، استاندارد ملی ایران انتخاب شده و طبق تصریح این استاندارد، روش های تست و محاسبات از استانداردهای **ARI** , **ASHRAE** برداشته شوند.

انتخاب استاندارد مناسب برای تست عملکرد فن کویل ها

● صرف نظر از ادبیات به ظاهر متفاوت به کار رفته در تدوین این استاندارد ها، محتوای هر سه استاندارد منتخب تقریباً به طور کامل منطبق بر یکدیگر هستند.

● اعداد و ارقام و همچنین فرمولهای محاسباتی به کار رفته در استانداردهای **ARI** و **ASHRAE** هم بر مبنای واحد های انگلیسی / آمریکایی و هم بر مبنای واحد های متریک بیان شده اند در حالی که در استاندارد ملی ایران، واحد های متریک مورد استفاده قرار گرفته اند.

● اختلافات جزئی در بیان برخی ارقام به لحاظ نوع تعریف به کار گرفته شده وجود دارد (مثلاً بیان به صورت اعداد مطلق یا درصد نسبی) که طبیعتاً اصول کاری را مخدوش نمی سازد.

● در استانداردهای **ARI** و استانداردهای ملی ایران، اشاره ای به جزئیات نحوه انجام آزمونهای تست عملکرد فن کویل ها، مشخصات اتاق تست، مشخصات تجهیزات تست و ابزارهای اندازه گیری و محاسبات نشده است ولی در استاندارد **ASHRAE** به طور کامل به تشریح این جزئیات پرداخته شده است.

● دامنه کاربرد استاندارد **ASHRAE** شامل فن کویل هایی با ظرفیت هوادهی **2000 CFM** و کمتر می شود، در حالی که دامنه کاربرد استاندارد های **ARI** و استاندارد ملی ایران، فن کویل هایی با ظرفیت **1500 CFM** و کمتر را شامل می شود.

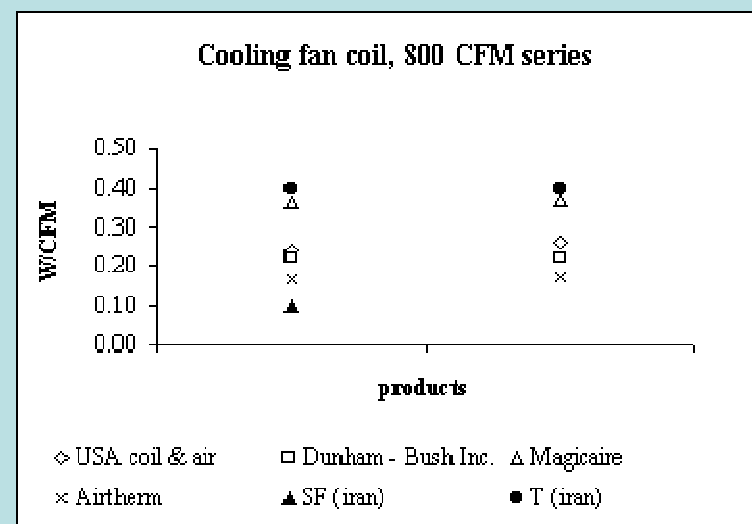
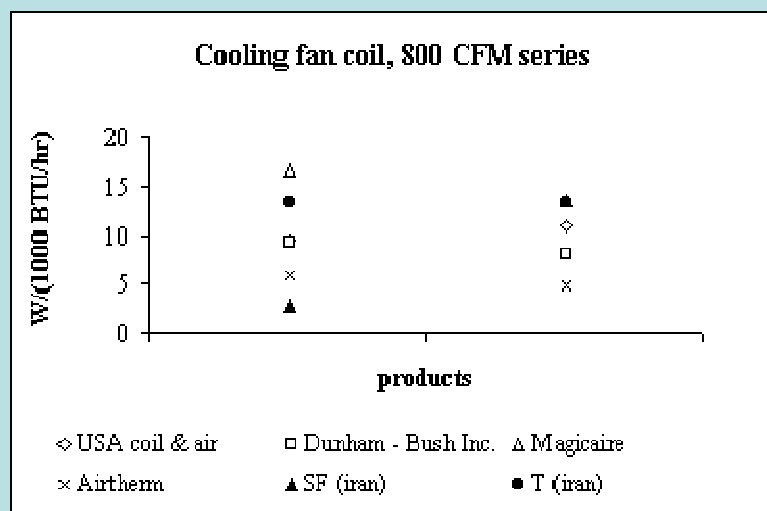
مشخصات عملکردی فن‌کویل‌های سرمایشی در ظرفیت‌های مختلف هوادهی
 ساخت شرکت‌های معتبر خارجی (Data updated: March 29 2005)

توان ویژه		توان ورودی	ظرفیت سرمایشی		جریان آب	ظرفیت هوا دهی	مدل		نام شرکت
			کل	محسوس					
W/(1000 BTU/hr)	W/CFM	(W)	(BTU/hr)	(BTU/hr)	(GPM)	(CFM)			
11.61	0.325	130	11200	7900	2.40	400	3 row	VFC	USA coil & air
9.92	0.325	130	13100	8600	2.70	400	4 row	VFCS	USA coil & air
12.95	0.300	180	13900	10400	3.00	600	3 row	VFB	USA coil & air
9.14	0.283	170	18600	13600	3.80	600	4 row	VFB	USA coil & air
11.22	0.274	180	16041	13652	2.97	657	Dual purpose coil	FVC	Dunham-Bush Inc.
10.55	0.274	180	17065	14335	3.15	657	4 row	FVC	Dunham-Bush Inc.
5.78	0.141	75	12969	10922	2.40	530	Dual purpose coil	FVBF	Dunham-Bush Inc.
5.11	0.141	75	14676	11946	2.71	530	4 row	FVBB	Dunham-Bush Inc.
9.47	0.244	195	20600	14100	4.20	800	4 row	VFCS	USA coil & air
10.99	0.263	210	19100	13500	4.00	800	3 row	VFC	USA coil & air
9.26	0.223	180	19454	16382	3.60	806	Dual purpose coil	FVBF	Dunham-Bush Inc.
8.11	0.223	180	22185	18089	4.10	806	4 row	FVBB	Dunham-Bush Inc.
16.61	0.363	290	17460	13810	3.75	800	3 row	FFW	Magicaire
13.47	0.370	296	21970	15180	4.68	800	4 row	FHW	Magicaire
5.87	0.169	135	23000	16500	4.70	800	Standard coil 1	FETF	Airtherm
4.77	0.173	135	28300	19200	5.75	780	High capacity coil 2	FDTF	Airtherm
13.13	0.266	266	20260	15830	4.35	1000	3 row	FFW	Magicaire
10.19	0.279	279	27370	18220	5.88	1000	4 row	FSW	Magicaire
4.34	0.151	150	34600	23400	7.00	995	Standard coil 1	RETF	Airtherm
4.52	0.147	150	33200	22700	6.75	1020	High capacity coil 2	FEFF	Airtherm
16.74	0.456	547	32680	24420	7.00	1200	3 row	FSW	Magicaire
13.44	0.433	519	38620	26340	7.97	1200	4 row	FHW	Magicaire
8.89	0.274	320	36000	26500	7.43	1170	Standard coil 1	SETF	Airtherm
8.63	0.281	365	42300	29500	8.70	1300	High capacity coil 2	REFF	Airtherm

مشخصات عملکردی فن‌کویل‌های سرمایشی در ظرفیت‌های مختلف هوادهی (ساخت شرکت‌های ایرانی)

توان ویژه		توان ورودی	ظرفیت سرمایشی		جریان آب	ظرفیت هوا دهی	مدل	نام شرکت	
			کل	محسوس					
W/(1000 BTU/hr)	W/CFM	(W)	(BTU/hr)	(BTU/hr)	(GPM)	(CFM)			
4.36	0.170	34	7800	5300	1.60	200	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
16.45	0.450	90	5470	4190	1.00	200	Standard coil	FL, FC, ...	T
12.31	0.450	90	7310	4870	1.50	200	High ΔT	..., FR, FF	T
2.58	0.107	32	12400	8300	2.50	300	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
9.79	0.300	90	9190	6520	2.00	300	Standard coil	FL, FC, ...	T
7.91	0.300	90	11380	7410	2.50	300	High ΔT	..., FR, FF	T
2.24	0.090	36	16100	10800	3.20	400	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
14.55	0.400	160	11000	8200	2.00	400	Standard coil	FL, FC, ...	T
10.66	0.400	160	15010	9880	3.00	400	High ΔT	..., FR, FF	T
2.19	0.080	48	21900	15000	4.40	600	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
9.10	0.267	160	17590	12430	4.00	600	Standard coil	FL, FC, ...	T
8.25	0.267	160	19400	13280	3.00	600	High ΔT	..., FR, FF	T
2.73	0.103	82	30000	20300	6.00	800	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
13.29	0.400	320	24080	17060	5.00	800	Standard coil	FL, FC, ...	T
13.25	0.400	320	24160	17210	3.00	800	High ΔT	..., FR, FF	T
2.27	0.085	85	37500	25300	7.50	1000	TE, SE, TB, FE,FC	SF	
2.03	0.080	96	47400	31600	9.50	1200	TE, SE, TB, FE,FC	SF	

مقایسه مشخصه‌های عملکردی چند نمونه از فن‌کویل‌های سرمایشی تولید داخل با نمونه‌های خارجی
 (فن‌کویل‌های سری 800 CFM)
 توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی
 توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت سرمایشی



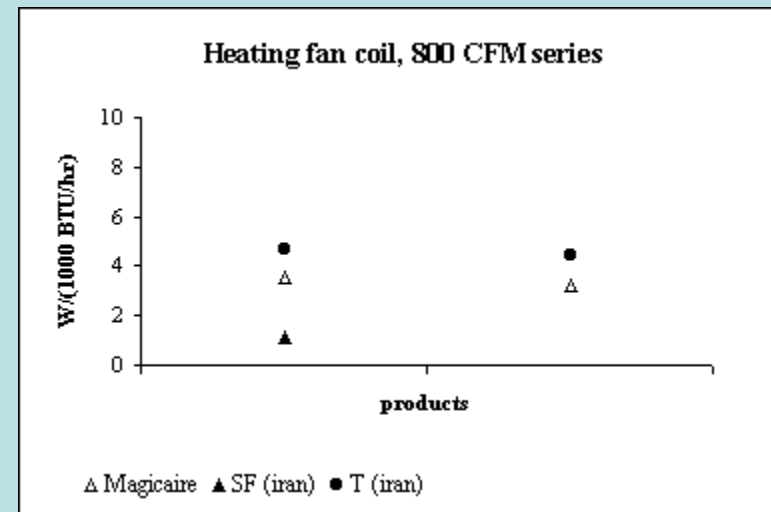
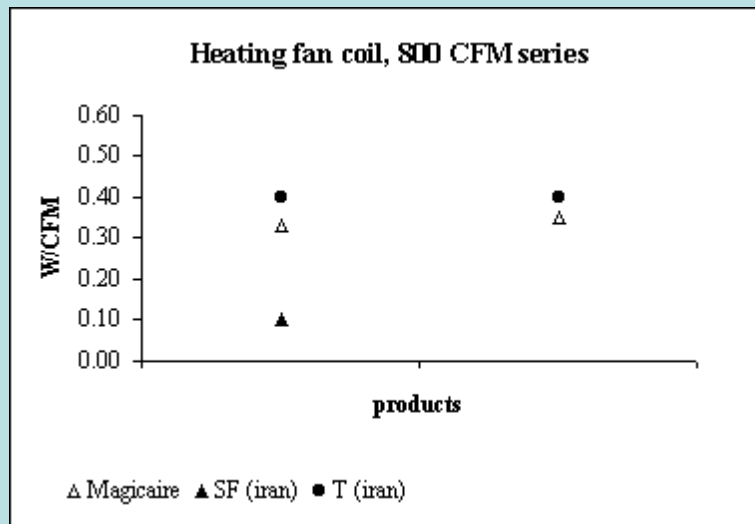
مشخصات عملکردی فن‌کویل‌های گرمایشی در ظرفیت‌های مختلف هوادهی (ساخت شرکت‌های معتبر خارجی)

توان ویژه		توان ورودی	ظرفیت گرمایشی	جریان آب	ظرفیت هوا دهی	مدل		نام شرکت
			محسوس (کل)					
W/(1000 BTU/hr)	W/CFM	(W)	(BTU/hr)	(GPM)	(CFM)			
4.78	0.186	75	15700	1.74	403	Dual purpose coil	FVBF	Dunham - Bush Inc.
4.23	0.186	75	17748	3.94	403	4 row	FVBB	Dunham - Bush Inc.
3.66	0.142	75	20478	2.27	530	Dual purpose coil	FVC	Dunham - Bush Inc.
3.18	0.142	75	23550	5.22	530	4 row	FVC	Dunham - Bush Inc.
7.64	0.274	180	23550	2.61	657	Dual purpose coil	FVBF	Dunham - Bush Inc.
6.35	0.274	180	28328	6.28	657	4 row	FVBB	Dunham - Bush Inc.
4.28	0.414	290	67750	6.70	700	3 row	FSW	Magicaire
3.94	0.423	296	75150	8.20	700	4 row	FHW	Magicaire
3.53	0.333	266	75450	5.90	800	3 row	FHW	Magicaire
3.20	0.349	279	87190	7.00	800	4 row	FFW	Magicaire
5.55	0.547	547	98580	7.40	1000	3 row	FFW	Magicaire
2.64	0.279	279	105540	9.00	1000	4 row	FFW	Magicaire
4.76	0.456	547	114880	9.50	1200	3 row	FSW	Magicaire
4.37	0.433	519	118840	8.70	1200	4 row	FSW	Magicaire

مشخصات عملکردی فن‌کویل‌های گرمایشی در ظرفیت‌های مختلف هوادهی (ساخت شرکت‌های ایرانی)

توان ویژه		توان ورودی	ظرفیت گرمایشی	جریان آب	ظرفیت هوا دهی	مدل		نام شرکت
			محسوس (کل)					
W/(1000 BTU/hr)	W/CFM	(W)	(BTU/hr)	(GPM)	(CFM)			
1.69	0.170	34	20100	2.10	200	TE, SE, TB, FE,FC		SF
5.40	0.450	90	16670	1.50	200	Normal ΔT	FL, FC, ...	T
4.79	0.450	90	18760	2.00	200	High ΔT	..., FR, FF	T
1.06	0.107	32	30300	3.10	300	TE, SE, TB, FE,FC		SF
3.69	0.300	90	24330	2.50	300	Normal ΔT	FL, FC, ...	T
3.22	0.300	90	27910	3.00	300	High ΔT	..., FR, FF	T
0.91	0.090	36	39500	4.10	400	TE, SE, TB, FE,FC		SF
4.85	0.400	160	33020	3.00	400	Normal ΔT	FL, FC, ...	T
4.41	0.400	160	36290	4.00	400	High ΔT	..., FR, FF	T
0.86	0.080	48	56000	5.80	600	TE, SE, TB, FE,FC		SF
3.37	0.267	160	47510	4.00	600	Normal ΔT	FL, FC, ...	T
2.95	0.267	160	54220	6.00	600	High ΔT	..., FR, FF	T
1.10	0.103	82	74700	7.70	800	TE, SE, TB, FE,FC		SF
4.66	0.400	320	68730	7.00	800	Normal ΔT	FL, FC, ...	T
4.45	0.400	320	71850	7.00	800	High ΔT	..., FR, FF	T
0.91	0.085	85	93500	9.60	1000	TE, SE, TB, FE,FC		SF
0.84	0.080	96	114600	11.80	1200	TE, SE, TB, FE,FC		SF

مقایسه مشخصه‌های عملکردی چند نمونه از فن‌کویل‌های گرمایشی تولید داخل با نمونه‌های خارجی
 (فن‌کویل‌های سری 800 CFM)
 توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت هوادهی
 توان ویژه مصرفی بر حسب ظرفیت گرمایشی



راهکارهای افزایش بازدهی فن کویل ها

- عامل (واسطه) گرمایشی و سرمایشی
- فیلترهای ورودی هوا
- سیستم رطوبت زن (Humidifiers)
- کویل و پره‌های انتقال حرارت (فین)
- هوای اولیه، هوای برگشتی و هوای گردشی
- موتورهای الکتریکی رانده‌مان بالا
- الکتروموتورهای دور متغیر، سیستم VSD
- کنترل حجم هوا، سیستم VAV