مطالعه مطالب بیشتر در کانال صنعت تهویه و تاسیسات
https://telegram.me/hvacmag

تهویه پارکینگ‌های سربسته

نویسنده: علیرضا حدادی

۱- مقدمه

پارکینگ‌های اتومبیل در بیشتر مناطق از نوع کاملاً بسته و در برخی مناطق از نوع باز هستند. در پارکینگ‌های نوع باز معمولاً بخشی از جدارهای پارکینگ باز بوده و به همین دلیل نیاز به تهویه مکانیکی ندارند. اما در عوض پارکینگ‌های کاملاً بسته معمولاً در زیر زمین واقع شده و مسیر هوای بیرون به آن مسدود است و بنابر این نیاز به تهویه مکانیکی دارند. در واقع عدم استفاده از وسایل تهویه مکانیکی در پارکینگ‌های بسته باعث ایجاد مشکلات زیادی در کیفیت هوای داخل این پارکینگ‌ها خواهد شد. جدی ترین مشکل ایجاد شده نیز وجود مقدار زیاد مونوکسید کربن (CO) انباشته شده که توسط اتومبیل‌ها تولید شده است، در فضای پارکینگ می‌باشد. نگرانی‌های دیگری که در خصوص این نوع پارکینگ‌ها وجود دارد، حضور و عدم دفع بخارات بنزین، گازوییل و دیگر مواد آلاینده نظیر اکسیدهای نیتروژن () و دود ناشی از موتورهای دیزل می‌باشد.

برای تعیین مقدار دقیق نرخ تهویه در پارکینگ‌ها معمولاً دو عامل بایستی در نظر گرفته شود: ۱- تعداد اتومبیل‌های روشن و در حال کار موجود در پارکینگ و ۲- مقدار آلاینده‌ها.

تعداد اتومبیل‌های روشن و در حال کار نیز بستگی به نوع کاربری ساختمان دارد به‌طوری‌که از ۳ درصد ظرفیت کل پارکینگ (در مراکز خرید) شروع و تا ۲۰ درصد (در استادیوم‌ها) می‌تواند متغیر باشد. میزان آلایندگی از طریق گاز مونوکسیدکربن نیز بستگی به عواملی در مشخصات اتومبیل‌های موجود نظیر سن اتومبیل، قدرت موتور و میزان فرسودگی آنها دارد.

استاندارد ASHRAE-62-2010 در

خصوص کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها، کمترین مقدار تهویه این نوع پارکینگ‌ها را ۰/۷۵ $\frac{cfm}{ft^2}$ (و یا ۳/۱ $\frac{L}{s-m^2}$) بر اساس مساحت ناخالص پارکینگ، مجاز می داند. اگر ارتفاع پارکینگ $8ft$ (و یا ۲/۵m) باشد، تعداد دفعات تعویض هوا در یک ساعت در آن به تعداد A ۵/۶ خواهد رسید. همچنین در بعضی از استانداردهای دیگر نیز نرخ تهویه هوا برای این نوع پارکینگ‌ها مقادیر دیگری ذکر شده است. از آن جمله مقدار HCA ۶-۴ می‌باشد. ضمناً استفاده از روش تهویه متغیر برای صرفه‌جویی در انرژی فن بر اساس کنترل غلظت مونوکسیدکربن (CO) در محیط، نیز مجاز شمرده شده است. در این مورد روش کار بدین‌صورت خواهد بود که حسگر کنترل غلظت با نصب در محیط به مدار برقی فن فرمان قطع و وصل خواهد داد. اگر مقدار آلاینده‌ها از سطح مجاز بیشتر شود فرمان روشن و اگر به حد مجاز برسد فرمان خاموش شدن به الکتروموتور فن را خواهد داد. سطح مجاز غلظت آلاینده‌ها نیز از یک استاندارد تا استاندارد دیگر متغیر می‌باشد، اما متاسفانه استاندارد ASHRAE-62-2010 برای کنترل میزان آلاینده‌ها در محیط

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN تکبان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

مقداری را پیشنهاد نمی‌کند.

۲- مقررات تهویه

جدول ۱ خلاصه‌ای از مقدار نرخ تهویه پارکینگ‌های سر بسته را در کشور آمریکا و سایر کشورها نشان می‌دهد. همان‌طورکه در جدول ۱ می‌بینید، پیشنهاد برای کنترل مقدار CO بین استانداردهای ذکر شده عمومیت ندارد اما رعایت حد مجاز ppm ۲۵ برای وجود CO به مدت طولانی در این پارکینگ‌ها مورد توافق بیشتر استانداردهای ذکر شده در جدول ۱ می‌باشد. روش محاسبه برای نرخ تهویه پارکینگ‌های بسته توسط ASHRAE و سایر استانداردها، به‌طورکلی فارغ از مشخصات پارکینگ، سایر پارامترهایی که ممکن است بر کیفیت هوای داخل تاثیر بگذارند مانند نرخ انتشار آلودگی و سطح مجاز مواد آلاینده را در بر نمی‌گیرد که نیاز است تا روش جامعی جهت انجام این محاسبات با لحاظ نمودن کلیه پارامترهای موثر، به وجود آید.

Ventilation	PPM	(Time hrs)	
3.8 L/s m²	*9*	*8*	**ASHRAE-62-2010**
(0.75 cfm/ft²)	*35*	*1*	
7.6 L/s m²	*50*	*8*	**ICBO**
(1.5 cfm/ft²)	*200*	*1*	
—	*35*	*8*	**NIOSH/ OSHA**
	200	*Ceiling*	
6 ACH	—	—	**BOCA**
6–7 ACH	—	—	**SBCCI**
6 ACH	—	—	**NFPA**
—	*25*	*8*	**ACGIH**
—	*11/13*	*8*	**Canada**
	25/30	*1*	
2.7 L/s m2	*30*	*8*	**Finland**
(0.53 cfm/ft2)	*75*	*15 minutes*	
165 L/s car	*200*	*Ceiling*	**France**
(350 cfm/car)	*100*	*20 minutes*	
3.3 L/s m2	—	—	**Germany**
(0.66 cfm/ft2)			
6.35–7.62 L/s m2	—	—	**Japan/South Korea**
(1.25–1.5 cfm/ft2)			
—	*200*	*0.5*	**Netherlands**
0.91 L/s m2	—	—	**Sweden**
(0.18 cfm/ft2)			
6–10 ACH	*50*	*8*	**.U.K**
	300	*15 minutes*	

جدول ۱: خلاصه‌ای از مقادیر توصیه شده توسط استانداردهای مختلف برای تهویه پارکینگ‌های بسته

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

۳- مطالعات و تحقیقات

بخشـــی از تحقیقات ســـازمان ASHRAE در خصوص تهویه پارکینگ ها مربوط اســـت به نتایج اندازه‌گیری‌هایی که این سازمان در ۷ پارکینگ بسته انجام داد. آزمایش جهت به دست آوردن تعداد تعویض هوا در یک ساعت در داخل این پارکینگ‌ها با استفاده از «گاز قابل ردیابی» بوده است. بدین‌ترتیب که در ابتدا مقدار مشخصی از گاز (SF_6) به صورت مستقیم و یا از طریق فن دمنده به داخل محیط تزریق شد. سپس غلظت گاز ردیاب با استفاده از یک دستگاه «رنگ نگار گاز » پایش شد. جدول ۲ خلاصه‌ای از نتایج حاصله از این آزمایشات در ۷ پارکینگ مورد مطالعه را نمایش می‌دهد که شامل نرخ دبی تهویه هوا بر اساس $\frac{L}{s-m^2}$ $\frac{cfm}{ft^2}$ و مقدار بیشینه و متوسط غلظت مونوکسیدکربن در آنها می‌باشد. همان‌طورکه ملاحظه می‌کنید سطح متوسط غلظت CO از ۵۳ mpp تجاوز نمی‌کند و این عدد به طرز چشمگیری دارای اختلاف با اعداد پیشنهادی توسط بعضی از استانداردها در این خصوص می‌باشد. ذکر این نکته لازم است که در میان کل این پارکینگ‌ها تنها پارکینگ B مجهز به حســـگر کنترل غلظت CO می‌باشـــد و در ســـایر پارکینگ‌ها تهویه به صورت دایمی انجام می‌شود. پارکینگ E نیزکه دارای بیشترین نرخ تهویه می‌باشد؛ متعلق به یک مرکز تجاری پر رفت و آمد می‌باشد.

Garage	Location	Capacity (#cars)	ACH [Tracer]	L/s · m² [Tracer]	cfm/ft² l\ [Tracer]	Maximum CO (ppm)	Average CO (ppm)
Garage A	Denver	1,700	4.2–2.2	1.78	0.35	16	7
Garage B	Denver	250	7.0–5.0	4.57	0.9	20	4
Garage C	.West Plains, N.Y	1,000	2.6–0.0	1.11	0.22	40	15
Garage D	.West Plains, N.Y	138	4.5–3.6	3	0.59	19	12
Garage E	.West Plains, N.Y	258	8.8–5.8	5.68	1.12	25	14
Garage F	.Rochester, Minn	448	7.77	5.28	1.04	10	9
Garage G	.Mahtomedi, Minn	(trucks) 81	1.02–0.90	2.43	0.48	12	1

جدول ۲: خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده از آزمایشات سازمان ASHRAE در هفت پارکینگ مورد مطالعه

۴- روش طراحی

بر اساس نتایج حاصله از مطالعه پارامترهای موثر، جهت تعیین نرخ تهویه هوای پارکینگ‌های بسته برای دستیابی به میزان مجاز CO روشی ساده وجود دارد. از نظر طراحی، نرخ تهویه در این فضاها به چهار عامل بستگی دارد:

حد مجاز آلاینده‌ها در پارکینگ

تعداد اتومبیل‌های در حال استفاده (روشن) در پارکینگ

طول مسیر حرکت و زمان روشن بودن اتومبیل‌ها

نرخ انتشار آلاینده‌ها از یک اتومبیل معمولی در شرایط مختلف

اطلاعات فوق برای تعیین نرخ دقیق تهویه این فضاها بایســـتی قابل دسترس باشد. برای روشن شدن رویه طراحی، یک روش ساده در اینجا ذکر می‌گردد.

۴-۱- دستورالعمل کلی

برای تعیین مقدار دبی هوای مورد نیاز به روش زیر عمل کنید:

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

گام اول: اطلاعات ذیل را جمع‌آوری کنید:

- تعداد اتومبیل‌های در حال استفاده در طول یک ساعت اوج (N)
- میانگین نرخ انتشارCO برای یک اتومبیل در یک ساعت (ER) بر اساس($\frac{gr}{hr}$) ، این نرخ انتشار برای یک اتومبیل معمولی نیازمند اطلاع داشتن از چندین عامل است مانند مشخصات اتومبیل، نوع سوخت مصرفی، زمان روشن بودن آن و شرایط محیطی

اطلاعات ارایه شده در فصل ۱۵ هندبوک ASHRAE APPLICATIONS که در جدول ۳ خلاصه شده است برای تخمین میزان انتشار CO توسط یک اتومبیل معمولی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. انتشار آلاینده‌های داغ معمولاً در مکان‌هایی رایج است که زمان استفاده از پارکینگ، کوتاه باشد مانند مراکز خرید و انتشار آلاینده‌های سرد در مکان‌هایی وجود دارد که مدت زمان پارک طولانی باشد مانند ساختمان‌های اداری.

- میانگین طول حرکت اتومبیل معمولی در پارکینگ و زمان روشن بودن آن که در این خصوص از هندبوک ASHRAE برای تعیین تعداد دفعات ورود و خروج اتومبیل‌ها می‌توان استفاده کرد (شکل ۴). مقادیر بالاتر برای بدترین سناریوها مانند ساعات پر ازدحام و یا وقایع خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- سطح غلظت مجاز CO در داخل پارکینگ (CO_{max})
- مساحت پارکینگ

گام دوم – بعد از به دست آوردن اطلاعات فوق نرخ انتشار (GR) را در زمان پیک در پارکینگ به ازای واحد سطح (FT^2) تعیین کنید. برای این کار از معادله ذیل کمک بگیرید:

$f = \frac{GR}{GR_0} * 100$ که در آن مقدار GR_O نرخ انتشار مرجع بر اساس بدترین شرایط انتشار آلاینده‌ها (انتشار آلاینده‌های سرد در زمستان) در فضای پارکینگ به دست آمده است که برابر است با:

$GR_0 = 26.8\ \frac{gr}{hr-m^2}$ یا $GR_0 = 2.48\ \frac{gr}{hr-ft^2}$

گام سوم – مقدار نرخ تهویه مورد نیاز به ازای واحد سطح ($\frac{L}{s-m^2}$ یا $\frac{cfm}{ft^2}$) را با استفاده از فرمول زیر و بر اساس ضریب همبستگی (C) که خود بستگی به مقدار مجاز غلظت COدارد (O_{max}) تعیین کنید:

$Q\ (\frac{L}{s-m^2}) = CfT$

که در آن ضریب همبستگی(C) عبارتست از:

C		CO_{max}(ppm)
$\frac{cfm}{ft^2-s}$	$\frac{L}{m^2-s^2}$	
$2.370 * 10^{-4}$	$1.204 * 10^{-3}$	15
$1.363 * 10^{-4}$	$0.692 * 10^{-3}$	25
$0.948 * 10^{-4}$	$0.482 * 10^{-3}$	35

جدول ۳: نرخ انتشار معمولی گاز مونوکسیدکربن برای یک اتومبیل

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

و T زمان میانگین روشن بودن اتومبیل‌ها در ثانیه می‌باشد.

	Hot Emissions (Stabilized), grams/min		Cold Emissions (Stabilized), grams/min	
Season	1991	1996	1991	1996
Summer (32°C [90°F])	2.54	1.89	4.27	3.66
Winter (0°C [32°F])	3.61	3.38	20.74	18.96

جدول ٤

▪ حل مثال نمونه

به عنوان مثال پارکینگ بسته ای را مربوط به یک مرکز خرید در نظر بگیرید. این پارکینگ با ظرفیت ۴۵۰ اتومبیل و مساحت کل ۸۳۰۰M^2 و یا ۸۹۳۰۰ FT^2 می باشد و ارتفاع میانگین آن ۲/۷۵ M و یا ۹ می‌باشد. کل زمان کارکرد یک اتومبیل معمولی ۲ دقیقه است. مقدار نرخ تهویه هوای مورد نیاز وتعداد دفعات تعویض هوا را در پارکینگ مشخص کنید؛ به‌طوری‌که سطح CO از مقدار ۲۵ ppm در محیط تجاوز نکند. فرض کنید تعداد اتومبیل‌های روشن در حال کار ۴۰ درصد کل ظرفیت پارکینگ مورد نظر را داشته باشد.

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

گام اول– اطلاعات داده شده:

N = 450*0.4= 180 (اتومبیل)

(مقدار نرخ انتشار در یک روز زمستانی از جدول ۳، میانگین چهار عدد داده شده) $ER = 11.66 \frac{gr}{min}$

$T = 120\ s\ ,\ CO_{max} = 25\ ppm$

گام دوم – نرخ انتشار CO عبارتست از :

$$GR = \frac{180*11.66 \frac{gr}{min} * 60 \frac{min}{hr}}{8300\ m^2} = 15.17\ \frac{gr}{hr-m^2}$$

$$f = \frac{15.17}{26.8} * 100 = 56.6$$

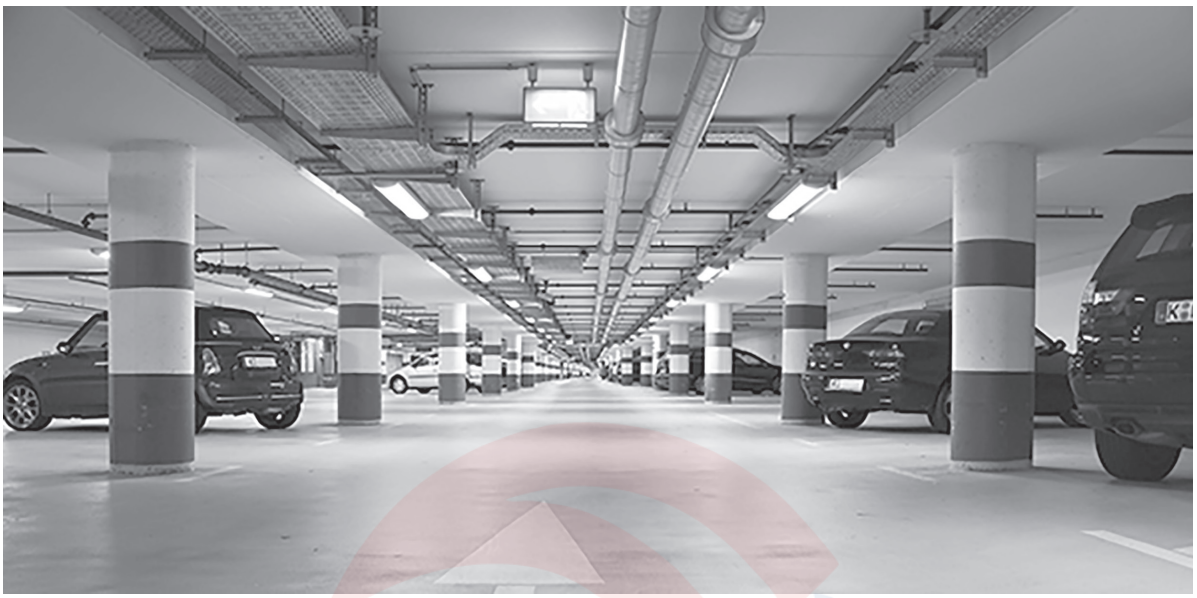
گام سوم – تعداد نرخ تهویه با استفاده از ضریب همبستگی برای $CO_{max} = 25\ ppm$ از معادله داده شده برابر است با:

$$Q\ (\frac{L}{s-m^2}) = CfT = 0.692 * 10^{-3} * 56.6 * 120 = 4.7\ (\frac{L}{s-m^2})$$

که بر این اساس تعداد دفعات تعویض هوا برابر است با:

$$ACH = \frac{4.7 \frac{L}{s-m^2} * 3600 * 10^{-3} \frac{L}{m^3}}{2.75\ m} = 6.1$$

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی



۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد تا مقدار نرخ تهویه در پارکینگ‌های بسته بر اساس عوامل تاثیرگذار محاسبه شود. در این روش طراحی عوامل تاثیرگذار عبارتند از: بیشینه سطح مجاز مونوکسیدکربن G_{max}، تعداد اتومبیل‌های در حال حرکت، نرخ انتشار میانگین CO در هر اتومبیل و زمان میانگین حضور و کارکرد هر اتومبیل در پارکینگ. با انجام آزمایشات میدانی انجام شده توسط سازمان ASHRAE مشخص گردید که مقدار توصیه شده توسط برخی از استانداردها با مقدار واقعی دارای تفاوت چشمگیری می‌باشد. با کاهش مستمر مقدار میانگین آلاینده‌ها در یک اتومبیل انتظار می‌رود تا ترخ تهویه مورد نیاز نیز کاهش یابد. بنابراین مقدار هزینه اولیه نیز جهت تهیه دستگاه تهویه مکانیکی (فن) می‌تواند کاهش یابد. به علاوه استفاده از حسگر جهت کنترل غلظت میزان آلاینده‌ها نیز می‌تواند روشی جهت صرفه‌جویی انرژی در فن باشد.

▪ مراجع

1. 2011 ASHRAE Handbook for HVAC Applications, Chapter15.

2. ANSI/ASHRAE Standard 62-2010, Ventilation for Acceptable IndoorAir Quality.

3. Ayari, A., R.A. Grot, M. Krarti. 2000. “Field evaluation of ventilation system performance in enclosed parking garages,”

4. Krarti, M., A. Ayari, and R.A. Grot. 1999. “Evaluation of fixed and variable rate ventilation system requirements for enclosed parking facilities.” Final report for ASHRAE Project 945-RP.

5. ITE. 1998. Trip Generation Handbook, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C.

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص