

Větrání podzemních garáží

Ventilation of subterranean parking places

Prof. Ing. František DRKAL, CSc.
Fakulta strojní ČVUT v Praze
Ústav techniky prostředí

Příspěvek upozorňuje na problematiku větrání hromadných podzemních garáží, kdy údaje pro dimenzování větrání v ČSN 73 6058 neodpovídají současnému technickému stavu vozidel. Rovněž metodika výpočtu větrání v citované ČSN je značně zjednodušená a její uplatnění vede k neekonomickému předdimenzování větrání. V příspěvku je poukázáno na možnost zpřesněného výpočtu průtoku vzduchu pro větrání garáže a je uveden obecný výpočetní postup.

Klíčová slova: podzemní garáže, větrání, výpočet průtoku vzduchu, emise oxidu uhelnatého vozidel

Recenzent
Ing. Marcel Kadlec

The contribution draws the attention to the present-day problems of the large-scale subterranean parking places, when the data for the ventilation dimensioning indicated in the standard ČSN 73 6058 does not correspond with the present-day technical condition of the vehicles. The methodology of the ventilation calculation indicated in the above mentioned ČSN standard is considerably simplified and its application leads to uneconomical ventilation overdimensioning. The contribution points out that there exist a possibility to carry out a more precise calculation of the air flow for the parking place ventilation and a general calculation procedure is indicated.

Key words: subterranean parking places, ventilation, air-flow calculation, carbon oxide emission of vehicles

Podzemní garáže se navrhuji v současné době do mnoha administrativních, kulturních, společenských, sportovních i víceúčelových objektů. Pro projektování větrání hromadných garáží (vesměs určených pro osobní vozidla) platí v ČR ČSN 73 6058 Větrání hromadných garáží [1]. Norma byla vydána v roce 1988 a obsahuje pro dimenzování větracích systémů údaje, které vycházejí ze stavu tehdejší techniky.

Od té doby došlo k velmi výrazným technickým změnám, podstatně ovlivňujícím návrh větrání. Především se výrazně změnila struktura vozidel – vzrostl počet vozidel vybavených zážehovými motory s katalyzátory i vozidel vybavených motory vznětovými. Dále pokročil vývoj měřicí a regulační techniky (měřících, signalizačních a řídicích systémů) – pro zajištění bezpečného a ekonomického provozu větrání. Uvedené změny umožňují navrhovat větrací systémy podstatně hospodárněji, než je tomu při použití výchozích údajů z ČSN 73 6058.

Metodika výpočtu průtoku větracího vzduchu (základního parametru pro návrh větracího systému) uplatněná v ČSN 73 6058 není však i z hlediska současných požadavků nesprávná. Pro hospodárný návrh větrání je ale příliš zjednodušující, některé číselné údaje jsou již překonány a jiné (potřebné) norma neudává.

Norma stanoví číselně průtok větracího vzduchu pro garáže s průběžnou výměnou vozidel (parkovací garáže) 300 m³/h stání, pro garáže se špičkovým provozem 900 m³/h stání. Tyto hodnoty byly stanoveny výpočtem pro zvolené (typické) výchozí údaje v době vydání ČSN 73 6058. Norma i v době svého vydání umožňovala navrhovat větrání podle zpřesněných údajů, pokud je měl projektant k dispozici. V člancích 73 a 74 jsou uvedeny vztahy pro výpočet průtoku vzduchu, jejichž uplatnění je dáno doprovodným textem – v čl. 73: „Pokud jsou známy, skutečné trvalé provozní podmínky, stanoví se průtok větracího vzduchu na jedno stání ze vztahu (1) ...“ a v čl. 74: „Při známém využívání garáže stanoví se průtok větracího vzduchu ze vztahu (2)...“.

Zpřesněný výpočet podle uvedených vztahů se však nevyužíval (a nevyužívá), především pro nedostatek údajů o současné emisí oxidu uhelnatého vozidel a pro relativně malé znalosti provozu garáží (frekvence výměny vozidel), definování průjezdné trasy vozidel aj. Předložený příspěvek poskytuje některé novější údaje o provozu vozidel v garážích (dle několika evropských norem) a ukazuje, jak tyto údaje lze uplatnit i při respektování zásad ČSN 73 6058.

1. VÝCHOZÍ ÚDAJE PRO DIMENZOVÁNÍ VĚTRÁNÍ

Základními údaji pro dimenzování větrání jsou:

- přípustná výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého v ovzduší garáže,
- emise (hmotnostní, objemový průtok) oxidu uhelnatého při průjezdu a parkování vozidel v garáži,
- parkovací doba, resp. frekvence výměny vozidel v garáži, popř. údaje o současném (hromadném) výjezdu vozidel,
- délka trasy vozidel, s udáním rovných úseků a stoupání na rampách,
- doba volnoběhu motorů.

Přípustné výpočtové koncentrace oxidu uhelnatého

Norma ČSN 73 6058 vychází z předpokladu, že rozhodující škodlivinou pro návrh větrání garáží je oxid uhelnatý. To uvažují i současné novější evropské normy (rakouská norma ÖNORM H 6003 [2], německá VDI 2053 [3], švýcarská SWKI 96-1 [4]).

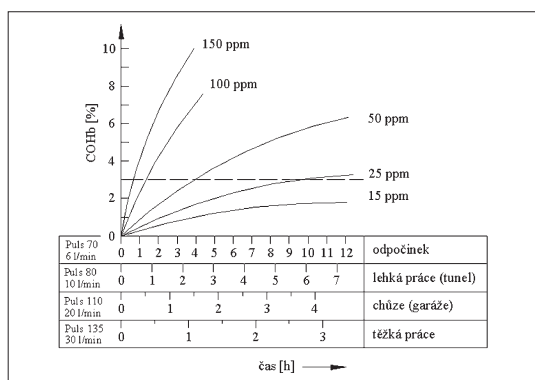
O koncentracích ostatních škodlivin (oxidy dusíku NO a NO₂ – uváděné jako NO₂, uhlovodíky HC – uváděné souhrnnou koncentrací uhlovodíků, benzol C₆H₆, pevné částice) se předpokládá, že při větrání navrženém podle průtoku vzduchu pro odvod CO budou pod přípustnou mezí. Informativní výpočet i pro tyto škodliviny uvádí ÖNORM H 6003 [2].

Škodlivost oxidu uhelnatého je všeobecně známá – při vdechování vzniká v krvi karboxylhemoglobin (COHb), jehož působením se omezuje oxyličování tkání. Důsledkem je snížení pozornosti, bolesti hlavy (při vdechování nízkých koncentrací CO) a další závažné důsledky vedoucí až k úmrtí. Obsah COHb je proto z hlediska ochrany zdraví lidí limitován.

Obsah COHb v krvi závisí na intenzitě dýchání osob, době vdechování a koncentraci CO ve vdechovaném vzduchu. Uvedenou závislost vyjadřuje obr. 1 (dle pramenů WHO, Geneva 1979). Normální obsah COHb v krvi je přibližně 0,4 %; za mezní přípustnou hodnotu se považují 3 % COHb.

Koncentrace 3 % COHb se dosáhne při chůzi v garážích přibližně za:

- 10 minut při vdechování vzduchu s koncentrací CO 250 ppm
- 30 minut při vdechování vzduchu s koncentrací CO 100 ppm
- 60 minut při vdechování vzduchu s koncentrací CO 50 ppm.



Obr. 1 – Obsah COHb v krvi v závislosti na intenzitě dýchání, dle WHO, Ženeva 1979

Uvedené hodnoty platí pro zdravé dospělé osoby a nezohledňují zvláštní rizikové skupiny (dětí, starší populaci). Pozn.: 1 ppm = 1 cm³/m³.

Přípustné koncentrace oxidu uhelnatého v ovzduší garáží se v jednotlivých normách odlišují, nikoliv však podstatně. ČSN 73 6058 uvádí jako přípustnou výpočtovou koncentraci CO 87 ppm, pro dobu pobytu osob do 30 minut. Rakouská norma ÖNORM H 6003 doporučuje, aby za normálního provozního stavu nebyla překročena střední koncentrace CO během 30 minut 50 ppm (z důvodů ochrany příslušníků rizikových skupin osob); jako limitní hodnotu uvádí 100 ppm pro dobu pobytu osob 30 minut. VDI 2053 připouští maximální koncentraci CO 100 ppm pro 30 minut pobytu osob.

Tyto koncentrace jsou výrazně vyšší než připouští hygienické normy pro trvalý (8 hodinový) pobyt v pracovním prostředí. V ČR platné Nařízení vlády č. 178/01 Sb., resp. jeho novela č. 523/02 Sb. [5], [6], udává pro 8 hodinovou pracovní dobu průměrnou limitní koncentraci oxidu uhelnatého (přípustný expoziční limit PEL) 30 mg/m³ (26 ppm) a nejvyšší přípustnou koncentraci NPK-P (nepřekročitelnou hodnotu, stanovenou jako průměr z měření nejvýše za 10 minut) 150 mg/m³ (131 ppm).

Jestliže pro prostory parkování a průjezdu vozidel platí „přípustná výpočtová koncentrace“ (za předpokladu časově omezeného pobytu osob) uváděná ve specifických normách pro větrání garáží, pak pro prostředí, ve kterém se obsluha garáží zdržuje trvale, platí přípustný expoziční limit (PEL) dle citovaných Nařízení vlády.

Emise oxidu uhelnatého

V ČSN 73 6058 je základní výpočtová hodnota emise oxidu uhelnatého jednoho osobního vozidla udána 0,5 m³/h voz. při pomalé jízdě i volnoběhu. Údaj se zde vztahuje na všechna vozidla se vznětovým (benzinovým) i zážehovým (naftovým) motorem. I když motory se vznětovými motory se vyznačují výrazně nižší emisí oxidu uhelnatého než motory zážehové, stejná výpočtová hodnota byla do normy zavedena s ohledem na další škodliviny ve výfukových plynech vznětových motorů (pevný uhlík – saze, NO_x). Jak bylo uvedeno, údaj emise oxidu uhelnatého 0,5 m³/h voz. byl vložen do normy v době relativně malého počtu vozidel vybavených katalyzátory zážehových motorů (r. 1988).

Současná skladba vozidel je odlišná, emise zážehových motorů vybavených katalyzátory jsou podstatně nižší a lze rozlišit i emise motorů zážehových a vznětových. Již zmiňované evropské normy uvádějí emise v podrobnější struktuře než ČSN, která vychází z produkce CO vztážené pouze na dobu chodu motoru, bez ohledu na způsob jízdy (rovina, stoupání), druh motoru (zážehový s katalyzátorem, zážehový bez katalyzátoru, vznětový) i stav motoru (teplý, studený).

Příkladem podrobných údajů je rakouská norma ÖNORM H 6003 [2] z roku 1997, která rozlišuje emise CO samostatně pro motory zážehové s katalyzátorem,

Tab. 1 – Emise oxidu uhelnatého jednoho vozidla, podle [2]

Druh provozu	Volnoběh	Jízda po rovině, při klesání	Jízda při stoupání				
			5 %	10 %	15 %	20 %	
Emise CO pro motor	g/h voz.	g/km voz.					
Zážehový s katalyzátorem	teplý	20,0	6,4	12,9	18,0	23,1	25,7
	studený	70,0	32,0	45,0	63,0	81,0	90,0
Zážehový bez katalyzátoru	teplý	110,0	18,1	27,5	36,6	45,8	54,9
	studený	203,5	32,6	50,8	67,7	84,6	101,6
Vznětový	teplý	5,0	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
	studený	11,0	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7

rem, motory zážehové bez katalyzátoru a motory vznětové (tab. 1). U každé z uvedených tří skupin se rozlišují emise teplého motoru a emise studeného motoru. Samostatně jsou uvedeny emise pro jízdu po rovině (a klesání), jízdu při stoupání po rampě a pro volnoběh.

Emise CO vozidel při jízdě jsou v uvedeny v (g/km voz.), tj. udávají množství CO (g) vyprodukované při jízdě jednoho vozidla na trase 1 km v garáži. Trasa vozidel se rozlišuje na jízdu po rovině (a klesání po rampě) a jízdu po rampě se stoupáním 5, resp. 10, 15, 20 %. Jako speciální údaj je v [2] uvedena emise vozidla při režimu „zácpa“ (při vjezdu před závorami – teplý motor; při výjezdu – studený motor).

Pro volnoběh jsou emise CO udány v jednotkách (g/h voz.), tj. udávají množství CO (g) vyprodukované při volnoběhu jednoho motoru za dobu 1 hodiny (při vjezdu do garáže, zastavení a rozjezdu na parkovacím místě a při výjezdu z garáže).

Zajímavá je předpověď složení motorových vozidel v Rakousku uvedená v [2]: počet vozidel v (%) ve skupinách: zážeh. motor s katalyzátorem/ zážeh. motor bez katalyzátoru/ vznět. motor: * rok 2000: 54,2 / 12,5 / 33,3 %; * rok 2005: 54,4 / 5,3 / 40,3 %; * rok 2010: 53,2/2,9/43,8 %.

Struktura vozidel v ČR bude méně příznivá, v podzemních garážích v městech však parkují převážně modernější vozidla, proto současná struktura parkujících vozidel se bude spíše blížit rakouským údajům s určitým časovým posunem.

VDI 2053 [3] uvádí emisní údaje CO v jednotkách (m³/h voz.) pro skupiny : volnoběh – teplý motor, volnoběh – studený motor, jízda po rovině a při klesání, jízda po rampě se stoupáním. Údaje z roku 1980 se pohybují v rozmezí produkce CO: 0,48 až 0,6 m³/h voz. s výjimkou jízdy při stoupání (1,2 m³/h voz.). Podle poznámky uvedené v [3] ukázala studie již v roce 1985, že emise CO vozidel se snížily přibližně o 25 %.

Parkovací doba, frekvence výměny vozidel v garáži, současný výjezd

Pohyb vozidel v garáži je podstatným údajem pro dimenzování větracího systému. Četnost průjezdu a délka trasy vozidel v garáži, při známé (zadané) rychlosti a doba volnoběhu určují celkovou dobu chodu motorů a tím také i celkovou emisí CO v garáži.

Obecně lze rozlišit dva základní případy: a) garáže, kde dochází k průběžné výměně vozidel (např. městské parkovací garáže), b) garáže se špičkovým provozem, kde lze předpokládat hromadný výjezd vozidel (např. garáže u kulturních, společenských a sportovních objektů).

Garáže s průběžnou výměnou vozidel

Zde se předpokládá rovnoměrný pohyb vozidel v garáži. Emise CO v daném úseku garáže (zpravidla podlaží) se stanoví z doby chodu motoru (jízdy i vol-

noběhu) na střední trase v úseku vozidel zde parkujících i vozidel úsekem projíždějících (do i z nižších podlaží), při pravidelném (rovnoměrném) pohybu vozidel.

Četnost průjezdu vozidel a parkovací doba spolu souvisejí. Při parkovací době $\tau_p = 1$ hodina na každé stání vjede za hodinu jedno vozidlo a jedno vozidlo ze stání vyjede. Jde tedy o jeden cyklus průjezdu vozidla celou garáží (od vjezdu do garáže na parkovací místo a z něj k výjezdu). Frekvence průjezdu (výměny) vozidel na jednom stání je tedy $f = 1/\tau_p = 1$ (1/h). Při kratší době parkování, např. $\tau_p = 1/3$ hodiny bude frekvence $f = 1/\tau_p = 3$ (1/h). Takto definovaná frekvence vozidel je zavedena v citovaných evropských normách a bylo by účelné tuto definici zachovat i při dimenzování větrání podzemních garáží v ČR. Jak bude dále uvedeno, stávající ČSN 73 6058 četnost průjezdu vozidel na 1 stání definuje z důvodů zjednodušeného výpočtu odlišně.

Údaje frekvence f (1/h) uvádí normy pro různé druhy garáží, některé vybrané údaje dle [2] a [3] jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. – 2 Frekvence výměny vozidel v garážích, dle [2], [3]

Druh garáže	Počet stání v garáži ΣP	Frekvence výměny vozidel f (1/h)	
		podle [2]	podle [3]
Obytné domy	≥ 50	0,2	< 0,5
	< 50	0,3	
Administrativní budovy	≥ 50	0,4	parkování zaměstnanců 0,5
	< 50	0,5	
Nákupní centra se smíšeným užitím (prodejny, gastronomie, služby)		0,8	parkování zaměstnanců 0,5 parkování zákazníků 1,0
Kulturní objekty		1,0	výstavy aj. < 0,5
Prodejny s omezenou nabídkou zboží		1,5	
Krátkodobé parkování			3,0
Divadelní představení, sportovní akce			garáž se vyprázdní do 20 minut

Pro hodnocení pohybu vozidel ve vstupním/výstupním portálu garáže je účelné stanovit průměrný interval (dobu τ_g (h)), ve kterém vozidla do garáže vjíždějí, resp. z garáže vyjíždějí. Hodnota τ_g závisí na parkovací době τ_p a celkovém počtu stání v garáži ΣP (1); P je počet stání v úseku (podlaží) garáže. Platí

$$\tau_g = \tau_p / \Sigma P \text{ (h)}.$$

Odpovídající průměrná frekvence vozidel v portále je $f_g = 1/\tau_g = f \cdot \Sigma P$ (1/h). Např. pro $f = 0,5$ 1/h a $\Sigma P = 90$ je $f_g = 45$ 1/h, tj. průměrně každých $\tau_g = 80$ s vjede do portálu garáže jedno vozidlo a současně jedno vozidlo vyjede.

V ČSN 73 6058 při výpočtu emise CO v garážích s průběžnou výměnou vozidel je udána intenzita pohybu vozidel v garáži veličinou „výměna vozidel v garáži n_v (1/h)“, která je definována jako součet vozidel do garáže vjíždějících a z garáže vyjíždějících na jedno stání za hodinu (při citaci údajů z ČSN je použito tam použité označení). Takto definovaná výměna vozidel vychází z předpokladu, že doba chodu motoru se určuje pouze pro jeden průjezd vozidla (vjezd, nebo výjezd) po trase mezi vjezdem do garáže a místem parkování (stáním). Tento výpočet je značně zjednodušený, vhodný pouze pro garáže kde nedochází k složitějšímu pohybu vozidel – trasa vozidla vjíždějícího se uvažuje stejná jako trasa vozidla vyjíždějícího ze stání. Porovnáním hodnot n_v (dle ČSN 73 6058) s definicí již popsané frekvence výměny vozidel f (1/h) vychází, že $n_v = 2 f$.

Nedostatkem ČSN je rovněž to, že u vícepodlažních garáží se neuvažuje při výpočtu emise CO v daném úseku garáže (podlaží), kromě vozidel parkujících, i emise CO vozidel projíždějících úsekem do dalších podlaží.

Podle ČSN lze jednoduchým výpočtem (podle článku 74) stanovit pro $n_v = 2$ 1/h (na stání za 1 hodinu vjede 1 vozidlo a 1 vozidlo vyjede, tj. doba parkování je 1 hodina), trasu 150 m (vzdálenost od vjezdu k střednímu místu parkování), rychlost vozidel 10 km/h a dobu volnoběhu 40 s průtok vzduchu cca 300 m³/h stání.

Garáže se špičkovým provozem

Méně častým případem jsou případy hromadného výjezdu vozidel, současný vjezd se prakticky nevyskytuje. Praxe ukazuje, že garáže, které by byly specificky určeny pouze pro parkování vozidel např. v souvislosti s večerní kulturní akcí (divadla, koncertní sály aj.) se navrhuji zřídka; většinou garáže i u kulturních a sportovních objektů slouží během dne pro průběžné parkování vozidel.

Evropské normy tyto případy řeší různě. Rakouská norma [2] uvádí specifický výpočet, kterým se zvyšuje průtok větracího vzduchu v garážích, v nichž by mohlo docházet k vytváření dopravní zácpy. Navíc doporučuje u objektů (kde se konají představení) zohlednit dodatečnou dobu volnoběhu, bez bližšího upřesnění. Švýcarská norma [4] v poznámce doporučuje předpokládat u sportovních objektů a divadel vyprázdnění prostoru garáže do 20 minut.

ČSN 73 6058 (v článku 73) uvádí specifický výpočet, založený na předpokladu současného trvalého chodu n_p (1) vozidel z celkového počtu stání n (1). Z výpočtu vychází, pro současný provoz jedné sedminy vozidel z celkového počtu stání n (tj. $n_p / n = 1/7$), průtok vzduchu 900 m³/h stání. Tento průtok je poměrně značný, neboť výpočet vychází z předpokladu ustáleného procesu a nerespektuje časovou změnu koncentrace CO z ustálené nízké koncentrace CO před začátkem hromadného výjezdu. Návrh větrání pro špičkový provoz garáží musí proto vycházet z daných individuálních požadavků na provoz garáže. Ve specifických případech je třeba při výpočtu brát ohled na časovou změnu koncentrace. Při dimenzování je správné současně řešit i systémy měření koncentrace CO a řízení provozu v garážích (informační systém, varovný systém pro omezení provozu vozidel), aby při hromadném výjezdu nebyly překročeny přípustné koncentrace CO.

Délka trasy vozidel

Stanovení délky tras vozidel v garážích při podrobném výpočtu vyžaduje často značné pracovní úsilí. Cílem výpočtu je (v jednotlivých úsecích garáže – obvykle podlažích) stanovit dobu chodu motorů všech parkujících i projíždějících vozidel. Podkladem je trasa vozidel v každém podlaží, rozdělená na jízdu po rovině (včetně klesání) a jízdu po rampě při stoupání. Je nutno uvažovat vozidla parkující v daném úseku i vozidla daným úsekem projíždějící z ostatních podlaží.

Pro parkující vozidla se určuje délka střední trasy vozidel v podlaží, obvykle jako aritmetický průměr z nejdelší a nejkratší trasy od vjezdu do podlaží na parkovací místo a obdobně při výjezdu. Trasa výjezdu nemusí být totožná s trasou vjezdu. Vozidla projíždějící z ostatních podlaží mohou mít (podle dispozičního řešení garáže) trasu přes celé podlaží (nevýhodné řešení), nebo může jejich trasa procházet pouze částí daného úseku (podlaží).

Doba volnoběhu

Do doby volnoběhu motorů se počítá zastavení u vjezdu do garáže, při výjezdu z garáže, volnoběh při parkování a při odjezdu z parkovacího stání. Podle druhu garáže a dispozičního řešení garáží se doba volnoběhu pohybuje v rozmezí 40 až 90 sekund. SWKI 96-1 [4] udává tyto hodnoty doby volnoběhu: při vjezdu do garáže (20 s), při výjezdu z garáže (20 s), parkování na stání (10 s), výjezd ze stání (20 s).

Postup při výpočtu průtoku vzduchu

Další text je zaměřen na parkovací garáže s průběžnou výměnou vozidel. Větrací systém podzemních garáží se navrhuje jako nucený, podtlakový; jmenovitým průtokem je průtok odsávaného vzduchu, průtok přiváděného vzduchu podle ČSN 73 6058 se navrhuje o 10 až 20 % nižší než průtok odsávaného vzduchu, SWKI 96–1 [4] udává rozdíl 10 %.

Je účelné stanovit průtoky samostatně pro úseky garáže, obvykle podlaží. Při dělení na úseky je vhodné již předběžně navrhnout systém distribuce vzduchu, aby daný úsek bylo možno provětrávat vypočítaným průtokem vzduchu. Základním údajem pro výpočet průtoku vzduchu je *emise oxidu uhelnatého všech vozidel v daném úseku po dobu intervalu 1 hodiny*.

Přehled vstupních a vypočítaných pomocných údajů

- Počet stání vozidel v úseku P (1).
- Počet úseků i (1).
- Celkový počet stání v garáži ΣP (1).
- Parkovací doba jednoho vozidla τ_p (h).
- Frekvence výměny vozidel na stání f (1/h) = $1/\tau_p$.
- Rychlost jízdy (rovina, klesání i stoupání), doporučuje se volit w (km/h) = 10 km/h = 2,78 m/s.
- Délka trasy jednoho vozidla s (m) v úseku :
a) pro vozidla parkující v úseku: trasa od vjezdu do úseku na stání a odtud do výjezdu z úseku (stanovená jako aritmetický průměr nejkratší a nejdelší trasy), rovinná trasa;
b) pro vozidla parkující v nižších úsecích (podlažích): trasa při průjezdu (vjezdu i výjezdu) daným úsekem; určuje se samostatně pro vozidla každého nižšího podlaží a rozlišuje se trasa po rovině a trasa při stoupání.
- Doba volnoběhu jednoho vozidla t_v (s) v daném úseku.
- Doba jízdy jednoho vozidla trasou s (m) v daném úseku: t_j (s) = s/w ($w = 2,78$ m/s). Trasa s a doba jízdy t_j se stanoví samostatně pro průjezd vozidel parkujících v daném úseku a vozidel projíždějících úsekem (podle bodu 7).
- Počet vozidel vyjíždějících do úseku (= vyjíždějících z úseku) v intervalu 1 hodiny p (1/h) = $P \cdot f$. Určuje se samostatně pro vozidla parkující a pro vozidla projíždějící.
- Doba chodu motorů za jízdy všech vozidel t_{jc} (s/h) projíždějících úsekem během intervalu 1 hodiny se určí se samostatně pro trasy a údaje popsané v bodech 9 a 10 ze součinů $p \cdot t_j$.
- Doba volnoběhu vozidel t_{vc} (s/h) v úseku během intervalu 1 hodiny se určí jako doba volnoběhu vozidel parkujících v úseku (pro 2.PP a nižší podzemní podlaží); pro 1.PP podlaží (se vstupním a výstupním portálem) se připočítá doba volnoběhu všech vozidel při vjezdu a výjezdu u portálu. Pro 2.PP a nižší podzemní podlaží platí t_{vc} (s/h) = $p \cdot t_v$ (pro vozidla parkující v úseku). Pro 1.PP t_{vc1} (s/h) = $p \cdot t_v$ (pro vozidla parkující v 1. úseku) + $f \cdot \Sigma P \cdot t_v$ (pro všechna vozidla parkující v garáži; zde t_v (s) je doba volnoběhu jednoho vozidla při zastavení u portálu (celkem vjezd a výjezd)).

2. EMISE OXIDU UHELNATÉHO JEDNOHO VOZIDLA

Emise CO jednoho vozidla při jízdě V_{COjrov} (jíзда po rovině), V_{COjst} (jíзда při stoupání) (m^3/s voz).

ČSN 73 6058 [1] (r. 1988) udává emise jednoho vozidla pro pomalou jízdu 0,5 m^3/h voz., tj. 62,5 mg/m voz. (produkce vztahovaná na 1 m jízdní trasy) při uvažování rychlosti jízdy 10 km/h.

V SWKI 96–1 [4] (r. 1996) jsou uvedeny emisní hodnoty pouze pro osobní vozidla s katalyzátorem. Pro teplý motor (uvažuje se při vjezdu) je emise CO vztahovaná na 1 m jízdní trasy 4,37 mg/m voz.; emise při jízdě se studeným motorem (při výjezdu) lze z [4] odvodit jako 7,7násobek emise teplého motoru (tj. 33,65 mg/m voz.). V obou případech se neuvádí rychlost jízdy.

Údaje SWKI 96-1 [4] lze srovnat s hodnotami ÖNORM H 6003 [2] (r. 1997), tab.1, kde údaj pro teplý zážehový motor s katalyzátorem je 6,4 g/km (mg/m) voz. a pro studený motor 32,0 g/km (mg/m) voz. Údaje obou norem jsou si v těchto případech blízké.

Emise CO v ČSN 73 6058 (62,5 mg/m voz.) ve srovnání s hodnotami dle [4] a [2], se jeví jako značně vysoká a to i tehdy, porovnáme-li ji s údaji, které udává ÖNORM H 6003 (tab.1) pro zážehové motory bez katalyzátoru (průměr pro teplý a studený motor : 25,35 mg/m voz.).

Naopak ve VDI 2053 [3] z roku 1995 nalezneme údaje, které se blíží emisí uvedených v ČSN 73 6058. Pro volnoběh (teplý i studený motor) a přerušovanou jízdu při 10 km/h po rovině udává [3]: 0,47 až 0,6 m^3/h voz., tj. 58,7 až 75 mg/m voz., pro volnou jízdu po rovině (bez udání rychlosti): 1.04 m^3/h voz., a pro volnou jízdu při stoupání 4 %: 1,2 m^3/h voz. (tyto dvě vysoké emisní hodnoty však v příkladech výpočtu norma nepoužívá). Relativně vysoké emisní údaje byly stanoveny ve VDI 2053 v roce 1980. Změny v produkci CO u moderních vozidel norma [3] respektuje poznámkou, která publikované emise snižuje – citují „podle studie z roku 1985 se emise snížily průměrně o 25 %“.

Hodnoty emisí CO podle citovaných norem nelze přejímat bez podrobnější znalosti celé normy. Např. ÖNORM H 6003 doporučuje při výpočtu používat výpočtovou koncentraci CO v garáži 50 ppm (i když limitní hodnotou je 100 ppm) a minimální průtok větracího vzduchu definuje pro intenzitu větrání 0,5 1/h. V SWKI 96-1 jsou uvedeny faktory, které upravují emise CO podle teploty v garážích aj. Mnohé jednoduše podané základní emisní údaje jsou velmi často doplňovány dalšími omezujícími podmínkami.

Emise CO jednoho vozidla při volnoběhu V_{COv} (m^3/s voz)

ČSN 73 6058 [1] udává stejnou hodnotu emise CO pro volnoběh jako pro pomalou jízdu: 0,5 m^3/h voz (625 g/h voz). Tato hodnota se velmi blíží údaji v VDI 2053, kde je uvedeno pro teplý/studený motor při volnoběhu: 0,47/0,5 m^3/h voz. ČSN i VDI nerozlišují motor s katalyzátorem a bez katalyzátoru.

Naproti tomu ÖNORM H 6003 (viz tab.1) udává výrazně odlišné hodnoty pro motor s katalyzátorem a bez katalyzátoru a rovněž i pro motor teplý a studený. I nejméně příznivý údaj pro studený zážehový motor bez katalyzátoru 203,5 g/h voz je cca 32 % hodnoty udané v ČSN.

3. EMISE OXIDU UHELNATÉHO VŠECH VOZIDEL V ÚSEKU GARÁŽE

Emise všech vozidel v úseku garáže V_{COj} (m^3/h) se stanoví z měrné emise jednoho vozidla (m^3/s voz.), která je rozdílná, uvažujeme-li údaje dle [2], tab. 1: V_{COjrov} voz., V_{COjst} voz., V_{COvol} voz. Emise se vypočtou pro tři následující kategorie:

$$1. \text{ Jízda po rovině a klesání: } V_{COjrov} = V_{COjrov\ voz.} \cdot t_{jc\ rov} \quad [m^3/h],$$

kde $t_{jc\ rov}$ (s/h) – celková doba jízdy všech vozidel v úseku po rovině se určí dle odst. 1, bod 11.

$$2. \text{ Jízda při stoupání (po rampě): } V_{COjst} = V_{COjst\ voz.} \cdot t_{jc\ st} \quad [m^3/h],$$

kde $t_{jc\ st}$ (s/h) – celková doba jízdy všech vozidel v úseku při stoupání se určí dle odst. 1, bod 11.

$$3. \text{ Volnoběh: } V_{COvol} = V_{COvol\ voz.} \cdot t_{vc} \quad [m^3/h],$$

kde t_{vc} (s/h) – celková doba volnoběhu všech vozidel v úseku se určí dle odst. 1, bod 12.

Celkový objemový průtok oxidu uhelnatého v úseku V_{CO} (m^3/h) je dán součtem

$$V_{CO} = V_{CO_{j\text{rav}}} + V_{CO_{j\text{st}}} + V_{CO_{\text{vol}}}$$

4. PRŮTOK VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ ÚSEKU GARÁŽE

Průtok vzduchu V (m^3/h) se určuje v jednotlivých úsecích garáže (za předpokladu rovnoměrné, ustálené emise CO) ze vztahu

$$V = \frac{V_{CO}}{(C_p - C_e) \cdot 10^{-6}}$$

kde V_{CO} (m^3/h) – objemový průtok oxidu uhelnatého emitovaného všemi vozidly v úseku,

C_p (ppm, cm^3/m^3) – přípustná výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého v garáži,

C_e (ppm, cm^3/m^3) – výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého ve venkovním (přiváděném) vzduchu.

Přípustná výpočtová koncentrace CO v garáži je dle ČSN 73 6058 [1] $C_p = 87$ ppm. Při výpočtech, ve kterých se používají snížené emisní údaje dle rakouské ÖNORM H 6003 [2] lze doporučit, ve shodě s doporučením [2], hodnotu přípustné výpočtové koncentrace 50 ppm.

Výpočtová koncentrace CO ve venkovním (přiváděném) vzduchu je dle ČSN 73 6058 [1] $C_e = 5$ ppm v menších městech, resp. $C_e = 10$ ppm ve velkoměstech; výjimečně v oblastech bez automobilového provozu $C_e = 0$ ppm. Náročnost větrání v jednotlivých úsecích garáže je vhodné vyjádřit *měrným průtokem vzduchu*, vztaheným na počet stání vozidel v úseku

$$V_m = V / P \quad [m^3/h \text{ stání}],$$

kde V (m^3/h) je průtok vzduchu v úseku garáže,
 P (1) – počet stání v úseku.

Kromě toho se doporučuje kontrolovat *intenzitu větrání* v úseku

$$I = V / O \quad [1/h],$$

kde O (m^3) je vnitřní objem úseku.

Předložený příspěvek se zabývá stanovením průtoku vzduchu pro dodržení hygienických požadavků na větrání podzemních garáží, neřeší požadavky na požární větrání. Zpřesněný výpočet vyžaduje pečlivou volbu vstupních údajů, především volbu parkovací doby (resp. frekvence výměny vozidel). Rozhodující je rovněž délka tras vozidel a stanovení průjezdu vozidel úsekem. Zde chyba ve stanovení délky trasy a počtu projíždějících vozidel, zvláště u vícepodlažních garáží, může způsobit značné chyby v dimenzování větrání. Při využití zpřesněných, aktuálních emisních údajů vozidel lze doporučit ve výpočtu přípustnou výpočtovou koncentraci v prostoru garáže 50 ppm a kontrolu, zda není podkročena minimální intenzita větrání 0,5 1/h.

Koncepce větracího systému, distribuce vzduchu v prostoru stání vozidel, provoz větracího systému (řízení průtoku vzduchu), automatické měření a signalizace koncentrace oxidu uhelnatého představují samostatnou problematiku, které se bude časopis VVI věnovat v některém dalším čísle.

Použité zdroje:

- [1] ČSN 73 60 58 Větrání hromadných garáží, 1988
- [2] ÖNORM H 6003 Lüftungstechnische Anlagen für Garagen. Grundlagen, Planung, Dimensionierung, 1997
- [3] VDI 2053 Blatt 1 Raumlufttechnische Anlagen für Garagen und Tunnel. Garagen, 1995
- [4] SWKI Richtlinie 96-1 Lüftungsanlagen für Fahrzeug-Eintellhallen, 1997
- [5] Nařízení vlády č.178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zaměstnanců při práci
- [6] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [7] ŠKOPEK, J.: *Větrání hromadných garáží*. Diplomová práce. Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2001. ■

* Montáž klimatizace technologií Victaulic

Při rekonstrukci klimatizační a chladicí centrály Airport Business Centra na letišti F. J. Strausse v Mnichově v průběhu srpna a září 2002 byla montážní firmou Maurer, Platner & Co. poprvé v Evropě použita technologie mechanického spojování potrubí americké firmy Victaulic. U této technologie zcela odpadá svařování a těsné spoje jsou snadno realizovatelné i v obtížně přístupných místech. Victaulic pro svůj systém spojování potrubí kruhového průřezu dodává veškeré trubky, oblouky, kolena, T-kusy a armatury z nerezové oceli. Délky a konce trubek lze snadno upravit i na místě montáže.

Systém je velmi jednoduchý. Dva konce trubek s drážkami se spojí manžetovým kroužkem zhotoveným jako dělený odlitek na dva šrouby s vloženým těsnicím kroužkem. Výhodou tohoto snadno rozebíratelného spojování je jeho použitelnost v rozvodech vytápění, chlazení, protipožárního média, tlakového vzduchu, užitkové a pitné vody pro jmenovité průměry DN15 až DN 2600, přičemž nejvyšší úspory se dosahují u průměrů DN 50 až DN 700. Pro nižší nároky se dodávají trubky, tvarovky a kroužky i z oceli, pozinkované oceli a mědi.

Ve srovnání s klasickými instalačními postupy se svařováním, řezáním závitů a na příruby se u systému Victaulic pracnost a doba montáže snižují na pouhých 20 až 25 %. Ve stísněných podmínkách byla provedena rekonstrukce chladicího centra s montáží 100 spojů na letišti v Mnichově během 10 pracovních dnů.

HTI-Wilhelm Gienger, Markt Schwaben, na veletrhu AACHEM 2003, Frankfurt (AB)

* Klimatizační zařízení Weiss Ultraclean s certifikací Fraunhofer IPA

Významný německý výrobce Weiss Klimatechnik GmbH, Reiskirchen, člen skupiny Schunk, po spojení s firmou GWE od 1. 6. 2001 významně posílil své postavení na trhu klimatizačních zařízení pro ultračisté prostory v počítačové, telekomunikační a informační technologii (zařízení DATA-/TELECLIMA), klimatizaci letišť, konferenčních sálů, univerzit, muzeí a galerií (UNICLIMA), klimatizaci nemocnic a operačních sálů (MEDICLEAN) a v mikroelektronice, farmacii a mikrobiologii (ULTRACLEAN/ULTRACONSTANT).

Řada klimatizačních skříní Weiss ULTRACLEAN GMP pro ultračistou výrobu v mikrobiologii, farmacii, biotechnologii, genové technologii, lékařské technice a potravinářství získala certifikát č. WK 0006-180 ústavu Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart, představujícího autoritu ve vývoji a zkoušení výrobních zařízení pro práci v čistých prostředích.

Výkony řady ULTRACLEAN se pohybují od 800 do 19 000 m^3/h a 5,8 až 77,9 kW při max. tlakové ztrátě 300 až 800 Pa, s chladicím výkonem 3,6 až 107,7 kW. Provedení skříní je dvojvrstvé celonerezové tloušťky 32 mm s izolační výplní a hodnotou $k = 0,8 W / (m^2K)$, a silikonovým těsněním přípustným dle DVGW. Radiální ventilátory mají nástřik epoxidovou pryskyřicí příp. na přání jsou nerezové. Velkoplošné Cu/Cu nebo Cu/Al lamelové výměníky mají hydrofilní povlak pro filmovou kondenzaci. Stupeň čistoty dle DIN EN ISO 14644-1 je volitelný.

Weiss Klimatechnik GmbH pro veletrh AACHEM 2003, Frankfurt (AB)