

Ing. Stanislav TOMAN
Projektová kancelář ÚT+VZT
Praha

Větrání garáží (1. část)

Garage Ventilation (1st part)

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

Publikovaný článek shrnuje podstatné informace k aktuální tematice - větrání garáží v České republice. Pro rozsáhlost problematiky je příspěvek rozdělen do tří částí. Série článků vychází z právních a normativních předpisů, reflektuje novou situaci ohledně možnosti parkování vozidel na plynná paliva a rozebírá všechny větrací systémy, které se mohou v garážích vyskytovat. Věnuje se návrhovým zásadám provozního větrání, vymezení havarijního větrání a základům požárního větrání. Stať se rovněž zabývá souvisejícími okolnostmi, jako jsou systémy ovládání, provozní režimy, detekce a monitoring škodlivin, analýza rizika vzniku výbušné atmosféry a protokol o určení vnějších vlivů. Příspěvek je určen nejen projektantům vzduchotechniky, ale směřuje rovněž k architektům a projektantům všech souvisejících stavebních oborů. Cenné informace zde naleznou také zástupci dalších zájmových skupin, jako jsou investoři, developeři, dodavatelé, provozovatelé, stavební úřady, dotčené orgány státní správy, apod.

Klíčová slova: větrání garáží, provozní větrání, havarijní větrání, požární větrání, škodliviny

The published paper summarizes the crucial information about the actual topic – garage ventilation in the Czech Republic. The contribution is divided into three parts, due to the broad scope of the matters. The series of the papers is based on the legal and normative enactments. It reflects the new situation of natural gas powered vehicles parking possibilities and it discusses every ventilation system which can be found in garages. It deals with design principles of service ventilation, definition of emergency ventilation and basics of fire ventilation. The paper also deals with related issues such as control systems, operating regimes, detection and monitoring of pollutants, explosive atmosphere risk assessment and protocol determining external influences. The contribution is aimed not only to HVAC designers, but also to architects and designers of all related construction fields. Valuable information can be found also by the other interested groups such as investors, developers, suppliers, operators, building authorities, involved state administration bodies, etc.

Key words: garage ventilation, service ventilation, emergency ventilation, fire ventilation, pollutants

ÚVOD

V současné době platí v České republice nové předpisové požadavky, které zásadním způsobem upravují navrhování, realizaci i provoz garáží. Nové předpisy jsou tři a platí od roku 2011 a 2013. Pravděpodobně nejznámější (zdaleka však nikoli jedinou) změnou se stala možnost parkování vozidel s pohonem na plynná paliva v garážích, avšak pouze při splnění řady podmínek. Tomu je přirozeně věnována v článku adekvátní pozornost. Nové předpisy nejsou dosud zcela zažitě odbornou veřejností, respektive přetrvávají nejednotné názory na výklad a aplikaci některých důležitých ustanovení. Na rozdíl od předcházejících předpisů, se změny promítají nejen do stavebního řešení garáží, ale také do jejich technického vybavení s důrazem na zvýšenou bezpečnost jak při běžném provozu, tak při výskytu krizových situací. Důležitou roli přitom získala větrací zařízení, která se významně podílejí na zabezpečení provozu garáží. Krizovými stavy z hlediska vzduchotechniky jsou míněny podmínky, které mohou nastat při překročení koncentrací sledovaných škodlivin nad povolené limity, při úniku plynu z palivové soustavy vozidla nebo při požáru vozidla.

Protože došlo k celé řadě novinek, které mají přímý a významný dopad na řešení větrání garáží, rozhodla se Společnost pro techniku prostředí (vydavatel tohoto časopisu), respektive její Odborná sekce O1 – Klimatizace a větrání, důkladně posoudit nově nastavené podmínky a vnést do problematiky větrání garáží náležitý technický přístup a věcně korektní stanoviska. V listopadu 2011 byl sestaven řešitelský tým jedenácti odborníků z oblasti akademické sféry, projektových kanceláří, výrobce vzduchotechniky, specialistů na rozbor vzniku výbušné atmosféry, specialisty požární bezpečnosti staveb, projektanta na elektrotechnická zařízení a specialisty na plynová zařízení. Cílem bylo přispět k vyjasnění poměrně komplikované problematiky kolem větrání garáží,

kteří vznikla přijetím nových předpisů a nalézt takové návrhové postupy a technická řešení, kterými budou předpisové požadavky naplněny.

Výsledek řešitelského týmu byl v září 2012 završen závěrečnou technickou zprávou (není veřejně přístupná), která byla následně doplněna v květnu 2013 a reagovala tak na poslední vyšší předpis. Pokud je autorovi tohoto článku známo, neexistuje na národní úrovni, žádný podobný analytický elaborát, který by situaci kolem větrání garáží řešil ve všech potřebných souvislostech.

Poznatky řešitelského týmu byly postoupeny odborné veřejnosti na seminářích pořádaných Společností pro techniku prostředí v květnu a říjnu 2013. A nyní jsou publikovány v tomto časopisu. K dispozici je rovněž sborník přednášek vydaný v roce 2013.

PŘEDPISOVÉ POŽADAVKY

V kapitole jsou uvedeny základní předpisy, které mají přímý vztah k řešení větrání garáží. Z hlediska právní závažnosti je třeba tyto předpisy vnímat v posloupnosti: zákony – vyhlášky – technické normy – technická pravidla.

Zákony

V širších souvislostech platí, že obecný rámec pro větrání garáží poskytují zejména níže uvedené zákony:

- Základním právním předpisem v oblasti stavebnictví je *Zákon č. 183/2006 Sb.*, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Z hlediska hlavních požárních předpisů platí *Zákon č. 133/1985 Sb.*, o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.

- Pro podmínky silniční dopravy je určen *Zákon č. 56/2001 Sb.*, o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Vyhlášky

Právním nástrojem, který nastavuje podrobnosti jednotlivých oblastí, jsou prováděcí vyhlášky k zákonům.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby je prováděcí vyhláškou ke stavebnímu zákonu. V části věnované požadavkům pro vybrané druhy staveb je uveden § 47 – *Garáže*, který obsahuje především základní stavební požadavky a ve věci větrání garáží odkazuje na normové hodnoty.

Vyhláška č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb (účinnost od 27. 9. 2011) je prováděcí vyhláškou k zákonu o požární ochraně. Tento právní předpis přinesl největší změnu v tom, že připustil možnost garážování vozidel s pohonem na plynná paliva, což do současné doby nebylo prakticky možné. V druhém odstavci § 21 – *Stavba garáže* se objevila průlomová pasáž této možnosti avšak pochopitelně včetně povinností, které se musí při návrhu a realizaci garáže splnit. Příslušná citace zní: „*Garáž, která slouží i pro parkování vozidel s pohonem na plynná paliva, musí být ...*“. Text vyhlášky pokračuje výčtem povinností, které musí být splněny (ve stručnosti jde o vybavenost detektory úniku plynu, účinné větrání, posouzení rizika vzniku výbušné atmosféry a další povinnosti). Ve výše uvedené citaci je podstatné slovo „*i*“, neboť právě toto slovo vyjadřuje *možnost* nikoli *povinnost* zřízení garáží, ve kterých se připustí rovněž vjezd a parkování vozidel s pohonem na plynná paliva. Vyhláška ve své obecnosti nediskriminuje žádné plynné palivo, což znamená, že kromě dnes běžných paliv LPG a CNG mohou být do budoucna navrženy garáže pro vozidla s libovolným druhem paliva. To je z hlediska „*práva*“ nejspíše dobře, avšak z hlediska reálného technického zabezpečení to přináší značné potíže a rozhodně vyšší náklady (více v kapitole o havarijním větrání garáží). Rozhodnutí, zda takovou garáž vybudovat je na investorovi. Pokud správně vyhodnotí všechny související okolnosti a k takovému záměru se odhodlá, pak je jeho povinností splnit všechny požadavky dané vyhláškou a normou ČSN 73 6058 (včetně vyhrazení minimálně 10 % parkovacích stání pro vozidla na plynná paliva, jednalo-li o novostavbu hromadné garáže s více než 27 parkovacími stánkami). Z požadovaných povinností „*požární*“ vyhlášky je evidentní, že je sledována především bezpečnost provozu těchto garáží, tomu však na druhé straně odpovídá i složitost technických systémů, které tuto bezpečnost zajišťují a jejich nákladovost.

Vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, kterou vydalo ministerstvo dopravy a spojů, je prováděcí vyhláškou k zákonu o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. V jejím § 19, který je určen pro *provoz vozidel poháněných zkvapalněným ropným plynem (LPG) nebo stlačeným zemním plynem (CNG)*, jsou uvedeny povinnosti provozovatelů těchto vozidel. Kromě obsáhlého výčtu podmínek se také uvádí, že „*je zakázáno vjíždět do uzavřených skladovacích, garážních a obdobných prostorů, u nichž není výslovně povoleno vjezd vozidel poháněných LPG nebo CNG*“. Mezi další povinnosti patří „*v případě, že v průběhu jízdy (provozu) vozidla vznikne závada uvedená v § 20 odst. 2, musí být vozidlo ihned odstaveno a učiněna bezpečnostní opatření*“. Paragraf 20 odst. 2 vyjmenovává závady plynového zařízení těchto vozidel, při jejichž zjištění musí provozovatel vyřadit ihned zařízení z provozu. Za první a nejdůležitější závadu se pokládá „*unikání plynu z kterékoliv části plynového zařízení*“. Z těchto citací a z dalších částí vyhlášky jsou patrné souvislosti, které se musí promítnout i do projektového návrhu garáží a jejich provozování.

Technické normy

Problematika garáží a souvisejících okolností je podrobněji specifikována v českých technických normách jak na národní úrovni (ČSN), tak na evropské úrovni (ČSN EN). Vydavatelem norem je státní instituce – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 73 6058 *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže* (9/2011)

Je hlavní technickou normou pro garáže. Platí pro navrhování nových garáží, změny dokončených garáží (rekonstrukce) a změny v užívání staveb s využitím na garážování vozidel. Obsahuje nezbytné termíny a definice (jednotlivá garáž, řadová garáž, hromadná garáž, automatický parkovací systém atd.), členění garáží podle druhu vozidel, podle stavebního uspořádání, způsobu parkování, obsluhy i funkčního využití. Poskytuje základní stavební požadavky na prostorové uspořádání vjezdů, výjezdů, ramp, stání, vnitřních komunikací atd. V normě jsou rovněž uvedeny požadavky na technická zařízení budov, přičemž značná část je věnována větrání garáží (provozní větrání, havarijní větrání, požární větrání). Příloha A předepisuje návrhové a výpočtové postupy pro provozní větrání (jak přirozené, tak nucené), které musí mít každá garáž. Z hlediska požadovaného vzduchotechnického zabezpečení prostoru je patrné, že za určitých podmínek mohou být v hromadných garážích instalovány až tři samostatné větrací systémy (provozní, havarijní a požární). To znamená značnou komplikaci při návrhu, instalaci i provozování garáží, počínaje nárokováním na větší světlost výšku garáže (3 až 3,5 metru) a konče sofistikovanými detekčními, ovládacími a zálohovými systémy.

Podrobnosti k jednotlivým větracím systémům garáží jsou rozvedeny v dalších kapitolách článku.

ČSN 73 0804 *Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty* (2/2010)

Tato norma je součástí kodexu národních norem požární bezpečnosti staveb. Pro navrhování garáží je právně závazná, jak je evidentní z § 21 vyhlášky č. 268/2011 Sb. V normě je pro účely projektování garáží určena především Příloha I – *Požární bezpečnost garáží*. V úvodní větě přílohy je uvedeno, že „*se postupuje podle této normy ... bez ohledu na to, jsou-li garáže vestavěny, přistavěny apod. k výrobním či nevýrobním objektům ...*“. To znamená, že se při navrhování jakékoli garáže postupuje podle této normy. Rozhodnutí o tom, zda garáž musí mít požární větrání, vydává projektant *požárně bezpečnostního řešení* na základě normativních kritérií. Projektant *požárního větrání* koncipuje svůj návrh v souladu s celým kodexem národních norem požární bezpečnosti staveb (ne jen podle Přílohy I této normy) a dalšími technickými normami a předpisy.

ČSN EN 60079-10-1 *Výbušné atmosféry – Část 10-1: Určování nebezpečných prostorů – Výbušné plynné atmosféry* (12/2009) + *Oprava 1* (11/2011)

ČSN EN 60079-14 ed.3 *Výbušné atmosféry – Část 14: Návrh, výběr a zřízení elektrických instalací* (4/2009) + *Oprava 1* (5/2012)

Již z názvů uvedených norem je zřejmý jejich obsah a určení. Vyhláška č. 268/2011 Sb. cituje tyto normy v souvislosti s povinností provést posouzení garáže sloužící i pro parkování vozidel s pohonem na plynná paliva a jejího vybavení elektrickým zařízením z hlediska rizika vzniku výbušné atmosféry.

Tento zcela nový požadavek patří mezi nejkompikovanější problémy, s kterými je nutno se vypořádat. Postup a podrobnosti požadovaného posouzení jsou uvedeny v kapitole havarijního větrání garáží.

ČSN 33 2000-1 ed. 2 *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice* (5/2009)

ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy (4/2010)

TNI 33 2000-5-51 Elektrické instalace nízkého napětí – Vnější vlivy, jejich určování a protokol o určení vnějších vlivů – Komentář k ČSN 33 2000-5-51 ed. 3:2010 (12/2011)

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem (srpen 2007) + Změna Z1 (4/2010)

Skupina těchto elektrikařských norem je svázána především s problematikou zpracování dokumentace o určení vnějších vlivů, tzv. *protokolu o určení vnějších vlivů* posuzovaného prostředí. Zde jde především o prostředí garáže s vozidly na plynná paliva. Tato dokumentace je základním podkladem pro návrh, zhotovení a revizi elektroinstalace.

Technická pravidla

TPG 982 01 Vybavení garáží a jiných prostorů pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG (5/2013)

Vydavatelem technických pravidel je Český plynárenský svaz. Pravidla určují požadavky na vybavení garáží s motorovými vozidly s pohonem na stlačený zemní plyn (CNG) a vymezují podmínky pro jejich projektování, výstavbu a provoz. Technická pravidla dále stanovují minimální požadavky na vybavení požárně bezpečnostním zařízením a určují podmínky bezpečného provozního režimu. Jsou orientována výhradně pro garáže a jiné prostory vyhrazené pro vozidla s pohonem na CNG. Tvoří tak další předpis, který musí být respektován, protože přináší další zpřesňující a doplňující nároky. Podrobnější informace včetně komentářů jsou uvedeny v dalších kapitolách.

PROVOZNÍ VĚTRÁNÍ GARÁŽÍ

Provozní větrání musí mít každá garáž. Je určeno k zajištění kvalitního ovzduší pro pobyt osob v garáži podle hygienických kritérií. Kromě vlastních garážových stání a komunikací se větrají rovněž související prostory, jako jsou obslužná místa, hygienická zařízení, servisní a administrativní prostory apod. Kvalita ovzduší v garážích se zabezpečuje pro dvě skupiny osob. První skupinou jsou řidiči a cestující, u kterých se předpokládá krátkodobý pobyt v garážích omezený 30 minutami. Druhou skupinou osob jsou zaměstnanci, pro které jde o pracovní prostředí a délka pobytu je dána až 8 hodinovou pracovní dobou.

Návrh větracích systémů je pro jednotlivé prostory i činnosti osob odlišný. V zásadě jsou možné dva způsoby větrání: přirozený a nucený.

Přirozené větrání se pro neustálou variabilitu tlakových poměrů (účinného tlaku vyvolaného rozdílem teplot vzduchu venkovního a vnitřního a dynamického účinku větru) navrhuje na základě empirického poznání prostřednictvím větracích otvorů, jejichž velikost je vztažena na jedno stání vozidel. Návrhové hodnoty jsou uvedeny v technické normě ČSN 73 6058 včetně pravidel pro rozmístění větracích otvorů. Přirozené větrání se uplatňuje především u jednotlivých a řadových garáží. Pro hromadné garáže lze přirozené větrání navrhnout pouze v nadzemních podlažích za předpokladu vhodné stavební dispozice.

Nucené větrání je koncipováno jako podtlakové, kde průtok odváděného vzduchu je vypočítán v závislosti na emisi škodlivin a jejich přípustných koncentrací pro omezenou dobu pobytu osob. Za určující škodlivinu v garážích se v současné době považuje oxid uhelnatý CO, produkovaný při chodu motoru vozidla. Větrací zařízení, které je dimenzováno podle emise CO, zajišťuje, že i ostatní škodlivé látky jako jsou oxidy dusíku, karcinogenní organické látky, pevné částice apod. jsou svými koncentracemi pod přípustnými hodnotami.

Provozní větrání (průtok větracího vzduchu, velikost plochy otvorů) se dimenzuje podle stejných zásad pro vozidla na benzín, naftu, CNG a LPG.

Přípustná koncentrace CO pro samoobslužné garáže (vozidlo řídí vlastní řidič, jeho doba pobytu v garáži je krátkodobá - omezena 30 minutami) je stanovena hodnotou $C_p=50$ ppm, což je maximální přípustná (výpočtová) koncentrace stanovená v normě ČSN 73 6058.

Přípustná koncentrace CO pro garáže s obsluhou (vozidlo se pohybuje vlastní silou, pro obsluhující personál je prostor garáže pracovištěm s 8 hodinovou pracovní dobou) je dána hodnotou $C_{PEL}=26$ ppm, což je přípustný expoziční limit (PEL) předepsaný nařízením vlády č. 93/2012 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Koncepce provozního větrání

Provozní větrání může být ve všech prostorech garáže obecně přirozené nebo nucené. Přirozené větrání lze použít pouze pro objekty nadzemní, pokud garáž takovému řešení dispozičně vyhovuje. Nucené větrání je použitelné ve všech případech. Z hlediska investičních i provozních nákladů je třeba upřednostňovat vždy větrání přirozené.

Metodika návrhu větrání nuceného a přirozeného se liší. Výchozími údaji pro návrh nuceného provozního větrání garáží je zejména stavební uspořádání (jednotlivé, řadové, hromadné, nadzemní podzemní, kombinované), lokalita umístění (velkoměsta, menší města), provozní podmínky (garáže samoobslužné, s obsluhou, s automatickými parkovacími systémy), skupina vozidel (1 - osobní a lehká užitková vozidla, 2 - nákladní vozidla, tahače, autobusy, 3 - traktory a samojízdné pracovní stroje), trasy průjezdu vozidel (délky rovných úseků, stoupání, klesání) atd.

Přirozené větrání nadzemních jednotlivých a řadových garáží

Při návrhu se stanovuje velikost větracích otvorů pro přívod venkovního vzduchu a odvod odpadního (vnitřního) vzduchu. Větrání se navrhuje *příčně s neuzavíratelnými otvory v protilehlých stěnách*. Polovina plochy větracích otvorů se umísťuje u podlahy (spodní hrana je maximálně 0,5 m nad podlahou) a polovina pod stropem (horní hrana nejnižší 0,3 m pod stropem).

Celková volná plocha větracích otvorů pro jedno stání je minimálně:

- v garážích pro vozidla skupiny 1: 0,025 m²/stání,
- v garážích pro vozidla skupiny 2 a 3: 0,045 m²/stání.

Případná šachta, která navazuje na větrací otvor, musí mít volný průřez minimálně shodný s větracím otvorem; při výšce větší než 2 m musí být průřez šachty dvojnásobný.

Pokud dvě vozidla parkují na jednom stání v rozdílných výškových úrovních, navrhuje se plocha větracích otvorů pouze pro jedno stání.

Přirozené větrání nadzemních hromadných garáží

Rovněž u tohoto větrání se při návrhu stanovuje velikost větracích otvorů pro přívod venkovního vzduchu a odvod odpadního (vnitřního) vzduchu.

Přirozené větrání lze řešit jako *příčné větrání otvory v protilehlých obvodových stěnách*, nebo *samostatnými větracími otvory v obvodových stěnách a ve stropě*.

Příčné přirozené větrání je možné navrhovat pro parkovací prostory, kde vzdálenost protilehlých stěn je ≤ 60 m.

V každé z protilehlých stěn jsou rovnoměrně umístěny otvory o volném průřezu, který činí minimálně 1/3 celkové vnitřní plochy vertikálních obvodových stěn parkovacího prostoru. Spodní hrana otvorů je nejvýše 0,5 m

nad podlahou, horní hrana otvorů nejnižší 0,3 m pod stropem. Otvory u podlahy musí být na venkovní straně alespoň 0,3 m nad terénem.

Pro přirozené větrání otvory v obvodových stěnách a ve stropě se navrhuje celková volná plocha větracích otvorů pro jedno stání:

- v garážích s frekvencí výměny vozidel na stání $f \leq 0,4 \text{ h}^{-1}$:
0,15 m²/stání,
- v garážích s frekvencí výměny vozidel na stání $f > 0,4 \text{ h}^{-1}$:
0,3 m²/stání,

kde $f(1/h)$ je frekvence výměny vozidel na stání.

Případná šachta, která navazuje na větrací otvor, musí mít volný průřez minimálně shodný s větracím otvorem; při výšce větší než 2 m musí být průřez dvojnásobný. Plochu otvorů lze sdružovat, avšak musí být zaručeno rovnoměrné provětrání celého prostoru. Vodorovná vzdálenost mezi otvory je nejvýše 20 m, stěny bez otvorů mohou být vzdáleny od otvorů nejvýše 10 m. *Všechny otvory jsou neuzavíratelné.*

Nucené větrání nadzemních jednotlivých a řadových garáží

Jednotlivé i řadové garáže se větrají podtlakově (nuceným odvodem a přirozeným příivodem vzduchu). Minimální průtok nuceně odváděného vzduchu $V[\text{m}^3/\text{h stání}]$ se stanoví z intenzity větrání $I = 1,0 \text{ h}^{-1}$ podle vztahu

$$V = I \cdot O \quad (1)$$

kde O je vnitřní objem prostoru garáže (stání) [m³].

Odváděcí vyústka s ventilátorem se umísťují pod stropem, přiváděcí otvor (o ploše $S_p = V/w_p$, kde rychlost $w_p \leq 0,7 \text{ m/s}$) je v protilehlé stěně u podlahy. Výšková omezení jsou shodná jako u přirozeného větrání jednotlivých a řadových garáží. Odváděcí ventilátor musí být v provozu po celou dobu pobytu osob v garáži.

Nucené větrání hromadných garáží

Návrh nuceného větrání vede ke stanovení potřebného průtoku venkovního větracího vzduchu a k vytvoření požadovaných tlakových podmínek v prostoru garáže (vždy podtlakové větrání). Příivod venkovního vzduchu do garáže je buď přirozený, nebo nucený, odvod vzduchu je vždy nucený. Pokud se vzduch přivádí nuceně, musí být průtok odváděného vzduchu o 10 až 20 % vyšší než průtok přiváděného vzduchu.

Koncepce výpočtu průtoku větracího vzduchu je založena na stanovení emisí oxidu uhelnatého v jednotlivých prostorech (úsecích, podlažích) garáže od motorů vozidel a na požadavku, aby koncentrace CO byla v provozní době trvale pod hodnotami přípustných mezí. Průtok větracího vzduchu závisí na době parkování vozidel τ [h], resp. frekvenci výměny vozidel $f[1/h]$; údaje pro různé typy garáží obsahuje ČSN 73 6058.

Celková objemová emise CO (V_{CO}) emitovaného všemi vozidly při jízdě a volnoběhu v příslušném úseku garáže se vypočítá jako součet dílčích objemových emisí při jízdě po rovině včetně klesání ($V_{COj,rov}$), při stoupání ($V_{COj,st.}$) a při volnoběhu ($V_{CO,v.}$). Vychází se přitom z tabulkově daných normativních hodnot emisí CO jednoho vozidla (pro vozidla skupiny 1) za dobu provozu 1 sekundy při jízdě rychlostí 10 km/h po rovině, klesání, stoupání a volnoběhu, které se vynásobí celkovou dobou jízdy všech vozidel v daném úseku (podlaží) garáže.

Podrobný výpočetní postup je uveden v normě ČSN 73 6058. Hlavními vstupními údaji je počet úseků (podlaží), počet stání vozidel, parkovací doba, frekvence výměny vozidel na jednom stání, délka trasy a doba průjezdu vozidla úsekem, atd. Protože trasy, podle umístění stání, na kterém vozidlo parkuje, jsou různé, počítá se zpravidla s průměrnou

délkou nejkratší a nejdelší trasy. Uvažuje se jak trasa vozidel parkujících v daném úseku, tak trasa vozidel úsekem projíždějících do jiných úseků (např. podlaží).

Není smyslem tohoto článku popisovat algoritmus celého výpočtu. Podstatnou informací je princip výpočtu a uvedení hlavních a výsledných vzorců potřebných pro stanovení větracího výkonu.

Průtok vzduchu pro větrání garáže, respektive průtok vzduchu odváděného z příslušného úseku (podlaží) garáže se vypočítá v závislosti na provozních podmínkách garáže následovně:

Samoobslužné garáže při průběžné výměně vozidel

$$V = \frac{V_{CO}}{(C_p - C_e) \cdot 10^{-6}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2)$$

kde

V_{CO} je celková objemová emise oxidu uhelnatého emitovaného všemi vozidly při jízdě a volnoběhu [m³/h],

C_p nejvyšší přípustná výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého v hromadné garáži [ppm, cm³/m³], $C_p = 50 \text{ ppm}$,

C_e výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého ve venkovním (přiváděném) vzduchu [ppm, cm³/m³], menší města $C_e = 5 \text{ ppm}$, velkoměsta $C_e = 10 \text{ ppm}$.

Garáže s obsluhou

$$V = \frac{V_{CO}}{(C_{PEL} - C_e) \cdot 10^{-6}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3)$$

kde

V_{CO} je celková objemová emise oxidu uhelnatého emitovaného všemi vozidly při jízdě a volnoběhu [m³/h],

C_{PEL} přípustný expoziční limit oxidu uhelnatého podle právního předpisu (Nařízení vlády č. 93/2012 Sb.) [ppm, cm³/m³],

$C_{PEL} = 26 \text{ ppm}$,

C_e výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého ve venkovním (přiváděném) vzduchu [ppm, cm³/m³], menší města $C_e = 5 \text{ ppm}$, velkoměsta $C_e = 10 \text{ ppm}$.

Samoobslužné garáže se špičkovou výměnou vozidel

Garáže, které by byly určeny pouze pro nárazové (špičkové) parkování vozidel se navrhuje zřídka. Jde o garáže u společenských, kulturních a sportovních objektů. Obvykle tyto garáže slouží během dne pro průběžné parkování vozidel. Pro špičkový provoz, kdy dochází k současnému výjezdu většího počtu vozidel, se průtok vzduchu stanoví pro maximální předpokládaný současný provoz vozidel. Průtok vzduchu vychází extrémně vysoký, proto se počítá s tím, že vyjždí pouze část vozidel, jejichž počet n určuje projektant dopravního řešení z celkového počtu stání v úseku P .

Průtok vzduchu pro jedno stání (měrný průtok) V_m [m³/h.stání] se stanoví podle následujícího vztahu

$$V_m = \frac{V_{60j,voz.špi.} \cdot n}{(C_p - C_e) \cdot 10^{-6} \cdot P} \quad [\text{m}^3/\text{h.stání}] \quad (4)$$

kde

$V_{COj,voz.špi.}$ je emise oxidu uhelnatého jednoho vozidla při jízdě (m³/h-voz.) v úseku, stanovená jako vážený průměr emisí při jízdě po rovině, klesání, stoupání – podle níže uvedeného vztahu (5),

C_p nejvyšší přípustná výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého v hromadné garáži [ppm, cm^3/m^3], $C_p = 50$ ppm,
 C_e výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého ve venkovním (přiváděném) vzduchu [ppm, cm^3/m^3], menší města $C_e = 5$ ppm, velkoměsta $C_e = 10$ ppm.

$$V_{CO\ j\ voz.\ špi.} = \frac{s_{rov.} \cdot V_{CO\ j\ rov.\ voz.} + s_{kl.} \cdot V_{CO\ j\ rov.\ voz.} + s_{st.} \cdot V_{CO\ j\ st.\ voz.}}{s_{rov.} + s_{kl.} + s_{st.}} \cdot 3600$$

[$\text{m}^3/\text{h.voz.}$] (5)

kde je

$s_{rov.}$ délka trasy v úseku po rovině [m],

$s_{kl.}$ délka trasy v úseku klesání [m],

$s_{st.}$ délka trasy v úseku stoupání [m],

$V_{CO\ j\ rov.\ voz.}$, $V_{CO\ j\ st.\ voz.}$ [$\text{m}^3/\text{s.voz.}$] emise oxidu uhelnatého vozidel skupiny 1 (osobní a lehká užitková vozidla – dodávky).

Celkový průtok vzduchu v úseku garáže se špičkovou výměnou vozidel je

$$V = V_m \cdot P \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (6)$$

Počet vozidel n , která budou v úseku současně v provozu, zadává projektant dopravního řešení prostřednictvím poměrné veličiny n/P . Například, když je zadána hodnota poměrné veličiny $n/P = 1/7$, bude v úseku současně v provozu každé 7. vozidlo, tzn. pro $n = 1$ je $P = 7$.

Důležitou informací pro všechny systémy nuceného větrání hromadných garáží je to, že intenzita větrání nesmí poklesnout pod hodnotu $0,5\ \text{h}^{-1}$. Pokud by výpočtem vyšla intenzita větrání podle vztahu (1) nižší, navrhne se větrací zařízení tak, aby byla dodržena tato minimální hodnota.

Výpočetní program. Protože výpočet průtoku vzduchu v hromadných garážích není zcela triviální, je účelné si pro usnadnění práce sestavit výpočetní program. Jedním z hmatatelných výstupů řešitelského týmu, který analyzoval větrání garáží podle nových předpisů (viz Úvod) je návrh *software na platformě Excel*. Koncepce programu je založena na třech základních listech: List ZADÁNÍ, List VÝPOČET, List TISK. Práce s programem je komfortní a intuitivní. Vstupní hodnoty se zadávají do zeleně označených buněk, výsledky průtoků vzduchu jsou zaokrouhleny na celá čísla, výstupní tabulka určená k tisku je přehledná a srozumitelná. Autoři tento výpočetní program uvolnili pro volné použití a je dostupný na webové stránce Společnosti pro techniku prostředí – Odborné sekce 01 – Klimatizace a větrání (link: <http://www.stpcr.cz/?page=cz,os1>).

Konec 1. části. Pokračování článku bude v dalších číslech časopisu.

Použité zdroje:

- [1] Sborník přednášek *Větrání garáží podle nových předpisů*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2013. Dostupné z: <http://www.stpcr.cz>
- [2] Výpočetní program *Výpočet provozního větrání garáží dle ČSN 73 6058*. Dostupné z: <http://www.stpcr.cz/?page=cz,os1>

Poznámka: Kvůli rozsáhlosti článku a jeho členění do tří částí jsou použité zdroje uváděny přímo v textu příspěvku.



BETA 9/8

průmyslové větrání s rekuperací tepla
s účinností **75 %** SFP 4



- větrací a vytápěcí jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do $8000\ \text{m}^3\ \text{h}^{-1}$
- volná oběžná kola s EC motory umožňujícími dvoustupňovou regulaci vzduchového výkonu
- automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti ETHERNET a k PC
- protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností 75 %
- distribuce čerstvého vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústkou

