

Větrání plynových kotelen

Ventilation of gas-fired boiler houses

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

Výklad změn technických pravidel pro přívod spalovacího vzduchu a větrání plynových kotelen. Příspěvek pojednává o současných pravidlech a požadavcích pro návrh minimální trvalé intenzity větrání plynových kotelen ve vazbě na ostatní předpisy při dostatečném provětrání celého prostoru kotelny a udržení přijatelné teploty vnitřního vzduchu v kotelně při minimálních energetických nárocích.

Klíčová slova: větrání kotelny, spalovací vzduch, detekce plynů

Recenzent
 Ing. Zdeněk Lerl

Explanation of technical rules changes for combustion air supply and ventilation of gas-fired boiler houses. The contribution deals with current rules and requirements for the design of minimum continuous intensity of gas-fired boiler houses ventilation in connection with other regulations under sufficient airing of the whole space of the boiler house and maintaining the acceptable temperature of inside air in the boiler house under minimum energy requirements.

Key words : boiler house ventilation, combustion air, gas detection

1. ÚVOD

Plynové kotelny budované v poslední době jsou vybavovány technologickým zařízením s relativně vysokou úrovní automatického řízení. Složení paliva doznalo změny – v podstatné míře se používá zemní plyn, v menší míře zkapalněné uhlovodíkové plyny. Svítíplyn v ČR se již nepoužívá. Nové okolnosti současně zvyšují bezpečnostní i hygienické nároky na prostředí v kotelnách.

Větrání kotelen je spojeno s třemi základními požadavky

a) Základním funkčním požadavkem na větrání kotelen je *přívod potřebného množství spalovacího vzduchu* do hořáků kotlů.

b) I když toxicita topných plynů zrušením svítíplynu byla odstraněna, zemní plyn i zkapalněné uhlovodíkové plyny jsou výrazně nebezpečné výbuchem. Únik topných plynů za normálního provozního stavu v plynových kotelnách může být pouze nahodilý, trvalý únik představuje poruchu technického zařízení. Větrací systém kotelny proto musí být navržen i s ohledem na tuto skutečnost – tj. musí zajistit odvod případně nahodile uvolněného topného plynu, jeho zvýšený výskyt signalizovat a při vyšších koncentracích blokovat provoz kotelny (uzavřít přívod topného plynu do kotelny). Je tedy zásadně nutné *trvale větrat kotelny minimálně požadovanou intenzitou větrání* pro odvod nahodile se vyskytujících škodlivin a instalovat v kotelnách *bezpečnostní systém*.

c) Moderní plynové kotelny se vyznačují minimálními tepelnými zisky od technologie (kotlů, potrubí, armatur). Pokud spalovací vzduch se přivádí do hořáků kotlů z venkovního prostředí přes prostor kotelny vzniká riziko, že při nejnižších venkovních teplotách poklesne teplota vzduchu v kotelně pod přijatelnou mez. Touto mezí nemusí být vnitřní teplota požadovaná hygienickými předpisy pro trvalá pracovní místa, ale teplota zajišťující bezpečný provoz technologického zařízení kotelny. Větrací systém musí proto zajistit *minimální požadovanou teplotu vnitřního vzduchu* v kotelně.

Základním normativním předpisem v ČR, který vyjadřuje požadavky na větrání kotelen je ČSN 07 0703 Plynové kotelny. V této normě jsou kotelny rozděleny do tří kategorií podle jmenovitých tepelných výkonů kotlů:

a) kotelny III. kategorie – kotelny se jmenovitým tepelným výkonem alespoň jednoho kotle od 50 kW do součtu jmenovitých tepelných výkonů kotlů 0,5 MW;

- b) kotelny II. kategorie – kotelny se součtem jmenovitých výkonů kotlů nad 0,5 MW do 3,5 MW;
- c) kotelny I. kategorie – kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů nad 3,5 MW.

Tato norma (platná od 1. 10. 1986), kromě dalších změn, obsahuje od prosince 2000 změnu Z6, která do značné míry mění do té doby platné požadavky na dimenzování větrání kotelen. Změna (Z6) se týká dvou článků ČSN 07 0703: čl. 29 a čl. 91 (resp. v nich citovaných i jiných článků), ostatní části ČSN 07 0703 zůstávají v platnosti nezměněné.

Pro orientaci čtenářů **uvádíme úplnou citaci změny (Z6) ČSN 07 0703:**

☐ *Text článku 29 se ruší a nahrazuje následujícím textem:*

Větrání kotelny může být přirozené nebo nucené. Musí zaručit dostatečný přívod vzduchu na celkový instalovaný výkon hořáku a požadovanou výměnu vzduchu v prostoru kotelny za všech provozních stavů, kromě odstávky, kdy je uzavřen hlavní uzávěr kotelny.

Způsob větrání nesmí negativně ovlivnit funkci hořáků a odvodu spalin. Nucené větrání nesmí být k kotelnách s přirozeným odvodem spalin podtlakové.

Plynové kotelny musí být opatřeny dveřmi se zavíračem, kromě kotelen ve vyhrazených prostorech, skříňových kotelen a kotelen regulačních stanic.

Kotelny I. kategorie podle čl. 33 (ČSN 07 0703) musí mít havarijní větrání (desetinásobná intenzita větrání za hodinu) podle čl. 6 (ČSN 07 0703), s výjimkou kotelen umístěných v části stavebního objektu technologického charakteru, ve kterém není trvalý pobyt osob.

Při řešení větrání kotelen se používají technická pravidla.)*

Způsob větrání a umístění větracích otvorů musí respektovat vlastnosti použitého topného plynu.

☐ *V článku 91 se ruší text posledního odtrhu „– prostor kotelny musí mít minimálně 6 – násobnou výměnu vzduchu za hodinu podle čl. 29“ bez náhrady.*

Za textem předposledního odstavce článku 91 se čárka nahrazuje tečkou.

*) TPG 908 02 Větrání prostorů u spotřebičů na plynná paliva. Technická pravidla TPG jsou dostupná u GAS, s.r.o., Sokolská 4, 120 00 Praha 2.
Konec citace.

Jak se projeví citovaná změna (Z6) při návrhu větrání kotelen?

- ❑ Nový text článku 29 neobsahuje požadavek na 3 – násobnou intenzitu větrání. Pro dimenzování podle intenzity větrání se v čl. 29 uplatní odkaz na TPG 980 02, kde je předepsána v plynových kotelnách 0,5 násobná intenzita větrání (kromě kotelen s kotli vybavenými přerušovací tahu – zde je větrání předepsáno odlišným způsobem).
- ❑ V novém znění čl. 29 není obsažen požadavek, aby kotelny I. a II. kategorie bez výfukových ploch, nebo umístěné pod shromažďovacím prostorem měly šestinásobnou intenzitu větrání, tj. i na tyto kotelny se vztahuje předepsaná 0,5 násobná intenzita větrání (za podmínek definovaných v TPG 980 02).
- ❑ V čl. 29 zůstává v platnosti požadavek na havarijní větrání kotelen I. kategorie podle čl. 33, nově se tento požadavek nevztahuje na kotelny umístěné v části stavebního objektu technologického charakteru, ve kterém není trvalý pobyt osob. Havarijní větrání se řeší podle čl. 6 desetinásobnou intenzitou větrání.
- ❑ Změnou (Z6) se v čl. 91 ruší požadavek na šestinásobnou intenzitu větrání kotelen, v nichž je umístěno regulační a odběrní měřicí zařízení do vstupního přetlaku 0,3 MPa. Platí tedy i tady požadavek TPG 908 02 na 0,5 násobnou intenzitu větrání.
Podle své preambule platí ČSN 07 0703 pro kotelny s jmenovitým tepelným výkonem alespoň jednoho kotle 50 kW a větším, tj. pro definované kotelny III., II. a I. kategorie. To znamená, že podle ČSN 07 0703 je-li v kotelně instalováno i více kotlů s jednotlivým výkonem nižším než 50 kW, pak ČSN 07 0703 se na tuto kotelnu nevztahuje.
Odkazem na TPG 908 02, která platí pro kotelny s celkovým výkonem (všech) kotlů větším než 100 kW (bez ohledu na výkon jednotlivých kotlů) se větrání plynových kotelen o celkovém výkonu větším jak 100 kW řeší dle TPG 980 02 (bez ohledu na výkon jednotlivých kotlů).
Pro kotelny s celkovým výkonem kotlů od 50 kW do 100 kW doporučuje TPG 908 02 přiměřené použití těchto pravidel.

Technická pravidla TPG 908 02 (z technického hlediska) jsou metodickou pomůckou, jak prakticky navrhovat větrání kotelen. V následujícím textu, který je reakcí i na některé dotazy, jsou popsány zásady pro větrání plynových kotelen, které se v těchto pravidlech odrážejí.

Čtenáři, odborníci v dané oblasti, se mohou tázat, proč normativní změny týkající se větrání plynových kotelen nebyly řešeny v rámci jediného předpisu. V tomto směru by pravděpodobně mohl odpovědět Český normalizační institut, Praha.

2. TOXICITA, VÝBUŠNOST, DETEKCE PLYNŮ V KOTELNÁCH

Toxicita, výbušnost

V kotelnách při manipulaci s plynnými palivy a při jejich spalování vznikají plyné škodliviny, jejichž negativní účinky svojí toxicitou ohrožují lidské zdraví i mohou působit výbušně.

Hygienické požadavky na ochranu zdraví na pracovištích jsou dány limitními koncentracemi chemických látek v ovzduší, označovanými dle nařízení vlády [1] jako „přípustný expoziční limit“ PEL [mg/m³]. V [1] jsou hodnoty PEL udány celkem pro více jak 450 různých látek. PEL je definován jako celosměnově vá-

Pozn.: V (Z6) – viz *) – je nesprávně uveden název TPG 908 02, správně má být „Větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva s celkovým výkonem větším než 100 kW“.

žený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmi-hodinové pracovní době. Kromě hodnot PEL uvádí [1] i hodnoty „nejvyšších přípustných koncentrací“ NPK-P, kterým nesmí být zaměstnanec v žádném časovém úseku pracovní směny vystaven.

Limitní hodnoty z hlediska výbušnosti – dolní meze výbušnosti L_d (% obj.) uvádí [2] a ČSN 65 6480 až 84. Dolní mez výbušnosti lze definovat jako nejnižší koncentraci hořlavé látky ve vzduchu, při níž již dochází po iniciaci k samovolnému šíření plamene a k řetězovému spalování; pod touto mezí není směs hořlavé látky se vzduchem výbušná.

Charakteristiky hlavních plynů

Zemní plyn (Rusko, Baku): 93 % CH₄ (kromě C₂H₆, CO₂, N₂). Rizikový je metan CH₄, který je netoxický, ale značně nebezpečný výbuchem, $L_d = 5,0$ % obj., PEL se neudává.

Zkapalněné uhlovodíkové plyny jsou tvořeny hlavními složkami: propanem C₃H₈, $L_d = 1,9$ % obj., n – butanem C₄H₁₀, $L_d = 1,6$ % obj. Obecně se používají směsi zkapalněných uhlovodíkových plynů, jejichž složení uvádí ČSN 65 6480 až 84. Zkapalněné uhlovodíkové plyny v nižších koncentracích jsou neškodné (propan do 1 % obj., butan do 0,5 % obj.); při vyšších koncentracích vyvolávají bolesti hlavy, nevolnost a působí též narkoticky, PEL se neudává.

Svítiplyn (v ČR se již nepoužívá) obsahuje 10 až 12 % CO a 19 až 21 % CH₄ (kromě CO₂, C_nH_m, O₂, N₂), L_d se udává 5 až 6 % obj.

Jako produkt nedokonalého spalování uhlíkatých paliv vzniká oxid uhelnatý CO. Je to vysoce toxický plyn, nebezpečný výbuchem, $L_d = 12,5$ % obj., PEL = 30 mg/m³. Oxid uhelnatý je obsažen ve spalinách i za podmínek normálního spalování; jeho výskyt v kotelně může být způsoben špatnou funkcí komína.

Obecně lze konstatovat, že hodnoty hygienicky přípustných expozičních limitů toxických látek jsou výrazně nižší, než jejich dolní meze výbušnosti; např. u CO je L_d přibližně 4 800 krát vyšší než hodnota PEL.

Z hlediska větrání je závažná hustota plynů a to v poměru ke vzduchu za téže teploty. V klidném prostředí dojde k výškovému rozvrstvení plynů – plyny těžší vzduchu se shromažďují u podlahy místnosti, plyny lehčí vzduchu se udržují pod stropem.

V dalším textu jsou uvedeny hustoty plynů ρ (kg/m³) za normálních podmínek (0 °C, 101,3 kPa). Dále je uvedena poměrná hustota plynu vzhledem ke vzduchu za téže teploty $\rho_{rel.} (-) = \rho_{plynu} / \rho_{vzduchu}$.

Vzduch (suchý)	$\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 1$
Butan (n)	$\rho = 2,71 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 2,10$
Propan C ₃ H ₈	$\rho = 2,01 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 1,56$
Oxid uhelnatý CO	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 0,97$
Zemní plyn	$\rho = 0,828$, resp. $0,866 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 0,64$ resp. $0,67$
Metan CH ₄	$\rho = 0,72 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 0,56$
Svítiplyn	$\rho = 0,608$, resp. $0,659 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{rel.} = 0,47$ resp. $0,51$.

Detekce plynů, bezpečnostní systém kotelen

Podstatnou změnou pravidel pro větrání kotelen v TPG 908 02 je změna minimální trvalé intenzity větrání z hodnoty 3 (1/h) na intenzitu 0,5 (1/h). To snižuje investiční i provozní náklady na větrání u nově budovaných kotelen s vysokou technickou úrovní. K zajištění bezpečnosti je však nutno využít všech prostředků, které má moderní technika k dispozici. Proto je nutno v plynových kotelnách (dle TPG 908 02 o výkonu nad 100 kW) instalovat bezpečnostní systém, jehož hlavní součástí je detekční signalizační systém s automatickým uzávěrem ply-

nu, který samočinně uzavře přívod plynu do kotelny při překročení indikovaných limitních parametrů.

Snížená minimální předepsaná intenzita větrání zvyšuje požadavky i na rovnoměrnost provětrání kotelny. Pro zabránění vzniku nebezpečných situací je podstatné, aby všechny prostory kotelny byly rovnoměrně provětrány, bez „mrtvých koutů“!

Do bezpečnostního systému se začleňuje i indikace překročení teploty vnitřního vzduchu.

Detekční systém má dvoustupňovou funkci: 1. stupeň – optická a zvuková signalizace do místa obsluhy, nebo dozoru; 2. stupeň – blokovací funkce (funkce automatického uzávěru, provoz kotelny může být obnoven až po osobním zásahu obsluhy nebo dozoru).

Limitní indikované parametry, funkce detekčního systému:

1. stupeň: *limitní indikované parametry*

- koncentrace výbušných plynů (propan, butan a jejich směsi, zemní plyn), limitní hodnota 10 % dolní meze výbušnosti L_d ;
 - teplota vnitřního vzduchu t_i , limitní hodnota 45 °C;
- funkce:* optická a zvuková signalizace do místa obsluhy, nebo dozoru.

2. stupeň: *limitní indikované parametry*

- koncentrace výbušných plynů (propan, butan a jejich směsi, zemní plyn);
 - limitní hodnota 20 % dolní meze výbušnosti L_d ;
- funkce:* blokování přívodu plynu do kotelny (funkce automatického uzávěru, provoz kotelny může být obnoven až po osobním zásahu obsluhy nebo dozoru).

Do bezpečnostního systému kotelny se doporučuje zařadit i signalizaci 1. stupně (optickou, zvukovou) při:

- zaplavení prostoru kotelny;
- dosažení hygienicky limitní koncentrace – přípustného expozičního limitu PEL oxidu uhelnatého (30 mg/m³) u kotlů bez automatické pojistky proti zpětnému toku spalin.

Mezi bezpečnostní opatření lze zahrnout i následující doporučení:

- V kotelnách, kde jsou instalovány kotle a ohříváče s průřezovými tahy se zásadně doporučují zařízení vybavená automatickými pojistkami proti zpětnému toku spalin.
- Do jedné kotelny se nedoporučuje instalovat současně spotřebiče s přetlakovými a atmosférickými hořáky.

Požadavky na umístění detekčního systému stanoví TD 938 01.

Zabezpečovací zařízení kotelen pod úrovní terénu, ve kterých se spaluje plyn těžší než vzduch, se řeší podle TD 800 02.

Kotelny jsou ve smyslu ČSN EN 60079-10 (ČSN 33 2320) prostory bez nebezpečí výbuchu, tj. prostory, v nichž se nebezpečná koncentrace neočekává v takovém množství, aby bylo třeba zvláštních opatření pro konstrukci, instalaci a použití zařízení.

Požární bezpečnost se řeší v souladu s ČSN 73 0802, ČSN 73 0804, ČSN 73 0872 a ČSN 06 1008. Kotelna tvoří vždy samostatný požární úsek. Jsou-li u nuceného větrání použity požární klapky, musí při jejich uzavření automaticky uzávěr přerušit přívod plynu do kotelny.

Připojování spotřebičů (kotlů) na zařízení pro odvod spalin a řešení kominů se řídí ustanoveními ČSN 73 4201, ČSN 73 4210, TPG 941 01 a TPG 800 01.

3. PŘÍVOD SPALOVACÍHO VZDUCHU

Průtok spalovacího vzduchu se určí výpočtem na základě znalosti chemického složení paliva (přesně), nebo přibližně z výhřevnosti spalovaného paliva. Výpočtové metody uvádějí objem spalovacího vzduchu (při normálních podmínkách (m_n^3), tj. při 0 °C a 101,3 kPa) ke spálení jednotkového množství plynného paliva (m_n^3). Teoretický objem spalovacího vzduchu V_{min} potřebný pro dokonalé spálení 1 m_n^3 plynu se stanoví podle přibližného empirického vztahu (2), pro plyny o výhřevnosti $H > 12,5 \text{ MJ/m}_n^3$

$$V_{min} = 0,260 H - 0,25 \quad (m_n^3/m_n^3) \quad (1)$$

Orientační hodnoty výhřevnosti plynných paliv H (MJ/ m_n^3) jsou uvedeny v tab. 1. Skutečný objem spalovacího vzduchu pro spálení paliva v konkrétním ohništi se stanoví na základě součinitele přebytku vzduchu λ (-) pro dané topeniště. Za obvyklých podmínek bývá přebytek vzduchu pro kotle na plynná paliva $\lambda = 1,1$ až 1,2.

Tab. 1 Orientační hodnoty výhřevnosti plynných paliv H

Druh plynu	Výhřevnost (MJ/ m_n^3)
Zemní plyn	31,9 až 37,5
Propan + vzduch (1: 4,5)	16,7
Propan C ₃ H ₈	92,9
Butan (n) C ₄ H ₁₀	123,7

Objem spalovacího vzduchu V_{skut} (m^3/m_n^3) pro skutečné podmínky (teplotu t (°C) a tlak p (kPa)), respektující součinitel přebytku vzduchu λ (-) je dán vztahem

$$V_{skut} = V_{min} \cdot \lambda \left[\frac{273 + t}{273} \cdot \frac{101,3}{p} \right] \quad (2)$$

Stav vzduchu (teplota t , tlak p) odpovídající průtoku V_{skut} (resp. V_s dle rov. (3)) je dán místem, ve kterém určujeme (měříme, kontrolujeme) průtok V_{skut} (V_s). U přirozeného větrání je to vstup venkovního vzduchu do příváděcího větracího otvoru, u nuceného větrání sací ústí ventilátoru.

Pro tlak vzduchu p ve venkovním prostoru se doporučuje počítat se středním barometrickým tlakem na území ČR p_b , což je $p = p_b = 98,1 \text{ kPa}$. V sacím ústí ventilátoru je výpočtový tlak vzduchu p roven statickému tlaku v sání ventilátoru (tj. barometrickému tlaku sníženému o součet tlakové ztráty sacího potrubí a dynamického tlaku vzduchu v sání ventilátoru).

Průtok spalovacího vzduchu V_s (m^3/s), který je třeba přivádět do kotelny pro spalování P (m_n^3/s) paliva se stanoví za vztahu

$$V_s = V_{skut} \cdot P \quad (3)$$

kde P (m_n^3/s) je spotřeba plynu v kotelně, podle následujícího vztahu

$$P = \frac{\sum Q_k}{\eta \cdot H} \quad (4)$$

kde $\sum Q_k$ (kW) je tepelný výkon kotlů;
 η (-) – účinnost kotlů.

V závislosti na spotřebě paliva P , resp. na výkonu kotlů $\sum Q_k$ se mění i průtok spalovacího vzduchu V_s . Pro dimenzování větracího zařízení je rozhodující, aby byl zajištěn maximální průtok V_s , což je u kotelen pro vytápění při $\sum Q_{k \max}$ (v zimním období při minimálních venkovních teplotách).

Při přirozeném přívodu vzduchu do kotelny se průtok spalovacího vzduchu samočinně reguluje podle potřeb spalovacího zařízení. Pro maximální průtok

V_s musí být dostatečně dimenzovány otvory, kterými se vzduch do kotelny přivádí, aby nebyl vytvořen v kotelně nepřiměřený podtlak. U nuceného přívodu vzduchu do kotelny, pokud není přiváděcí ventilátor vybaven regulací průtoku, je nutno vytvořit podmínky, aby vzduch, který se nepotřebuje ke spalování byl odveden do venkovního prostředí s minimálním přetlakem.

Doporučuje se stanovit průtok spalovacího vzduchu pro charakteristické provozní režimy kotelny v celoročním provozu. V zimním období jsou to teploty -12 (resp. $-15, -18$) $^{\circ}\text{C}$, -6 $^{\circ}\text{C}$, 0 $^{\circ}\text{C}$, 6 $^{\circ}\text{C}$, 12 $^{\circ}\text{C}$. V přechodném a letním období se přiřazují teplotám venkovního vzduchu i odpovídající měsíc, den a hodina (21. den v 15:00 h): 19 $^{\circ}\text{C}$ březen; $26,5$ $^{\circ}\text{C}$ květen; 30 $^{\circ}\text{C}$ červenec. Toto přiřazení umožňuje pro daný stav venkovního vzduchu provést i výpočet letních venkovních tepelných zisků Q_{ei} – viz rovnici (11) – (s použitím ČSN 73 0548). TPG 908 02 požaduje provádět kontrolu průtoku spalovacího vzduchu i pro další specifické provozní režimy.

Celoroční požadavky na přívod spalovacího vzduchu není obtížné vypočítat, pokud je pro kotelnu znám denní i roční harmonogram odběru tepla. Jestliže kotelná slouží pro vytápění a pro přípravu teplé užitkové vody, lze stanovit přibližný tepelný výkon v celoročním průběhu poměrně snadno:

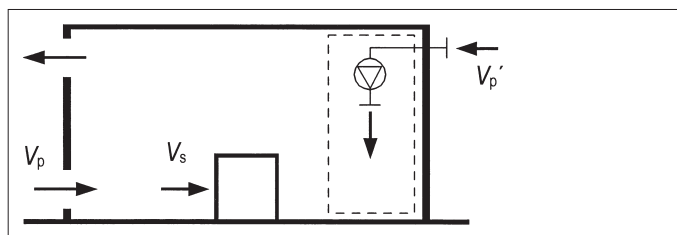
a) Tepelný výkon pro vytápění ΣQ_k (kW) se mění v závislosti na venkovní teplotě podle vztahu

$$\frac{\sum Q_k}{\sum Q_{k \max}} = \frac{t_i - t_e}{t_i - t_{e \min}} \quad (5)$$

kde t_i ($^{\circ}\text{C}$) je vnitřní teplota ve vytápěných místnostech;
 t_e ($^{\circ}\text{C}$) – teplota venkovního vzduchu, které odpovídá výkon ΣQ_k ;
 $t_{e \min}$ ($^{\circ}\text{C}$) – teplota venkovního vzduchu, při které byl stanoven výkon $\Sigma Q_{k \max}$;
 $\Sigma Q_{k \max}$ (kW) – maximální tepelný výkon pro vytápění při $t_{e \min}$.

b) Při přípravě teplé užitkové vody je tepelný výkon kotelny ΣQ_k (W) přibližně konstantní. V zimním období se tento výkon přičítá k výkonu pro vytápění, v létě se uplatní tento výkon samostatně.

V kotelnách s kotli v provedení B (dle TPG 800 00) spalovací vzduch prochází prostorem kotelny a podílí se na větrání kotelny. V prostoru, který je spalovacím vzduchem rovnoměrně provětráván, lze zahrnout průtok spalovacího vzduchu do předepsané intenzity větrání I (1/h). Pokud (zvláště při přirozeném větrání) dispoziční uspořádání větracích otvorů neumožňuje provětrání celého prostoru kotelny, je třeba řešit v této části prostoru doplňkový (nucený) přívod vzduchu (V_p'), který zajistí předepsanou intenzitu větrání (obr. 1).



Obr. 1 Doplňkové větrání kotelny
 V_p – průtok přiváděného vzduchu, V_s – průtok spalovacího vzduchu, V_p' – průtok vzduchu přiváděného doplňkovým větráním

4. POŽADOVANÁ MINIMÁLNÍ INTENZITA TRVALÉHO VĚTRÁNÍ

Jak bylo uvedeno, vývin škodlivin v kotelnách je nahodilý, neustálený. Pro výpočet průtoku větracího vzduchu nemá projektant k dispozici číselné údaje o pro-

dukci škodlivin. Vychází se proto při návrhu větrání z předepsaných nebo doporučených hodnot intenzity větrání I (1/h) definované vztahem

$$I = V_i / O \quad (6)$$

kde V_i (m^3/h) je minimální průtok venkovního vzduchu pro trvalé větrání kotelny;
 O (m^3) – objem vnitřního prostoru kotelny.

Objem kotelny se určí jako prostor ohraničený vnitřními plochami obvodových konstrukcí, podlahy a stropu. Do objemu se započítávají světlíky a střešní nástavby (spojené neuzavíratelně s kotelnou), mají-li přední podhledovou plochu větší než 2 m^2 a kanály a montážní šachty, u kterých je půdorysný průřez větší než $0,5$ m^2 . Vnitřní zařízení se od objemu kotelny neodčítá.

Minimální intenzita větrání I (1/h) v kotelnách

Jak bylo uvedeno, požadovaná intenzita větrání I (1/h) v kotelnách na plynná paliva je formulována v TPG 908 02. Cituji:

□ Ve všech kotelnách s kotli v provedení B i C musí být zajištěna za všech provozních podmínek (tj. i za provozních přestávek, kdy nejsou kotle odstaveny z provozu) minimální intenzita větrání $I = 0,5$ 1/h (půlnásobná intenzita výměny vzduchu za hodinu).

Pozn.: Odstavením kotle z provozu se rozumí přerušení provozu uzavřením přívodu plynu do kotle, včetně uzavření pomocných (zapalovacích, startovacích a pojistkových) hořáků.

□ V kotelnách se spotřebiči vybavenými přerušovači tahu a automatickými pojistkami proti zpětnému toku spalin se průtok vzduchu stanoví pro podmínky startu jednoho kotle do studené spalinové cesty podle následujícího pravidla: 1 m^3/h větracího vzduchu na 1 (kW), tj.

$$V_i = (1 \text{ m}^3/\text{h}) \cdot Q_k \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (7)$$

kde Q_k (kW) je jmenovitý výkon jednoho kotle (s největším výkonem) v kotelně.

□ V kotelnách s kotli a ohřívacími vybavenými přerušovači tahu bez spalinových pojistek se průtok V_i , stanovený podle výše uvedené rovnice, zvyšuje dvojnásobně.

Konec citace.

Z předepsané hodnoty I (1/h) a daného objemu kotelny O (m^3) se určí minimální trvalý průtok venkovního vzduchu

$$V_i = I \cdot O \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (8)$$

Intenzita větrání udaná v TPG 908 02 je hodnotou minimální, která ale musí zajistit rovnoměrné provětrání celého prostoru kotelny. Projektant musí zhodnotit možnosti distribuce vzduchu a případně průtok vzduchu upravit tak, aby požadavek rovnoměrného provětrání byl splněn.

5. TEPELNÉ PROSTŘEDÍ V KOTELNÁCH

Přijatelné tepelné prostředí v kotelnách je třeba udržovat ze dvou důvodů. Jednak jsou to hygienické požadavky na pracovní prostředí, jednak technologické požadavky na zabránění zamrznutí vody v topném systému.

Hygienické požadavky na mikroklima v [1] platí pro trvalá pracoviště, kde pracovní doba za směnu trvá déle než 4 hodiny.

V převážném počtu plynových kotelen s automatickým řízením je pobyt obsluhy v kotelně nižší než 4 hodiny, požadavky [1] se tedy na tato pracoviště nevztahují. Následující doporučení vychází z dosavadních zkušeností s dimen-

zováním větrání kotelen a z pravidel, uplatňovaných při větrání neklimatizovaných pracovišť.

Určující vnitřní teplotou v pracovním prostředí je obecně podle [1] operativní teplota, resp. výsledná teplota měřená kulovým teploměrem. Obě veličiny vyjadřují současný vliv teploty vzduchu a teploty okolních ploch jednou charakteristickou hodnotou. V projekční praxi, při výpočtech větrání, lze jen obtížně rozlišit teplotu vzduchu a výslednou teplotu. Přibližně platí, že výslednou teplotu t_g můžeme nahradit teplotou vzduchu t_i , pokud se teplota stěn příliš neliší od teploty vzduchu, tj. pokud nejsou v kotelně plochy o teplotě značně vyšší než 30 °C, dále pokud do kotelný neproniká přímé sluneční záření (v létě) a případně, pokud rozměrné zasklené plochy nevykazují v zimě nízkou povrchovou teplotu. Ve většině případů je v kotelnách teplota okolních ploch vyšší než teplota vzduchu. Použije-li se proto pro výpočet tepelného stavu prostředí v kotelnách teplota vzduchu, lze čekat, že výsledná teplota bude vždy vyšší o několik (2 až 3) °C.

V zimním období lze doporučit (při $t_{e \min}$ = oblastní teplota dle ČSN 06 0210) minimální výpočtovou teplotu vnitřního vzduchu $t_{i \min} = 7$ °C (lze předpokládat, že bude $t_g > t_i$). V letním období (při $t_{e \max} = 30$ °C) z dosavadních zkušeností vyplývá doporučení $t_{i \max} = t_{e \max} + 5$ °C. Za tohoto předpokladu bude $t_{i \max} = 35$ ° (opět $t_g > t_i$).

Úprava tepelného stavu v kotelnách se principiálně navrhuje pro dvě extrémní období:

- zimní období, pro výpočtové teploty venkovního vzduchu $t_{e \min \text{ vzd}} = t_{e \min} - 3$ °C ($t_{e \min}$ je oblastní teplota dle ČSN 06 0210);
- letní období ($t_{e \max \text{ vzd}} = 30$ °C, obdobně jako v ČSN 73 0548).

Kontrolu vnitřní teploty se doporučuje provádět v průběhu ročního období pro stavy venkovního vzduchu uvedené v odst. 3 Přívod spalovacího vzduchu.

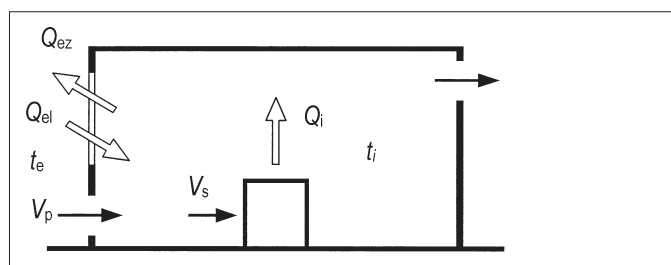
V zimním období u kotelen na plynná paliva jsou v současnosti vnitřní tepelné zisky od kotlů a rozvodů tepla relativně malé (v důsledku dobré tepelné izolace). To snižuje ztráty při výrobě tepla, ale neposkytuje dostatečný tepelný tok pro ohřátí venkovního větracího vzduchu a to i pro dosažení relativně nízké teploty (7 °C) požadované v kotelně. Pokud tepelný zisk od kotlů nepostačí na ohřátí venkovního vzduchu na požadovanou teplotu v kotelně, je nutno větrací vzduch ohřívat a to buď při nuceném větrání ohřevem přiváděného venkovního vzduchu, nebo u přirozeného větrání cirkulační vzduchotechnickou jednotkou, v obou případech s automatickou regulací teploty vnitřního vzduchu v kotelně a ochranou proti zamrznutí výměníku tepla.

V přechodném období teplota vnitřního vzduchu v kotelně vzrůstá a v extrémních letních podmínkách může dosáhnout až maximální přípustné hodnoty $t_{i \max} = 35$ °C. U kotelen provozovaných na plný výkon i v létě (např. pro technologii) a do kterých, díky stavebnímu provedení, pronikají značné venkovní tepelné zisky (zvláště prosklenými plochami) může být požadavek na dodržení uvedené vnitřní teploty rozhodující pro dimenzování větrání. Pro tento případ lze navrhnout samostatné doplňkové letní větrání (přirozené nebo nucené).

Tepelná zátěž kotelen

Tepelný tok, který v kotelnách odvádí větrací vzduch (tepelná zátěž) Q_z (W) je ovlivněn jednak vnitřními zdroji tepla Q_i (W), jednak tokem tepla z venkovního prostředí (v létě) Q_{el} (W), jednak tepelnými ztrátami v zimě Q_{ez} (W). Tok tepla z venkovního prostředí v létě (tepelné zisky) prakticky ovlivňuje mikroklima kotelný pouze v případech, kdy obvodové stěny kotelný jsou značně prostupné pro sluneční radiaci (prosklené plochy); v ostatních případech lze letní venkovní tepelné zisky zanedbat.

Schéma tepelné zátěže kotelný je na obr. 2.



Obr. 2 Schéma tepelné zátěže kotelný

Q_{ez} – tepelné ztráty kotelný, Q_{el} – venkovní tepelné zisky, Q_i – vnitřní tepelné zisky, V_p – průtok přiváděného vzduchu, V_s – průtok spalovacího vzduchu, t_e – teplota venkovního vzduchu, t_i – teplota vnitřního vzduchu

Zátěž Q_z se určí takto:

- v zimním období $Q_z = Q_i - Q_{ez}$ (9)
- v letním období $Q_z = Q_i + Q_{el}$ (10)

Orientačně lze stanovit vnitřní tepelnou zátěž od kotlů, potrubí, armatur ze vztahu

$$Q_i = 1,3 \text{ až } 2,0 \cdot (Z/100) \cdot \Sigma Q_k \quad (11)$$

kde součinitel Z (%) vyjadřuje podíl tepelného toku uvolňovaného z celkového výkonu kotlů do kotelný (u kotlů na plynná paliva $Z = 0,5$ až $0,6$ %); ΣQ_k (W) je tepelný výkon kotlů.

Zvýšení tepelných zisků vlivem přestupu tepla z povrchu potrubí a armatur se ve vztahu (11) respektuje součinitelem 1,3 až 2,0. U moderních kotlů a kotelen na plyn (vzhledem k velmi dobrým tepelným izolacím) lze předpokládat všechny součinitele na spodní hranici.

Tepelné ztráty kotelný Q_{ez} (v zimě) se počítají podle ČSN 06 0210. Při výpočtu venkovních tepelných zisků Q_{el} lze, při zjednodušeném výpočtu, uvažovat pouze zátěž prostupující sluneční radiací prosklenými plochami $Q_{el \text{ rad}}$. S ohledem na akumulaci tepla do vnitřních stěn kotelný je možno pro výpočet venkovní tepelné zátěže uvažovat s hodnotou $Q_{el} \approx (0,5 \text{ až } 0,6) Q_{el \text{ rad max}}$.

Při výpočtu letní tepelné zátěže lze využít údajů intenzit sluneční radiace z ČSN 73 0548.

Kontrola teploty vnitřního vzduchu t_i kotelný

Teplota t_i se kontroluje pro průtok přiváděného vzduchu do kotelný V_p (m³/s), který je dán větší hodnotou z průtoku spalovacího vzduchu V_s a průtoku pro zajištění požadované intenzity větrání V_i . Platí

$$Q_z = V_p \rho_e c (t_i - t_e), \text{ tj.} \quad (12)$$

$$t_i = t_e + \frac{Q_z}{V_p \cdot \rho_e \cdot c} \quad (13)$$

kde Q_z (W) je tepelná zátěž kotelný stanovená podle vztahů (9), (10);

$c = 1\,010$ J/kg K – měrná tepelná kapacita vzduchu;

ρ_e (kg/m³) – hustota venkovního vzduchu; t_e (°C) – teplota venkovního vzduchu.

Hustota vzduchu ρ_e (kg/m³) pro účely větrání (suchý vzduch o teplotě t_e a tlaku $p = 98,1$ kPa) se stanoví ze vztahu

$$\rho_e = \frac{341,7}{t_e + 273} \quad (14)$$

Výpočet t_i se doporučuje provést v průběhu ročního období, v charakteristických provozních stavech (daných tepelným výkonem kotelný).

Zimní období

Pro výpočet t_i v zimním období lze rozepsat vztah (12) s použitím (9) na

$$V_p \cdot \rho_e \cdot c (t_i - t_e) = Q_i - Q_{ez} \quad (15)$$

V rovnicích (9) a (15) se tepelná ztráta kotleny Q_{ez} určuje pro aktuální teplotu venkovního vzduchu t_e a aktuální teplotu vnitřního vzduchu v kotelně t_i . Pokud již byla stanovena tepelná ztráta kotleny $Q_{ez \max}$ pro extrémní venkovní podmínky ($t_{e \min}$ = oblastní teplota dle ČSN 06 0210) a zvolenou výpočtovou teplotu vzduchu v kotelně $t_{i \text{ výp}}$ (navrženou při výpočtu tepelných ztrát kotleny), lze stanovit tepelnou ztrátu kotleny Q_{ez} odpovídající aktuálním teplotám t_i , t_e při větrání průtokem venkovního vzduchu V_p ze vztahu

$$Q_{ez} = Q_{ez \max} \frac{t_i - t_e}{t_{i \text{ výp}} - t_{e \min}} \quad (16)$$

Po dosazení (16) do rovnice (15) obdržíme pro úpravě

$$t_i = t_e + \frac{Q_i}{V_p \cdot \rho_e \cdot c + \frac{Q_{ez \max}}{t_{i \text{ výp}} - t_{e \min}}} \quad (17)$$

Letní období

V letním období, při zjednodušeném výpočtu venkovních tepelných zisků, není tepelná zátěž ve vztahu (13) závislá na teplotě venkovního vzduchu (Q_z se v tomto případě stanoví jako součet vnitřních tepelných zisků Q_i a případné tepelné zátěže sluneční radiací prostupující prosklenými plochami $Q_{el} = Q_{el \text{ rad}}$, která není závislá na t_i). Teplota vnitřního vzduchu v kotelně se pak stanoví přímo z rovnice (13).

Pokud je teplota t_i stanovená výpočtem ze vztahu (17) a (13) po dobu provozu kotleny v rozmezí 7 až 35 °C, je stav vyhovující. Jinak se doporučuje provést následující opatření :

- Teplota t_i stanovená výpočtem ze vztahu (17) je v zimě menší než 7 °C: přiváděný vzduch o průtoku V_p je nutno ohřívat. Tepelný tok Q_{oh} (W) potřebný k ohřevu venkovního vzduchu o průtoku V_p (m³/s) v ohřívači větrací jednotky na požadovanou minimální teplotu vnitřního vzduchu $t_{i \min}$ (7 °C) je dán vztahem

$$Q_{oh} = V_p \cdot \rho_e \cdot c \cdot (t_{i \min} - t_i) \quad (18)$$

kde t_i (°C) je teplota vnitřního vzduchu stanovená výpočtem ze vztahu (17).

- Teplota t_i stanovená výpočtem ze vztahu (13) je v létě větší než 35 °C: aby nebyla překročena maximální teplota vnitřního vzduchu $t_{i \max} = 35$ °C (při $t_{e \max} = 30$ °C), je třeba zvýšit průtok přiváděného vzduchu V_p na hodnotu $V_{p \text{ let}}$ danou vztahem

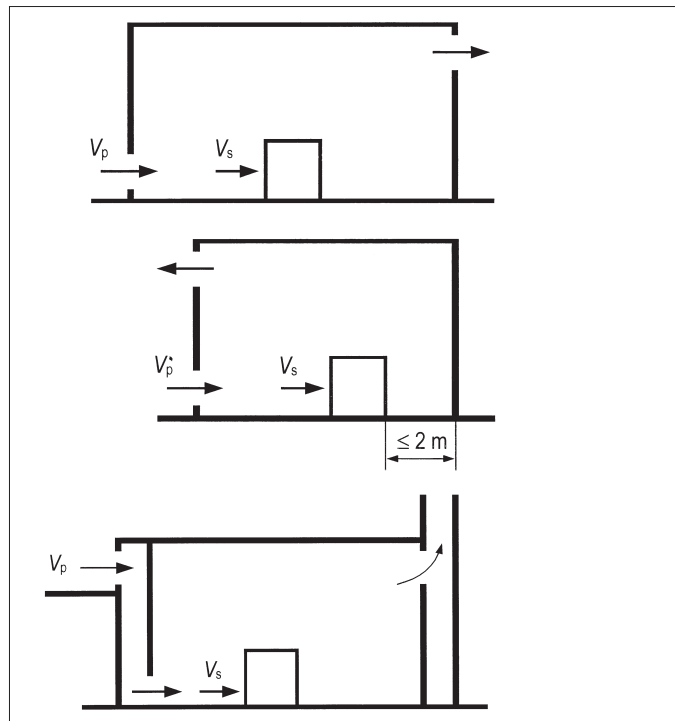
$$V_{p \text{ let}} = \frac{Q_z}{\rho_e \cdot c (t_{i \max} - t_{e \max})} = \frac{Q_z}{\rho_e \cdot c \cdot 5} \quad (19)$$

Pro tento účel v letním období lze zřídit doplňkové větrání nebo použít větrací zařízení s regulací průtoku vzduchu:

- V kotelně větrané přirozeným způsobem mohou být navrženy doplňkové (uzavíratelné) větrací otvory pro přívod a odvod vzduchu.
- V kotelně větrané nuceně lze instalovat doplňkový ventilátor pro přívod vzduchu o průtoku ($V_{p \text{ let}} - V_p$), případně i doplňkový ventilátor pro odvod vzduchu, při respektování zásad pro zřizování nuceného větrání (přetlakové větrání). Rovněž je možné použít větrací systém s regulací průtoku vzduchu.

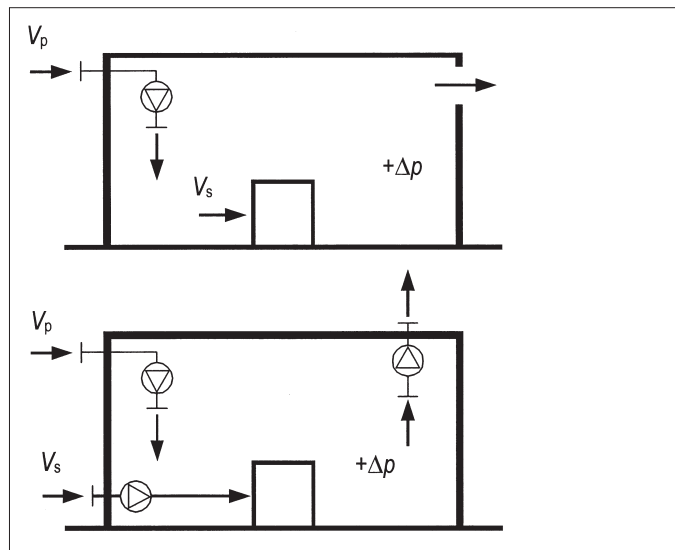
6. SYSTÉMY VĚTRÁNÍ PLYNOVÝCH KOTELEN

Větrání kotelen může být *přirozené* – obr. 3 a), b), c), *nucené* (přetlakové) – obr. 4. a), b), nebo *sdužené* (přetlakové), tj. kombinace přirozeného a nuceného větrání – obr. 5.



Obr. 3 Schéma přirozeného větrání

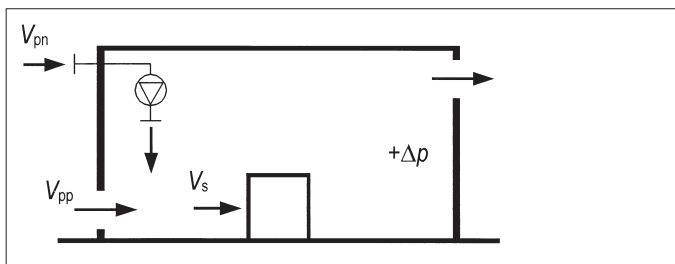
a) větrání otvory v protilehlých stěnách, b) větrání otvory v jedné stěně, c) větrání šachtami pro přívod a odvod vzduchu



Obr. 4 Schéma nuceného větrání

a) nasávání spalovacího vzduchu z kotleny (kotle v provedení B), b) nasávání spalovacího vzduchu z venkovního prostředí (kotle v provedení C), V_p – průtok přiváděného vzduchu, V_s – průtok spalovacího vzduchu, Δp – přetlak v kotelně

Do kotleny musí být za provozu zajištěn požadovaný průtok vzduchu V_s resp. V_i a vnitřní teplota t_i v kotelně se musí pohybovat celoročně v požadovaných mezích. Doporučuje se vždy upřednostnit přirozené větrání před větráním nuceným, resp. sduženým.

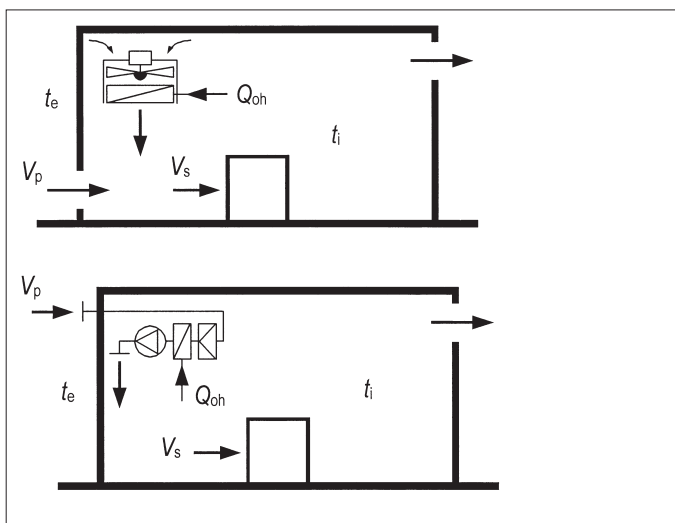


Obr. 5 Schéma sdruženého větrání

V_{pn} – průtok nuceně přiváděného vzduchu, V_{pp} – průtok přirozeně přiváděného vzduchu, V_s – průtok spalovacího vzduchu, Δp – přetlak v kotelně

Průtok V_s se mění v závislosti na výkonu kotelny. Průtok V_i je požadován trvale, pokud je kotelna v provozu. Dodržení požadované vnitřní teploty t_i v kotelně v zimě i v létě je nutno kontrolovat. Pro extrémní podmínky v zimě se navrhuje ohřev venkovního vzduchu (při respektování požadavku na maximální úspory energie); základní možnosti: obr. 6 a) ohřev oběhového vzduchu v kotelně, obr. 6 b) ohřev nuceně přiváděného vzduchu.

V letních extrémních podmínkách se v plynových kotelnách zřizují pro přirozené větrání doplňkové (uzavíratelné) otvory pro přívod a odvod vzduchu nebo u nuceného větrání doplňkové nucené větrání.



Obr. 6 Ohřev vzduchu v kotelně

a) ohřev oběhového vzduchu, b) ohřev nuceně přiváděného vzduchu; V_p – průtok přiváděného vzduchu, V_s – průtok spalovacího vzduchu, Q_{oh} – tepelný výkon ohříváče vzduchu, t_e – teplota venkovního vzduchu, t_i – teplota vnitřního vzduchu; Δp – přetlak v kotelně

Obecně platí: Pokud je kotelna větrána nuceně konstantním průtokem přiváděného vzduchu, pak je nutno zajistit vhodným zařízením (větracími otvory) odvod vzduchu (který není spotřebován pro spalování) do venkovního prostředí. Samozřejmě lze řešit proměnný průtok vzduchu regulací otáček ventilátoru (ventilátorů) při zachování potřebného přetlaku v kotelně.

Při návrhu i realizaci větracích zařízení pro plynové kotelny se doporučuje dodržet následující zásady:

Obecně

1. Prostor kotelny musí být provětráván rovnoměrně. Je třeba zabránit vzniku „mrtvých“ částí prostoru kotelny. Prostory, které nejsou provětrávány přiváděným spalovacím vzduchem třeba větrat doplňkovým větracím zařízením.

2. Otvory pro nasávání vzduchu z venkovního prostředí (u přirozeného i nuceného větrání) musí být umístěny tak, aby se do kotelny nenasávaly případné škodliviny (plyny, páry, prach z venkovní atmosféry). U kotelny provozovaných i v létě se má vzduch pokud možno nasávat z míst chráněných proti přímé sluneční radiaci.
3. Přívodní otvory, výústě v kotelně (u přirozeného i nuceného větrání) musí být umístěny tak, aby v zimním období přívodem chladného vzduchu nevyzniklo nebezpečí zamrznutí vodních systémů.
4. Výdechové otvory pro odvod vzduchu (přirozený, nebo nucený) do venkovního prostředí musí být umístěny tak, aby vydechovaným vzduchem nebyly znehodnoceny okolní obytné či pracovní objekty.
5. V kotelnách, za všech provozních stavů, by neměl podtlak (vyvolaný tahem spalinné cesty, tahem větrací šachty) překročit hodnotu 20 Pa, přičemž tah větrací šachty musí být vždy menší než tah spalinné cesty.
6. Kotelny velkých výkonů (nad 3,5 MW) se větrají převážně přirozeným způsobem – aerací (ČSN 73 5120), nebo sdruženým větráním.
7. Specifické požadavky na větrání kotelny pro spalování zkapalněných uhlovodíkových plynů (propan, butan a jejich směsi) jsou předmětem TD 800 02 „Umísťování a provoz spotřebičů spalujících zkapalněné uhlovodíkové plyny v prostorách pod úrovní terénu“.

Přirozené větrání

1. Otvory pro přirozené větrání (přívod i odvod) musí být neuzavíratelné. Otvory pro přívod vzduchu se umísťují u podlahy, resp. vyústění přívodních šachet musí být u podlahy. Otvory pro odvod vzduchu se umísťují pod stropem, nejlépe příčně ve stěně protilehlé otvorům přiváděcím. Pokud je příčný rozměr kotelny relativně malý (prostor mezi kotlí a stěnou ve které nejsou větrací otvory je malý – cca do 2 m) lze připustit umístění otvorů pro odvod vzduchu na stěně stejně, jako jsou otvory pro přívod vzduchu.
2. Filtrace venkovního vzduchu se neprovádí.
3. V kotelnách s kotlí provedení B se celková plocha otvorů k přívodu a odvodu vzduchu stanoví pro maximální průtok spalovacího vzduchu V_s . Minimální plocha otvorů u podlahy musí zajistit průtok V_i . Totéž platí pro plochu otvorů pod stropem (i pro průtočný průřez šachet pro přívod i odvod vzduchu).
4. Při přirozeném větrání kotelny s kotlí provedení B se uplatňují dva provozní režimy:
 - větrání během provozu kotlů;
 - větrání při provozních přestávkách.
5. Při provozu *větrání za chodu kotlů* se průtok spalovacího vzduchu nasává do hořáků. Za tohoto stavu se vzduch do kotelny přivádí převážně i otvory pod stropem, sloužícími pro odvod vzduchu v době, kdy hořáky kotlů nejsou v provozu. Při *provozních přestávkách* musí zajistit přirozené větrání minimální předepsanou intenzitu větrání I průtokem V_i . Funkci přirozeného větrání je třeba doložit výpočtem. Přirozené větrání kotelny s kotlí v provedení C není ovlivněno nasáváním spalovacího vzduchu do kotlů. Větrání musí zajistit trvale minimální předepsanou intenzitu větrání I průtokem vzduchu V_i . Otvory u podlahy a pod stropem slouží pouze pro větrání intenzitou I , průtokem V_i .
6. Větrací šachty pro přirozený přívod i odvod vzduchu musí být vedeny přímo s minimálními změnami směru (maximální úhel odbočení 45°). Krycí mřížky větracích otvorů a ústí šachet nesmí podstatně zúžit průtočný průřez; plocha volných otvorů musí být alespoň 90 % obrysových ploch průřezu nebo ústí šachty.
7. Pokud je nutno větrací vzduch v zimě ohřívát, provede se to teplovzdušnou jednotkou pro ohřev oběhového vzduchu, umístěnou v kotelně. S ohledem na ekonomii provozu je třeba ohřev vzduchu minimalizovat.

Nucené, sdružené větrání

1. Nucené i sdružené větrání se řeší jako přetlakové – průtok přiváděného vzduchu je za všech provozních stavů vyšší než průtok odváděného vzduchu.

- chu (tj. spalovacího vzduchu i vzduchu odváděného z kotleny větracím zařízením) o cca 5 až 15 %. Pokud by případným přetlakem byly znehodnocovány sousední místnosti, je možné volit přetlak minimální a zajistit potřebné samostatné větrání těchto místností.
2. Nucené větrání může být řešeno buď pouze s ventilátorem pro přívod vzduchu nebo i s ventilátorem pro odvod vzduchu. Systém musí být vždy vybaven automatickým ovládním a automatickou regulací k zabezpečení přetlakového větrání za všech provozních stavů.
 3. Větrací zařízení, které je sestaveno z více ventilátorů pro přívod i odvod musí mít chod jednotlivých ventilátorů vázán na provoz příslušných kotlů. Při výpadku přívodního, nebo odváděcího ventilátoru musí být přerušen provoz příslušného kotle. Při odstavení všech kotlů, v důsledku poruchy ventilátorů, se uzavře automatickým uzávěrem přívod plynu do kotleny.
 4. Výustě pro nucený přívod vzduchu musí být umístěny tak, aby bylo zajištěno rovnoměrné provětrání celého prostoru kotleny u podlahy primárním vzduchem rychlostí 0,3 až 0,5 m/s. Proud primárního vzduchu z výustí nesmí však zasahovat do prostoru nasávání spalovacího vzduchu do hořáků kotlů.
 5. Zařízení pro nucený přívod s ohřívacem vzduchu musí být vždy opatřeno prachovým filtrem venkovního vzduchu. Filtr není nutný, pokud v systému není zařazen ohříváč vzduchu.
 6. Ohřev vzduchu musí vycházet z tepelné bilance a má být vždy minimalizován. Je-li přiváděn vzduch ve větrací jednotce ohříván (obr. 6), musí být větrací jednotka vybavena automatickou regulací teploty přiváděného vzduchu, včetně automatické ochrany před zamrznutím ohříváče vzduchu.
 7. V kotelnách vybavených kotli s atmosférickými hořáky a přerušovačem tahu je podtlak v kotelně ovlivněn přísávaním vzduchu v přerušovači tahu. Průtok takto přísávaného vzduchu závisí na výšce komína, jeho průřezu a teplotě spalin. Aby nedocházelo k nadměrnému podtlaku, je třeba provést vhodná opatření v odtahu spalin.
 8. Dvě základní varianty nuceného větrání jsou znázorněny na obr. 4:
 - var. a) : zařízení pouze s větrací jednotkou pro přívod vzduchu, odvod vzduchu je řešen přetlakem odváděcím otvorem nebo šachtou do venkovního ovzduší – obr. 4 a),
 - var. b) : zařízení s větrací jednotkou pro přívod vzduchu a s ventilátorem pro odvod vzduchu – obr. 4 b) .
 Řešení podle var. b) lze snadno realizovat v kotelnách s kotli v provedení C. V kotelnách s kotli v provedení B lze větrání podle var. b) poměrně jednoduše provést, pokud v kotelně jsou provozovány kotle s konstantním tepelným výkonem. Při proměnném tepelném výkonu kotlů v provedení B je tento systém náročný na automatickou regulaci průtoku vzduchu a jeho použití je z těchto důvodů značně omezené.
 9. Pro přívod i odvod vzduchu lze použít větrací zařízení s regulací průtoku vzduchu (např. ventilátory s regulací otáček, zařízení dělené do několika menších jednotek s možností jejich postupného vypínání) .
 10. Přetlak v kotelně musí být zajištěn v souladu s funkcí komína (ČSN 73 4210, ČSN 73 4201).

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. ze dne 18. 4. 2001, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [2] Recknagel – Sprenger – Schramek : Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Oldenbourg Verlag, München 1999
- [3] Topenářská příručka. GAS, s. r. o., Praha 2001
- [4] DRKAL, F., NOVÝ, R. Větrání a snižování hluku kotlen. ČSVTS, Praha 1989

Vyhláška ČÚBP č. 48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, ve znění vyhlášky č. 324/1990 Sb. a č. 207/1991 Vyhláška ČÚBP č. 91/1993 Sb., k zajištění bezpečnosti práce v nízkotlakých kotelnách

ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
 ČSN 06 1008 Požární bezpečnost tepelných zařízení

- ČSN 07 0703 Plynové kotleny (vč. změn a, b, 3, 4, 5, 6, A1)
 ČSN 65 6480 Zkapalněné uhlovodíkové plyny
 ČSN 65 6481 Propan
 ČSN 65 6482 Zkapalněné uhlovodíkové plyny. Propan – butan
 ČSN 65 6483 Zkapalněné uhlovodíkové plyny. Butan
 ČSN 65 6484 Zkapalněné uhlovodíkové plyny. Topná směs
 ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
 ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty
 ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty
 ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
 ČSN 73 4201 Navrhování komínů a kouřovodů
 ČSN 73 4210 Provádění komínů a kouřovodů a připojování spotřebičů paliv
 ČSN 73 5120 Objekty kotelen o výkonu 3,5 MW a větším
 TPG 800 00 Systém rozdělení spotřebičů na plynná paliva
 TPG 800 01 Vyústění odtahů spalin od spotřebičů na plynná paliva na venkovní zdi (fasádě)
 TD 800 02 Umísťování a provoz spotřebičů spalujících zkapalněné uhlovodíkové plyny v prostorách pod úrovní terénu
 TPG 908 02 Větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva s celkovým výkonem větším než 100 kW
 TD 938 01 Detekční systémy pro zajištění provozu před nebezpečím úniku hořlavých plynů
 TPG 941 01 Přetlakové komíny a kouřovody pro připojení plynových spotřebičů. ■

* Pilotní projekt klimatizace výrobních dílen podlahovým a samotížným chlazením

Konstantními teplotami při výrobě a provozu multifunkčních obráběcích strojů lze dosáhnout významné přesnosti a zvýšit produktivitu práce. U firmy *Deckel Maho* byly za tím účelem poprvé kombinovány přednosti temperování betonových jader se samotížným chlazením. Využitím geotermální energie vystačí inovační chladicí systém oproti konvenčnímu zařízení s primární energií asi o 75 % menší. K zajištění potřebné komplexní regulační strategie a možnosti dokumentace plynulého průběhu teploty jsou na automatiku budovy napojeny všechny prvky související s vytápěním a klimatizací, jako protislušneční ochrana, osvětlení a větrací světlíky na střeše.

Přesnost obráběcích strojů je úzce spjata se stálostí okolní teploty. To platí jak pro jejich výrobu, tak i jejich pozdější použití. Při přesném dodržování okolní teploty v rozmezí ±1 K, lze u těchto strojů dosáhnout přesnosti tisícín milimetru.

Tyto skutečnosti byly důvodem, proč firma *Deckel Maho* požadovala postavit novou halu o ploše cca 3600 m² pro výrobu a montáž velkých výrobních center někdy až o hmotnosti přes 40 tun tak, aby každé z 21 montážních míst od položení páteře stroje, až po jeho expedici, bylo udržováno na individuální přesně definované teplotě.

Řešení tohoto problému spočívá na tepelně aktivované základové desce, gravitačním chlazením a na primárním větrání k udržování hygienicky nutné kvality vzduchu. K chlazení bylo s výhodou využito geotermálního potenciálu spodní vody, která se nachází jen 2,5 m pod povrchem.

Dalším problémem byla minimalizace větracího vzduchu, resp. jeho rychlosti k potlačení statického nabíjení strojů, resp. jejich řízení.

Problém dynamického kolísání zátěží, v závislosti na stadiu montáže, byl vyřešen instalací 62 chladicích jednotek v cca 6 m vysokých „spádových šachtách“ přichycených ke stěně a tím dosaženo distribuce vzduchu na způsob zaplavovacího větrání s jeho velmi malými rychlostmi v prostoru montáže, jakož i homogenního rozložení teploty až do výšky cca 4 m.