

STN	Vodorúrkové kotly a pomocné zariadenia Časť 15: Preberacie skúšky	STN EN 12952-15 07 7604
------------	--	---

Water-tube boilers and auxiliary installations – Part 15: Acceptance tests

Chaudières à tubes d'eau et à tubes de fumée – Partie 15: Essais de réception

Wasserrohrkessel und Anlagekomponenten – Teil 15: Abnahmeversuche

Táto norma je slovenskou verziou EN 12952-15: 2003. Európska norma EN 12952-15: 2003 má postavenie slovenskej technickej normy.

This standard is the Slovak version of EN 12952-15: 2003. The European Standard EN 12952-15: 2003 has the status of a Slovak Standard.

© Slovenský ústav technickej normalizácie, 2004

Podľa zákona č. 264/1999 Z. z. v znení neskorších predpisov sa môžu slovenské technické normy rozmnožovať a rozširovať iba so súhlasom Slovenského ústavu technickej normalizácie.

®

STN

© Slovenský ústav technickej normalizácie

Národný predhovor

Citované normy

EN 837-1-1 zavedená v STN EN 837-1: 1999 Meradlá tlaku. Tlakomery s pružnou rúrkou. Rozmery, metrológia, požiadavky a skúšanie (25 7012)

EN 12952-1: 2001 zavedená v STN EN 12952-1: 2003 Vodorúrkové kotly a pomocné zariadenia. Časť 1: Všeobecné požiadavky (07 7604)

EN 26801 zavedená v STN EN 26801: 1998 Gumové a plastové hadice. Stanovenie objemovej rozťažnosti (ISO 6801: 1983) (63 5218)

EN 60584-1 zavedená v STN EN 60584-1: 2001 Termoelektrické články. Časť 1: Referenčné tabuľky (25 8331)

EN 60584-2 zavedená v STN EN 60584-2: 2001 Termoelektrické články. Časť 2: Tolerancie (25 8331)

EN 60751 zavedená v STN EN 60751: 2002 + A2: 2002 Priemyselné platínové odporové snímače teploty (IEC 60751: 1983 + A1: 1986) (25 8304)

EN ISO 3170 zavedená v STN EN ISO 3170: 1999 Ropa a kvapalné ropné produkty. Ručný odber vzoriek (ISO 3170: 1988 vrátane zmeny 1: 1998) (65 6005)

EN ISO 3993 zavedená v STN EN ISO 3993: 1999 Skvapalnené ropné plyny a ľahké uhľovodíky. Stanovenie hustoty a relatívnej hustoty. Metóda tlakovým hustomerom (ISO 3993: 1984) (65 6018)

EN ISO 5167-1 zavedená v STN EN ISO 5167-1: 2001 Meranie prietoku tekutín pomocou snímačov diferenčných tlakov. Časť 1: Clony, dýzy, Venturiho trubice vložené do úplne vyplneného potrubia kruhového prierezu (ISO 5167-1: 1991) (25 7710)

ISO 157 zavedená v STN ISO 157: 2002 Uhlie. Stanovenie foriem síry (44 1394)

ISO 334 dosiaľ nezavedená

ISO 589 dosiaľ nezavedená

ISO 609 dosiaľ nezavedená

ISO 625 dosiaľ nezavedená

ISO 1217 dosiaľ nezavedená

ISO 1928 zavedená v STN ISO 1928: 2003 Tuhé palivá. Stanovenie spaľovacieho tepla kalorimetrickou metódou a výpočet výhrevnosti (44 1352)

ISO 1988 dosiaľ nezavedená

ISO 5389 dosiaľ nezavedená

Vypracovanie normy:

Spracovateľ: Jozef Pribula – ELOPRA, Kapušany, IČO 002437, Ing. Peter Pribula

Technická komisia: TK 68 Kotly a tlakové nádoby

ICS 27.040

Vodorúrkové kotly a pomocné zariadenia
Časť 15: Preberacie skúšky

Water-tube boilers and auxiliary installations
 Part 15: Acceptance tests

Chaudières à tubes d'eau et à tubes de fumée –
 Partie 15: Essais de réception

Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten –
 Teil 15: Abnahmeversuche

Túto európsku normu schválil CEN 12. júna 2003.

Členovia CEN sú povinní plniť vnútorné predpisy CEN/CENELEC, v ktorých sú stanovené podmienky, za ktorých sa tejto európskej norme bez akýchkoľvek zmien udeľuje postavenie národnej normy. Aktualizované zoznamy a bibliografické odkazy týkajúce sa takýchto národných noriem možno na požiadanie dostať od Riadiaceho strediska CEN alebo od každého člena CEN.

Táto európska norma existuje v troch oficiálnych verziách (anglickej, francúzskej, nemeckej). Verzia v akomkoľvek inom jazyku, ktorú na vlastnú zodpovednosť vydal člen CEN v preklade do svojho vlastného jazyka a ktorá bola oznámená Riadiacemu stredisku CEN, má rovnaké postavenie, ako majú oficiálne verzie.

Členmi CEN sú národné normalizačné organizácie Belgicka, Česka, Dánska, Fínska, Francúzska, Grécka, Holandska, Islandu, Írska, Luxemburska, Maďarska, Malty, Nemecka, Nórska, Portugalska, Rakúska, Slovenska, Spojeného kráľovstva, Španielska, Švajčiarska, Švédska a Talianska.

CEN

Európsky výbor pre normalizáciu
 European Committee for Standardization
 Comité Européen de Normalisation
 Europäisches Komitee für Normung

Riadiace stredisko: rue de Stassart 36, B-1050 Brusel

Obsah

	strana
Predhovor	6
1 Predmet a rozsah použitia	7
1.1 Oblasť použitia	7
1.2 Predmet normy	7
1.3 Všeobecné informácie	7
2 Normatívne odkazy	8
3 Termíny a definície	9
4 Značky, skratky a koeficienty	9
4.1 Značky a skratky	9
4.2 Koeficienty	13
5 Zaručené parametre	13
5.1 Základ stanovenia zaručených parametrov	13
5.2 Parametre podliehajúce záruke	14
5.3 Dodatočné merania	14
5.4 Dodávky komponentov parného kotla (generátora) viacerými výrobcami	14
6 Základné podmienky skúšky	14
6.1 Metódy stanovenia účinnosti	14
6.2 Všeobecné podmienky	15
6.3 Predbežná skúšobná prevádzka	15
6.4 Stav parného kotla (generátora)	15
6.5 Ustálené podmienky	15
6.6 Výkon skúšky	15
6.7 Ďalšie informácie	19
7 Prístroje a metódy merania	19
7.1 Všeobecne	19
7.2 Meranie tlaku	19
7.3 Meranie teploty	19
7.4 Hmotnosť a hmotnostný prietok	20
7.5 Výhrevnosti	21
7.6 Chemické zloženie	21
7.7 Elektrický výkon	22
8 Tepelná rovnováha a tepelná účinnosť	22
8.1 Tepelná rovnováha a hranica skupiny	22
8.2 Referenčná teplota	28
8.3 Tepelný príkon, tepelný výkon a straty	28
8.4 Tepelná účinnosť	50
9 Úpravy na zaručené podmienky	56
9.1 Všeobecne	56

9.2	Úprava vplyvom odchýlok vstupných parametrov na vodnej/parnej strane	57
9.3	Úprava účinnosti metódou vstup-výstup na zaručené podmienky.....	58
9.4	Úprava účinnosti metódou tepelných strát na zaručené podmienky cez tepelnú rovnováhu.....	58
9.5	Úprava účinnosti metódou tepelných strát na zaručené podmienky pri zmene teploty spalín	61
9.6	Účinnosť pri zaručených podmienkach	65
10	Priemer a neistota merania	66
10.1	Všeobecne	66
10.2	Priemer a úpravy	66
10.3	Základy výpočtu neistoty	66
10.4	Smerové hodnoty merania neistôt	68
10.5	Výpočet neistoty	78
Príloha A (normatívna) – Štatistický výpočet spalovania		80
A.1	Všeobecne	80
A.2	Tuhé palivá	80
A.3	Vykurovací olej	80
A.4	Zemný plyn	81
Literatúra.....		82

Predhovor

Tento dokument EN 12952-15: 2003 vypracovala technická komisia CEN/TC 269 Veľkopriestorové vodné a vodorúrkové kotly, ktorej sekretariát je v DIN.

Tejto európskej norme sa musí udeliť postavenie národnej normy buď vydaním identického textu, alebo jej schválením najneskoršie do marca 2004 a národné normy, ktoré sú s touto európskou normou v rozpore, musia sa zrušiť najneskoršie do marca 2004.

Tento dokument vypracoval CEN na základe mandátu, ktorý mu udelili Európska komisia a Európske združenie voľného obchodu. Táto európska norma sa považuje za podpornú normu k iným prevádzkovým a výrobným normám, ktoré podporujú základné bezpečnostné požiadavky smerníc nového prístupu a mala by sa v nich objaviť ako normatívny odkaz.

Európska norma EN 12952, ktorá sa týka vodorúrkových kotlov a pomocných zariadení, skladá sa z týchto častí:

- Časť 1: Všeobecne požiadavky
- Časť 2: Materiály na časti kotlov a príslušenstvo námahané tlakom
- Časť 3: Návrh a výpočet tlakových častí
- Časť 4: Prevádzkové výpočty pravdepodobného času životnosti kotla
- Časť 5: Vyhотовovanie a konštrukcia tlakových častí kotla
- Časť 6: Inšpekcia počas vyhotovenia, dokumentácia a označovanie tlakových častí kotla
- Časť 7: Požiadavky na vybavenie kotla
- Časť 8: Požiadavky na systémy pripojenia pre kvapalné a plynne palivá kotla
- Časť 9: Požiadavky na spaľovacie zariadenia kotlov na práškové palivá
- Časť 10: Požiadavky na bezpečnosť proti nadmernému tlaku
- Časť 11: Požiadavky na obmedzovacie zariadenia kotla a príslušenstvo
- Časť 12: Požiadavky na napájaciu vodu pre kotol a na kvalitu vody v kotle
- Časť 13: Požiadavky na zariadenia na čistenie od plynových spalín
- Časť 14: Požiadavky na spalínové systémy DENOX
- Časť 15: Preberacie skúšky
- Časť 16: Požiadavky na systémy na spaľovanie na rošte alebo vo fluidnom lôžku pre kotly na pevné palivá
- CR 12952-17: Smernice na zainteresovanie inšpekčného orgánu nezávislého od výrobcu.

I keď tieto časti môžu získať osobitné (samostatné) postavenie, treba si uvedomiť, že jednotlivé časti sú vzájomne závislé. Konštrukcia a výroba vodorúrkových kotlov si vyžaduje používanie viac ako jednej časti, aby sa mohli vyhovujúco splniť požiadavky tejto normy.

POZNÁMKA. – Časti 4 a 15 nie sú aplikovateľné počas navrhovania, konštrukcie a montáže.

Príloha A je normatívna.

Tento dokument obsahuje aj literatúru.

Podľa vnútorných predpisov CEN/CENELEC sú túto európsku normu povinné prevziať národné normalizačné organizácie týchto krajín: Belgicka, Česka, Dánska, Fínska, Francúzska, Grécka, Holandska, Islandu, Írska, Luxemburska, Maďarska, Malty, Nemecka, Nórska, Portugalska, Rakúska, Slovenska, Spojeného kráľovstva, Španielska, Švajčiarska, Švédska a Talianska.

1 Predmet a rozsah použitia

1.1 Oblasť použitia

Táto európska norma pokrýva priamo vykurované parné a horúcovodné kotly vrátane ich príslušenstva. Pre účely tejto normy parné a horúcovodné kotly sú nádoby a potrubné systémy, v ktorých sa:

- vyrába para pri tlaku vyššom ako atmosférický tlak na vonkajšie použitie;
- ohrieva voda na teplotu vyššiu, ako je teplota nasýtenia pri atmosférickom tlaku na vonkajšie použitie.

Parný kotol obvyčajne pozostáva z výparníka ohrievaného spalinami, prehrievača, prihrievača, ohrievača napájajúcej vody, ohrievača vzduchu, ohrievača paliva, ak existuje, a zariadenia na spaľovanie paliva.

Termín „priamo ohrievané“ sa vzťahuje na zariadenia, pomocou ktorých chemické teplo obsiahnuté v palive známeho zloženia je premenené na citelné teplo. Takéto zariadenie môže obsahovať spaľovanie na rošte, fluidné spaľovanie alebo horákové systémy.

Príslušenstvo zahŕňa podávače paliva, zariadenie na výrobu uhoľného prášku, ventilátor FD (tlakový ventilátor), ventilátor ID (spalinový ventilátor), zariadenia na odstraňovanie odpadu (zvyšky po horení), parný ohrievač vzduchu, hlavný ohrievač vzduchu, ohrievač paliva, ak je nejaký, odlučovač popolčeka.

Táto norma sa nevzťahuje na :

- jednotky ohrievané špeciálnym palivom (napríklad odpadom);
- tlakové parné kotly (generátory) (napríklad tlakové kotle s fluidným spaľovaním (PFBC));
- parné kotly (generátory) v kombinovaných cykloch.

Táto norma sa analogicky môže použiť na preberacie skúšky pre:

- nepriamo ohrievané jednotky (napríklad kotly na odpadové teplo);
- jednotky pracujúce použitím iných nosičov tepla (napríklad plyny, vykurovacie oleje, sodík).

Ak táto norma slúži ako základ preberacích skúšok systémov na prenos tepla, pred uzatvorením zmluvy by sa mala dosiahnuť dohoda s ohľadom na akékoľvek špeciálne vplyvy, ktoré môžu mať vplyv na meranie a vyhodnotenie výsledkov skúšok.

1.2 Predmet normy

Táto norma je určená ako základ na skúšanie tepelného výkonu (preberanie) priamo ohrievaných parných a horúcovodných kotlov. Tieto skúšky sú navrhnuté, aby sa dokázalo, že sa splnili záruky týkajúce sa účinnosti a výstupného výkonu alebo iných parametrov.

Táto norma obsahuje (okrem iných vecí):

- odporúčania na vykonávanie preberacích skúšok (pozri kapitolu 6);
- definíciu hranice skupiny bloku na výrobu pary a účinnosti (pozri kapitolu 8);
- podrobnosti o neistote merania (pozri kapitolu 10).

1.3 Všeobecné informácie

Táto norma poskytuje informácie k dohodám vzťahujúcim sa na druh a rozsah preberacích skúšok. Tieto dohody by sa mali uskutočniť pred skúšaním alebo pri objednávke parného alebo horúcovodného kotla (generátora).

Tieto dohody môžu obsahovať:

- rozsah dodávky, hranicu skupiny, referenčnú teplotu;
- metódu stanovenia tepelnej účinnosti, priama metóda (vstup-výstup) alebo nepriama metóda (tepelné straty);

- dodatočné merania;
- skúšobné podmienky, ako je stupeň čistoty, čas do dosiahnutia ustáleného stavu a trvanie skúšky;
- akékoľvek odchýlky skúšobných podmienok;
- odkaľovanie a odstraňovanie sadzí;
- iné funkčné použitie výstroja ako sa špecifikuje v kapitole 6;
- použitie tabuľky pary a tabuliek pre ďalšie termodynamické vlastnosti;
- akékoľvek špeciálne opravné metódy;
- umiestnenie a polohu meracích bodov.

2 Normatívne odkazy

V tejto európskej norme sa používajú ustanovenia z iných publikácií pomocou datovaných alebo nedatovaných odkazov. Tieto normatívne odkazy sa citujú na príslušných miestach v texte a publikácie sa uvádzajú ďalej. Pri datovaných odkazoch sa neskoršie zmeny alebo revízie ktorejkoľvek z týchto publikácií používajú v tejto európskej norme len vtedy, ak sú do nej zapracované jej zmenou alebo pri jej revízii. Pri nedatovaných odkazoch sa používa posledné vydanie citovanej publikácie (vrátane zmien).

EN 837-1-1 *Pressure gauges – Part 1: Bourdon tube pressure gauges – Dimensions, metrology, requirements and testing*. [Meradlá tlaku. Tlakomery s pružnou rúrkou. Rozmery, metrológia, požiadavky a skúšanie.]

EN 12952-1: 2001 *Water-tube boilers and auxiliary installations – Part 1: General*. [Vodorúrkové kotly a pomocné zariadenia. Časť 1: Všeobecne.]

EN 26801 *Rubber or plastics hoses – Determination of volumetric expansion (ISO 6801: 1983)*. [Gumové a plastové hadice. Stanovenie objemovej rozťažnosti (ISO 6801: 1983).]

EN 60584-1 *Thermocouples – Part 1: Reference tables (IEC 60584-1: 1995)*. [Termoelektrické články. Časť 1: Referenčné tabuľky. (IEC 60584-1: 1995).]

EN 60584-2 *Thermocouples – Part 2: Tolerances (IEC 60584-2: 1982 + A1: 1989)*. [Termoelektrické články. Časť 2: Tolerancie (IEC 60584-2: 1982 + A1: 1989).]

EN 60751 *Industrial platinum resistance thermometer sensors (IEC 60751: 1983 + A1: 1986)*. [Priemyselné platinové odporové snímače teploty (IEC 60751: 1983+A1: 1986).]

EN ISO 3170 *Petroleum liquids – Manual sampling (ISO 3170: 1988, including Amendment 1: 1998)*. [Ropa a kvapalné ropné produkty. Ručný odber vzoriek (ISO 3170: 1988, vrátane zmeny 1: 1998).]

EN ISO 3993 *Liquefied petroleum gas and light hydrocarbons – Determination of density or relative density – Pressure hydrometer method (ISO 3993: 1984)*. [Skvapalnené ropné plyny a ľahké uhľovodíky. Stanovenie hustoty a relatívnej hustoty. Metóda tlakovým hustomerom (ISO 3993: 1984).]

EN ISO 5167-1 *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices – Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full (ISO 5167-1: 1991)*. [Meranie prietoku tekutín pomocou snímačov diferenčných tlakov. Časť 1: Clony, dýzy, Venturiho trubice vložené do úplne vyplneného potrubia kruhového prierezu (ISO 5167-1: 1991).]

ISO 157 *Coal – Determination of forms of sulfur*. [Uhlie. Stanovenie foriem síry.]

ISO 334 *Solid mineral fuels – Determination of total sulfur – Eschka method*. [Tuhé palivá. Stanovenie celkovej síry. Eschkova metóda.]

ISO 589 *Hard coal – Determination of total moisture*. [Čierne uhlie. Stanovenie celkovej vlhkosti.]

ISO 609 *Solid mineral fuels – Determination of carbon and hydrogen – High temperature combustion method*. [Tuhé palivá. Stanovenie uhlíka a vodíka. Metóda vysokoteplotného spaľovania.]

ISO 625 *Solid mineral fuels – Determination of carbon and hydrogen – Liebig method*. [Tuhé palivá. Stanovenie uhlíka a vodíka. Liebigova metóda.]

ISO 1217 *Displacement compressors – Acceptance tests*. [Objemové kompresory. Preberacie skúšky.]

ISO 1928 *Solid mineral fuels – Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value*. [Tuhé palivá. Stanovenie spalovacieho tepla kalorimetrickou metódou a výpočet výhrevnosti.]

ISO 1988 *Hard coal – Sampling*. [Čierne uhlie. Odoberanie vzoriek.]

ISO 5389 *Turbocompressors – Performance test code*. [Turbokompresory. Skúšobné predpisy výkonu.]

3 Termíny a definície

V tejto európskej norme sa používajú termíny a definície uvedené v EN 12952-1 a nasledujúce.

3.1

priama metóda; metóda vstup – výstup (angl. **direct method; input-output method**): účinnosť je stanovená ako pomer tepla absorbovaného pracovnými tekutinami (voda alebo para) k tepelnému príko-
nu (chemické teplo plus zvyšky tepla dodané do parného kotla)

3.2

nepriama metóda; metóda tepelných strát (angl. **indirect method; heat loss method**): stanovenie všetkých spočítateľných tepelných strát, zvyškov tepla a výhrevnosti paliva. Účinnosť je potom 100 mínus pomer sumy všetkých tepelných strát k sume výhrevnosti paliva a zvyškov tepla

3.3

štandardné podmienky (angl. **standard conditions**): zahŕňajú podmienky pri $p_n = 1,01325$ bar a $t_n = 0^\circ\text{C}$

3.4

odpad (angl. **refuse**): zvyšky po spaľovaní získané vo forme popolčeka alebo v tekutom (roztavenom) a/alebo v spečenom tuhom stave (troska), vrátane obsiahnutého tepla

4 Značky, skratky a koeficienty

4.1 Značky a skratky

V tejto časti sa používajú značky uvedené v EN 12952-1: 2001, tabuľka 4.1 a značky uvedené v tabuľke 4.1-1, 4.1-2.

Tabuľka 4.1-1 – Latinské písmená

Značka	Opis	Jednotka
<i>A</i>	Obsah popola v palive	–
<i>A_U</i>	Faktor ovplyvnenia	–
<i>c</i>	Špecifická tepelná kapacita ^{a)}	kJ/(kgK)
\bar{c}	Celková špecifická tepelná kapacita ^{a)}	kJ/(kgK)
<i>f</i>	Faktor (prechodná časť tepelného výkonu)	–
<i>f</i>	Dovolená (prípustná) chyba	–
<i>H</i>	Výhrevnosť (CV)	kJ/kg
<i>h</i>	Špecifická entalpia	kJ/kg
<i>i</i>	Počet vzoriek	–
<i>J</i>	Entalpia spalín alebo spaľovacieho vzduchu vzťahujúca sa na hmotnostný prietok paliva	kJ/kg
<i>L</i>	Latentné teplo (výparne teplo)	kJ/kg
<i>l</i>	Osamelá strata	–
<i>l</i>	Vtoková dĺžka	m
<i>lu</i>	Pomer nespáleného paliva k dodávanému hmotnostnému prietoku paliva	–
<i>M</i>	Molová hmotnosť	–
\dot{m}	Hmotnostný prietok (rýchlosť)	kg/s
<i>n</i>	Súčiniteľ vzduchu na výstupe z kotla	–
<i>n</i>	Pomer vápna	–
<i>P</i>	Výkon	kW
<i>p</i>	Tlak	N/mm ²
\dot{Q}	Tepelný tok	kW
<i>T</i>	Termodynamická teplota	K
<i>t</i>	Celziova teplota	°C
<i>u</i>	Obsah nespáleného paliva (hmotnostný)	kg/kg
<i>u_M</i>	Neistota merania	–
<i>V</i>	Objem spaľovacieho vzduchu a spalín (na jednotku hmotnosti paliva)	m ³ /kg
\dot{V}	Objemový prietok (rýchlosť)	m ³ /h
<i>v</i>	Špecifický objem	m ³ /kg
<i>w</i>	Rýchlosť	m/s
<i>W</i>	Obsah vlhkosti v palive vzťahujúci sa na suché, základné palivo bez popola	–
<i>x</i>	Hmotnostný obsah prvkov v spalínach/spaľovacom vzduchu	kg/kg
<i>x_{Ad}</i>	Hmotnostný obsah spaľovacieho vzduchu	kg/kg
<i>y</i>	Objemové množstvo	m ³ /m ³
<i>y_{Ad}</i>	Objemové množstvo spaľovacieho vzduchu	m ³ /m ³
POZNÁMKA 1. – 1 N/mm ² = 1 MN/m ² = 1 MPa		
POZNÁMKA 2. – Tieto uvedené jednotky sa bežne používajú. Môže byť potrebný prevod pre použitie v bezrozmerných vzťahoch.		
^{a)} skrátené „špecifické teplo“.		

Tabuľka 4.1-2 – Grécke písmená

Značka	Opis	Jednotka
α	Súčiniteľ prestupu tepla	W/(m ² /K)
∂	Parciálna derivácia	–
Δ	Rozdiel	–
ϵ	Relatívna neistota merania	–
ϵ	Emisivita	–
η	Tepelná účinnosť	–
η_{SL}	Účinnosť odstraňovania popola	–
η_S	Účinnosť odsírenia	–
γ	Obsah paliva (hmotnostný)	kg/kg
ν	Obsah prchavých látok v popole	kg/kg
ρ	Hustota	kg/m ³
σ	Štandardná odchýlka	–
μ	Pomer hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva	kg/kg
τ	Trvanie skúšky	h alebo s

Tabuľka 4.1-3 – Indexy

Značka	Opis
A	Vzduch
Ash	Popol
AS	Rozprašovacia para alebo vzduch
B	Kotol
BD	Odkalená voda (odkal)
c	Upravený
Cn	Prúdenie
C	Uhlík
Ca	Vápnik (vápno)
CO	Oxid uhoľnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
d	Suchý (základ)
daf	Suchý, bez popola
DC	Odlučovač prachu
e	Konečná hodnota
EC	Vonkajšie chladenie
FA	Popolček
F	Palivo, zhorené palivo
Fo	Privedené palivo
FW	Napájacia voda
G	Spaliny
(G)	Hrubá hodnota

(pokračovanie)

Tabuľka 4-1-3 (dokončenie)

Značka	Opis
g	Zaručené
H	Vodík
H ₂ O	Voda
K	Vápnok (ak sa použilo ako prísada)
L	Strata
LA	Prisávaný vzduch/falošný vzduch
M	Práškovacie zariadenie
m	Priemer
meas	Namerané
min	Minimálne
N	Užitočný, menovitý
N	Dusík
(N)	Čistá hodnota
n	Normálne podmienky
o	Stechiometrický
O; O ₂	Kyslík
p	Konštantný tlak
r	Referenčný
R	Sálanie
RC	Sálanie a prúdenie
RH	Prehriata para
S	Síra
SS	Vstrekovacia voda
SA	Parný ohrievač vzduchu
SL	Troska
Sam	Vzorkovanie
Sen	Senzor
ST	Ostrá para
tot	Celkový
tr	Skutočná (hodnota)
u	Nespálené látky
U	Obehové čerpadlo alebo vírivý ventilátor
VM	Prchavé latky
W	Stena
Z	Tepelný príkon
0	Pri 0 °C
1	Proti smeru prúdenia, vstup
2	V smere prúdenia, výstup
I, II	Stupne prehrievača
^	Maximálne

4.2 Koeficienty

V tejto časti sa používajú koeficienty uvedené v tabuľke 4.2-1.

Tabuľka 4.2-1 – Koeficienty

Opis	Značka	Hodnota	Jednotka
Špecifické latentné teplo pri 25 °C	L_T	2442,5	kJ/kg
Špecifické teplo pary medzi 25 °C a 150 °C	\bar{c}_{pST}	1,884	kJ/(kg K)
Špecifické teplo vody medzi 25 °C a 150 °C	\bar{c}_{pW}	4,21	kJ/(kg K)
Špecifické teplo vody medzi 25 °C a 150 °C	\bar{c}_{pA}	1,011	kJ/(kg K)
Špecifické teplo popola a popolčeka medzi 25 °C a 200 °C	$\bar{c}_{Ash}, \bar{c}_{FA}$	0,84	kJ/(kg K)
Špecifické teplo trosky			
Granulačné ohnisko	\bar{c}_{SL}	1,0	kJ/(kg K)
Výtavné ohnisko	\bar{c}_{SL}	1,26	kJ/(kg K)
Špecifické teplo prísad medzi 25 °C a 200 °C	\bar{c}_{Ca}		
	CaCO ₃	0,97	kJ/(kg K)
	Ca(HO) ₂	1,32	kJ/(kg K)
	CaO	0,84	kJ/(kg K)
Špecifické teplo bezpopolnatého uhlia medzi 25 °C a 150 °C	\bar{c}_{Fdaf}	1,03	(1 + γ_{vm}) kJ/(kg K)
CV oxidu uhoľnatého	H_{CO_n}	12,633	MJ/m ³
CV nespálených látok:			
Antracit	H_{uu}	33,0	MJ/kg
Hnedé uhlie (lignit)	H_{uu}	27,2	MJ/kg
CV úplného organického uhlia (10 °C)	H_{uu}	33,0	MJ/kg

5 Zaručené parametre

5.1 Základ stanovenia zaručených parametrov

Nasledujúce faktory sa musia vziať do úvahy pri stanovení zaručených parametrov:

- vlastnosti paliva (zloženie, výhrevnosť (NCV), schopnosť rozomieľania, tavitelnosť popola) a skupiny paliva, ak je to potrebné;
- charakteristiky napájacej a vstrekovacej vody (tlak, teplota);
- tlak prihriatej pary v studenom stave, teplota a hmotnostný prietok;
- teplota vzduchu, relatívna vlhkosť, tlak vzduchu, protitlak na výstupe z kotla.

Parametre a termodynamické vlastnosti sa vzťahujú iba na hranicu celku (pozri 8.1).

5.2 Parametre podliehajúce záruke

Preberacia skúška parného kotla sa musí vykonať, aby sa overila zhoda so zárukami.

Hlavné parametre, ktoré sa musia zaručiť, sú:

- maximálny trvalý výkon (MCR);
- tlak a teplota ostrej a prihriatej pary;
- účinnosť alebo straty, alebo teplota spalín.

Nasledujúce parametre tiež môžu podliehať záruke:

- účinnosť alebo straty pre dané palivo a/alebo rôzne zaťaženia;
- spotreba pary pri daných palivách a pri rôznom zaťažení;
- tlaková strata vo vysokotlakovom systéme (HP) kotla a prihrievači;
- tlakové straty v spaľovacom vzduchu a v spaliniach v dohodnutých bodoch;
- faktor vzduchu (pomer skutočnej hmotnosti spaľovacieho vzduchu k stechiometrickej) v dohodnutých bodoch;
- maximálne množstvo vstrekovanej vody do prihrievača;
- obsah nespáleného paliva v popolčeku;
- vypúšťané množstvo spalín.

Ak sa nedohodlo inak, záruky sa musia vzťahovať na ustálený stav.

5.3 Dodatočné merania

Nasledujúce parametre sa musia tiež vziať do úvahy pri vyhodnocovaní jednotky (bloku) na výrobu pary:

- tlak a teplota vody a pary v rôznych bodoch;
- tlak spaľovacieho vzduchu, teplota a rýchlosť (prietoková rýchlosť) v rôznych bodoch v potrubnom systéme;
- zloženie spalín, tlak, teplota a rýchlosť (prietoková rýchlosť) v rôznych bodoch v potrubnom systéme.

5.4 Dodávky komponentov parného kotla (generátora) viacerými výrobcami

Ak komponenty parného kotla (generátora) dodávajú viacerí výrobcovia, môže byť potrebné vykonať dodatočné merania, aby sa preukázala zhoda so zárukami.

6 Základné podmienky skúšky

6.1 Metódy stanovenia účinnosti

Tepelná účinnosť parných kotlov sa musí stanoviť použitím priamej alebo nepriamej metódy (pozri kapitolu 3).

Odporúča sa stanoviť hlavné tepelné straty aj pri použití priamej metódy.

To, ktorá metóda sa uprednostní, závisí na technických možnostiach. Napríklad pri použití tuhého paliva nie je možné alebo je to veľmi ťažké presne merať obrovské hmotnostné prietoky. Tu je jedinou prijateľnou metódou nepriama metóda, ktorá by sa mala tiež použiť, ak vo vlastnostiach paliva dochádza k veľkým výkyvom. Ak je možné vykonať presné merania prietoku paliva, vhodnejšou metódou môže byť priama metóda, špeciálne pre malé parné kotly, z dôvodu neistoty zahrnutej do merania strát sálaním a prúdením. Tieto dve metódy majú rozdielnu úroveň neistoty. Vždy by sa mala použiť metóda s najvyššou presnosťou.

S touto metódou musí súhlasiť kupujúci a musí byť uvedená v zmluve.

6.2 Všeobecné podmienky

Pred vykonávaním preberacích skúšok sa musia stanoviť parametre uvedené v bode 5.1. Ak to prevádzkové podmienky neumožňujú, skúšky sa môžu vykonať pri iných podmienkach na základe predchádzajúceho schválenia. Odchýlky sa však musia udržiavať na minimálnej hodnote. Potom treba upraviť účinnosť na zaručené podmienky. Podrobnosti pozri v kapitole 9.

6.3 Predbežná skúšobná prevádzka

Pred klasickou preberacou skúškou sa musí umožniť dodávateľovi vykonať predbežnú skúšobnú prevádzku, ktorá slúži na kontrolu presnosti skúšobných zariadení a metód a na školenie pracovníkov na vykonávanie skúšok.

Ak predbežná skúšobná prevádzka dáva uspokojujúce výsledky, môže sa na základe súhlasu všetkých zúčastnených strán vyhlásiť preberacia skúška.

6.4 Stav parného kotla (generátora)

Musí sa predpokladať, že parný kotol (generátor) je navrhnutý tak, že zaručené hodnoty sa môžu dosiahnuť pri normálnom znečistení. Dodávateľovi sa musí pred preberacou skúškou umožniť skontrolovať povrch teplovýmenných plôch. Čas preberacej skúšky musí schváliť prevádzkovateľ a dodávateľ. Skúška sa však musí vykonať po optimalizácii a po vykonaní skúšobnej prevádzky.

Ak bol parný kotol dodaný s čistiacim zariadením (napríklad ventilátor na sadze alebo otryskavacia čistička), musí sa toto zariadenie použiť na čistenie pred preberacou skúškou.

6.5 Ustálené podmienky

6.5.1 Dosiahnutie ustálených podmienok

Ak sa zaručené hodnoty vzťahujú iba na ustálené podmienky, musí sa zabezpečiť, aby parný kotol dosiahol ustálený stav.

Čas požadovaný na dosiahnutie ustáleného stavu sa môže veľmi líšiť od návrhu kotla. Parný kotol by musel byť spravidla v nepretržitej prevádzke niekoľko dní pred skúškou.

Rovnovážny stav sa musel dosiahnuť pred začatím skúšky a musia ho potvrdiť všetci účastníci skúšky.

Pri určitých spaľovacích systémoch (napríklad výtavné komory, systémy na fluidné spaľovanie) môže dosiahnutie ustálených podmienok trvať mimoriadne dlhý čas.

6.5.2 Sledovanie ustálených podmienok

Počas skúšky sa, najmä vlastnosti a dôležité merané hodnoty musia nepretržite sledovať, aby sa overilo, že ustálené podmienky sa dodržiavali. Pri stanovení účinnosti priamou metódou sa odporúča predbežné vyhodnocovanie výsledkov.

6.5.3 Nastavenie spaľovacieho systému

Skúšobné palivo musí byť v predstihu k dispozícii, aby dodávateľ mal dostatok času nastaviť zariadenie na spaľovanie paliva a aby mohol zabezpečiť, dosiahnutie ustálených podmienok vzťahujúcich sa na palivo.

6.6 Výkon skúšky

6.6.1 Trvanie skúšky

Trvanie skúšky pre priamu metódu závisí od typu kotla a spaľovacieho systému, ako aj od požadovanej úrovne presnosti merania.

Pre nepriamu metódu trvanie skúšky je spravidla riadené rozsahom oddelených meraní strát spalinami alebo v prípade systémov na fluidné spaľovanie, časom potrebným na stanovenie strát spôsobených entalpiou a nespáleným palivom.

Odporúčané trvanie skúšky musí byť v súlade s tabuľkou 6.6-1.

Tabuľka 6.6-1 – Odporúčané trvanie skúšok

Priame skúšanie	Trvanie
Zariadenie na tuhé palivo dávajúce stabilnú rýchlosť spaľovania	4 h
Zariadenie na tuhé palivo dávajúce možné cyklické výkyvy hmotnosti vstupujúceho paliva (napríklad spodné prikladanie, samospádové zariadenia na prikladanie, ručné odpopolňovacie zariadenia) ^{a)}	Nie menej ako 8 h a aspoň jeden plný cyklus spaľovania alebo odpopolňovania, začínajúci sa a končiaci v tom istom bode cyklu
Zariadenie na tuhé palivo spaľujúce bagasu (cukrovú trstinu) a iné tuhé paliva rôznej výhrevnosti	6 h
Kvapalné a plynné palivá (vrátane kotlov na odpadové teplo)	2 h
Elektrické kotly	1 h
Nepriame skúšanie	
Tuhé palivo	4 h
Kvapalné a plynné palivá (vrátane kotlov na odpadové teplo)	2 h
^{a)} Ak sa jednotka musí odstaviť kvôli odpopolneniu, čas medzi dvoma operáciami odpopolnenia je trvanie skúšky.	

6.6.2 Podmienky na začiatku a konci skúšky

Na začiatku a na konci skúšky musia byť nasledujúce hodnoty tak blízko vedľa seba, ako je to len možné:

- úroveň hladiny vody a tlak pary;
- prietok pary a napájacej vody a podmienky spaľovania, ak je to možné;
- tlaková strata cez fluidnú vrstvu ako miera obsahu inertného materiálu;
- prebytok vzduchu.

Pri spaľovaní na rošte a najmä pri použití priamej metódy musí byť množstvo paliva na rošte rovnaké na začiatku a na konci skúšky. Pri mechanických roštoch priemerná rýchlosť roštu a výška vrstvy paliva musí byť rovnaká na začiatku a na konci skúšky, minimálne počas jedného prechodu zásoby paliva na rošte. Čas, v ktorom sa vykonávajú merania, musí byť dlhší, ako je skutočné trvanie skúšky. Odporúča sa, aby sa sledovali už uvedené hodnoty pred začatím skúšky a po jej skončení, aby sa spoľahlivo zabezpečilo dosiahnutie ustálených podmienok.

6.6.3 Frekvencia odčítania

Všetky odčítania sa musia vykonávať tak často, ako je to potrebné, aby sa minimalizovali spojené chyby (pozri aj [1]).

To sa môže dosiahnuť použitím zariadenia na automatické zapisovanie údajov. Pri ručnom zapisovaní údajov sa musí dodržať nasledujúca frekvencia odčítavania:

merania prietoku	3 min;
analýzy spalin	5 min;
merania tlaku a teploty	10 min;
vzorkovanie	15 min.

6.6.4 Prípustné zmeny

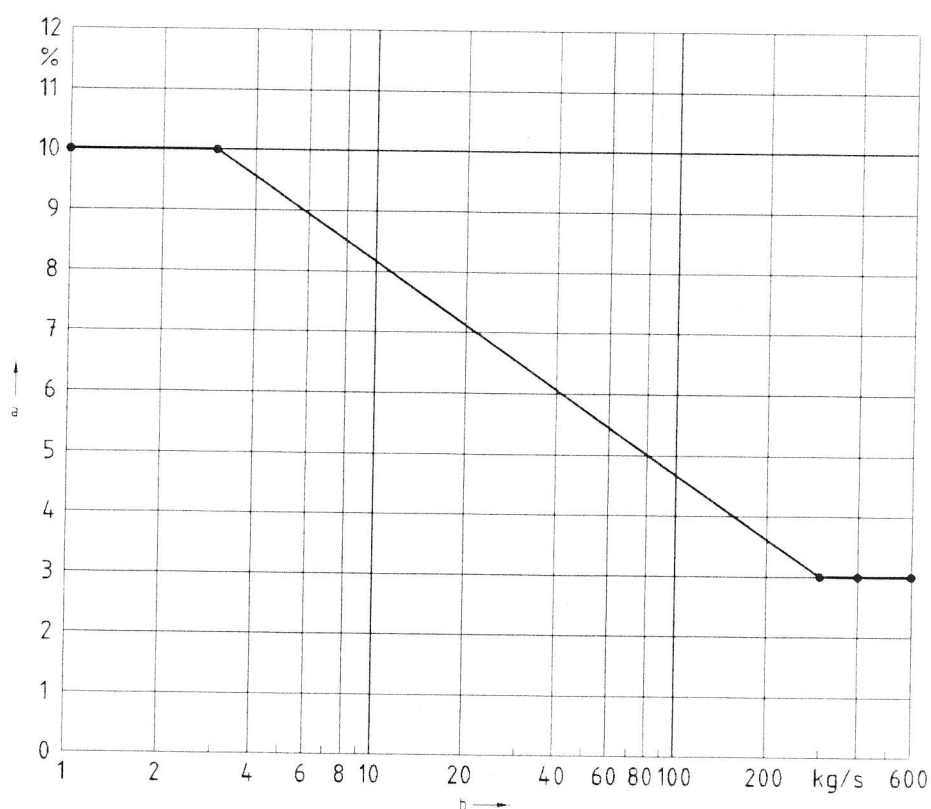
6.6.4.1 Parné kotly

Zmeny hmotnostného prietoku pary (výkonu) spôsobené prevádzkou nesmú prekročiť 3 % až 10 % s priemerných výsledkov skúšok (avšak nesmú byť väčšie, ako je maximálny trvalý výkon); podrobnosti sú uvedené na obrázku 6.6-1. Maximálne prípustné zmeny tlaku pozri na obrázku 6.6-2. Teplota spalín musí byť v ustálených podmienkach. Zmeny rozdielov medzi

- teplotou spalín na výstupe z kotla (generátora) a
- teplotou studenej tekutiny (vody alebo vzduchu) na vstupe do posledného výmenníka

nesmú prekročiť $\pm 3\%$.

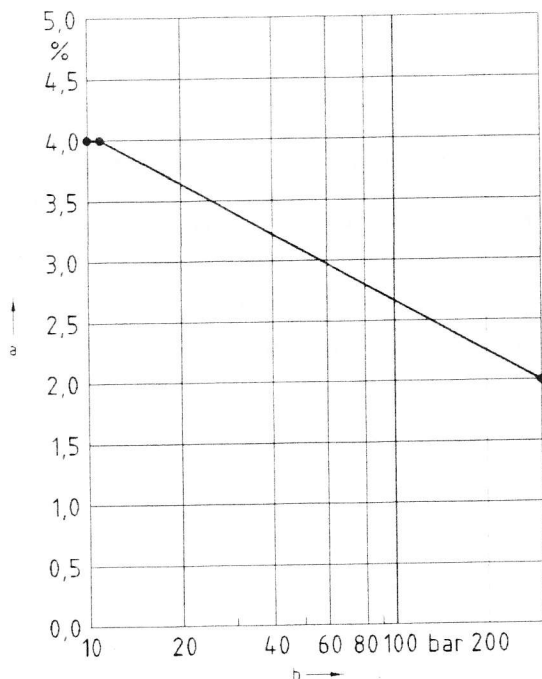
Ak sú prekročené medzné hodnoty uvedené na obrázkoch 6.6-1 a 6.6-2, môže sa skúška zamietnuť.



Legenda

- a) Maximálne odchýlky hmotnostného toku
- b) Hmotnostný tok pary, m_s

Obrázok 6.6-1 Maximálne prípustne odchýlky hmotnostného toku pary



Legenda

- a) Maximálna odchýlka tlaku
- b) Tlak, p

Obrázok 6.6-1 Maximálne prípustne odchýlky tlaku pary

6.6.4.2 Horúcovodné kotly (generátory)

Počas preberacej skúšky horúcovodného generátora môže vzniknúť situácia, keď užitočný výkon kotla (generátora) je väčší alebo menší ako energia dodávaná do vykurovacieho systému. Je to sprevádzané pozvoľným nárastom alebo poklesom priemernej teploty horúcej vody a v dôsledku toho aj zmenou priemernej teploty vody v kotle. Následkom toho sa musí zobrať do úvahy nestála časť využiteľného tepla, ktorá sa môže vypočítať z obsahu vody a hmotnosti kotla. Ak táto výpočtová metóda obsahuje chyby, rýchlosť zmeny teploty za hodinu $\Delta t_{\tau} / \tau$ by nemala prekročiť nasledujúcu hodnotu:

$$\frac{\Delta t_{\tau}}{\tau} < \left| 0,03 \frac{\dot{V}(t_2 - t_1)}{1,15 V_B} \right| \quad \text{v } \frac{K}{h} \tag{6.6-1}$$

- kde \dot{V} je objemový prietok vody počas preberacej skúšky v m^3/h ;
- V_B objem vody v horúcovodnom kotle (generátore) v m^3 ;
- t_1 priemerná teplota vody na vstupe do kotla (generátora) počas skúšky
($t_1 = 0,5 (t_{1END} + t_{1BEGIN})$) v $^{\circ}C$;
- t_2 priemerná teplota vody na výstupe počas skúšky ($t_2 = 0,5 (t_{2END} + t_{2BEGIN})$) v $^{\circ}C$;
- τ trvanie skúšky v h;
- Δt_{τ} zmena priemernej teploty horúcej vody počas trvania skúšky
 $\Delta t_{\tau} = t_{mEND} - t_{mBEGIN} = 0,5 ((t_{1END} + t_{2END}) - (t_{1BEGIN} + t_{2BEGIN}))$ v $^{\circ}C$

kde index BEGIN znamená začiatok skúšky a index END koniec skúšky.

Preberacia skúška sa nemusí vykonať, ak je väčší nárast teploty.

6.7 Ďalšie informácie

Pozornosť sa musí venovať tomu, aby sa zabránilo akýmkoľvek netesnostiam v potrubiach a uzatváracích zariadeniach na vodnej/parnej strane alebo obtokom, ktoré môžu spôsobiť chyby pri meraní hmotnostného prietoku. Z tohto dôvodu musia byť zastarané potrubia vybavené záslepkami alebo, ak to nie je praktické, musia sa vykonať opatrenia na nepretržité sledovanie.

Počas skúšky sa nesmie vykonávať akékoľvek odkalovanie. Ak sa tomu nedá zabrániť, musí sa stanoviť množstvo vypustenej kotlovej vody. Ak sa nedohodlo inak, musí sa množstvo tepla absorbované v kotle z odpustenej vody pripočítať k užitočnému výkonu parného kotla.

Ak je to možné, ofukovače rúrok nesmú byť aktivované počas skúšky.

7 Prístroje a metódy merania

7.1 Všeobecne

Môžu sa použiť iba také meracie prístroje a/alebo prevodníky, pri ktorých ukazované a/alebo výstupné hodnoty sú overené a pri ktorých sú známe medze chyby. Patria sem:

- a) prístroje, ku ktorým je priložený certifikát o overení (kalibračný certifikát vydaný kalibračným laboratóriom);
- b) overené prístroje, ktoré boli kalibrované pred skúškou a po nej s odčítavaním pri náraste a aj poklese, ak možno za podmienok, ktoré sú podobné tým, ktoré existujú počas skúšky, a porovnané s prístrojmi podľa písmena a);
- c) štandardné prístroje so známymi medzami chyby;
- d) iné schválené prístroje so známymi medzami chyby, ktorých použitie dohodli zúčastnené strany pri skúške.

Meracie zariadenia nesmú počas skúšky podliehať akýmkoľvek značným trvalým zmenám.

Môže sa vykonávať analógové alebo digitálne odčítavanie a údaje sa môžu zaznamenávať ručne alebo automaticky. V správe zo skúšky musia byť podrobne opísané použité prístroje a ich medze chyby.

Ak údaje zaznamenáva automatické zariadenie, musia sa vykonať náhodné kontroly, aby sa overilo, že signály sú správne spracované.

7.2 Meranie tlaku

Meranie tlaku sa musí vykonať použitím vhodných tlakomerov alebo snímačov. Ak je to možné tlakové rozdiely sa musia merať priamo pomocou vhodných meradiel a prístrojov (napríklad trubicové manometre, mikromanometre so šikmou trubicou alebo snímače tlakového rozdielu). Ako indikačná tekutina sa musí použiť ortuť, voda alebo iné tekutiny vhodnej hustoty.

POZNÁMKA. – Podrobnosti o meracích zostavách by mali byť uvedené v [2].

Prístroje na meranie tlaku musia byť kalibrované s odčítavaním pri náraste a poklese, a to pred skúškou a po nej. Ďalšie odporúčania na meranie tlaku vzduchu alebo iných plynov sú spracované v ISO 1217, ISO 5389 a EN 26801.

7.3 Meranie teploty

Meranie teploty sa musí vykonať použitím prístrojov v súlade s bodom 7.1, písm. a) a b) (napríklad ortuťové teploměry, termočlánky a odporové teploměry, posledný v spojení s vhodnými meracími obvodmi alebo snímačmi) (pozri aj [3]).

Ak merania vykonávané v rúrkach veľkého priemeru poskytujú premenlivé hodnoty v rozdielnych bodoch v rovnakom priereze a v rovnakom čase, musí sa vykonať kontrola pokiaľ ide o to, či takéto rozdiely teplôt sú prijateľné. Ináč sa priemerná hodnota teploty musí stanoviť oddelenými meraniami. Prierez musí byť

rozdelený na rovnaké časti s preverením, že v meranej časti nie je nijaký priečny tok alebo spätný tok (pozri aj [4] a [5]). Spravidla sa aritmetický priemer nameraných hodnôt musí považovať za priemernú teplotu. Na základe špeciálnej dohody sa môže merať rýchlosť alebo tlakový rozdiel a potom sa môže použiť vážený priemer. Pretože vplyv zmien hustoty a špecifického tepla je minimálny, môže sa to zanedbať.

7.4 Hmotnosť a hmotnostný prietok

7.4.1 Vázenie

Použitá váha sa musia pred skúškami skontrolovať, či sú v zhode s príslušnými predpismi na váhy a miery.

Musia sa používať tieto kalibračné medze chyby, (pozri aj [6]):

- a) Decimálne váhy: 0,5 g na každý kg zaťaženia, ale nie menej ako jedna pätina medze chyby pri maximálnom zaťažení. Počas prevádzky je medza chyby dvojnásobkom kalibračnej medze chyby.
- b) Pásové váhy: 3 g až 4 g na každý kg zaťaženia. Počas prevádzky je medza chyby 1,5 krát kalibračná medza chyby.
- c) Lanové váhy, vázenie plných a prázdnych kontajnerov: 1 g až 2 g na každý kg zaťaženia, ale nie menej ako polovica medze chyby pri maximálnom zaťažení. Počas prevádzky je medza chyby 1,5 krát kalibračná medza chyby.

Môžu sa použiť korčekové, pásové, sklonné a pružinové váhy, ak sa zabezpečí, že sa skontrolujú pred skúškou a po nej vážením prepravovaných množstiev pri približne rovnakej kapacite.

7.4.2 Meranie objemu

Meranie objemového prietoku sa musí vykonať meradlami objemu, ktoré musia byť kalibrované pred skúškou a, ak je to možné, aj po skúške. Na výstupe z piestových čerpadiel sa musia použiť iba prírodné meradlá objemu (t. j. nie lopatkové meradlá). Počas skúšky sa musí udržiavať rovnaký špecifický objem alebo hustota.

Objem môže byť tiež stanovený pomocou nádrží, ktoré boli naplnené z overených nádrží alebo kontajnerov a skontrolované meraním alebo kalibrované s hmotnostným prírastkom vody.

Pri použití objemových nádrží sa musia urobiť úpravy hustoty, v dôsledku rozdielov v teplote vody počas skúšky a kalibrácie. Úpravy sa musia urobiť aj kvôli tepelnej rozťažnosti nádrže (napríklad objem ocelevej nádrže sa zväčší približne o 0,4 % pri ohriatí o 100 K).

7.4.3 Meranie prietoku

7.4.3.1 Meranie prietoku clonami a dýzami

EN ISO 5167-1 sa používa v prípade merania clonami a dýzami. Ak rozsahy použitia uvedené v EN ISO 5167-1 sú pri veľkokapacitných parných kotloch prekročené, musia sa použiť ďalšie špecifikácie (pozri aj [7] a [8]).

Pri meraní prietoku vovarenými clonami sa musia sledovať nasledujúce veci.

Ak sa pred preberacou skúškou nemôžu skontrolovať rozmery a vykonať merania, musí sa to vykonať pred zváraním a výsledky sa musia zaznamenať. Nestálosti na vtoku sa riešia v EN ISO 5167-1. Ak sa použijú snímače rýchlosti prietoku, musia sa pred skúškou stanoviť pracovné charakteristiky pri skúšobných podmienkach alebo sa musí nakresliť kalibračná krivka.

7.4.3.2 Meranie prietoku pomocou sond rýchlosti

Meranie prietoku použitím sond rýchlosti (pitotove trubice alebo anemometre) sa musí vykonať v súlade s ISO 1217, ISO 5389 alebo EN 26801.

7.4.4 Meranie prietoku popolčeka

Musí sa schváliť vhodná metóda na meranie prietoku popolčeka cez príslušný prierez (pozri aj [4] a [9]).

7.4.5 Stanovenie hustoty

Na stanovenie hmotnostného prietoku sa hustota musí odčítať z príslušných tabuliek (pozri aj [10]) použitím premenných, t. j. tlak, teplota a zloženie.

Pri plynoch neznámeho zloženia sa hustota musí stanoviť použitím plynových hustomerov (napríklad v súlade s „Bunsenom-Schillingom“) ako sa to uvádza v EN ISO 3993.

7.5 Výhrevnosti

7.5.1 Výhrevnosť paliva

Spaľovacie teplo, $H_{(G)}$, a výhrevnosť, $H_{(N)}$, tuhých a kvapalných palív sa musí stanoviť na základe ISO 1928. Použitím ISO 6976, GCV a NCV sa môže stanoviť z analýzy plynov známeho a stáleho zloženia. Pri určitých plyných palivách (napríklad zemný a rafinérsky plyn) stanovenie NCV pomocou analýzy plynu môže zahŕňať chyby (napríklad v prípadoch, kde malé podiely ťažkých uhľovodíkov sú vylúčené z analýzy plynu). V takýchto prípadoch GCV a NCV sa musia nepretržite ručne stanovovať pomocou kalorimetra. Automatické kalorimetre, ktoré možno overovať, sa môžu tiež použiť na stanovenie GCV.

7.5.2 Odoberanie vzoriek palív

Vzorky tuhého paliva sa musia odobrať a pripraviť v súlade s ISO 1988. Odoberanie vzoriek osobitne kvapalných a osobitne plyných palív sa musí vykonať v súlade s EN ISO 3170 (pozri aj [11]). Odobraté vzorky musia primerane predstavovať stupeň, zloženie a kvalitu paliva spaľovaného počas skúšky. To sa môže čiastočne používať pri palivách premenlivého zloženia. Zloženie vzoriek musí byť podobné tým v hraniciach celku.

7.5.3 Výhrevnosť a odoberanie vzoriek odpadu

NCV odpadu, ktorá sa požaduje na výpočet strát spôsobených nespáleným palivom, sa musí stanoviť v súlade s ISO 1928.

Strany zúčastnené na skúške sa môžu dohodnúť na zjednodušenej metóde stanovenia NCV pomocou obsahu uhlíka alebo straty pri zapálení. Ak nebola dohodnutá metóda stanovenia NCV, hodnoty uvedené v 4.2 sa musia použiť ako NCV celkového organického uhlíka.

Odoberanie vzoriek odpadu sa musí vykonať tak, ako sa to uvádza v ISO 1988, pokiaľ ide o tuhé palivo. Ak sa odpad váži vo vlhkom stave, musí sa zabezpečiť, že vlhkosť vo vzorke sa zhoduje s priemerným obsahom vlhkosti v odpade. Ak merania množstva odpadu slúžia na stanovenie účinnosti pomocou metódy tepelných strát, odporúča sa, aby sa zaznamenané množstvá skontrolovali voči bilancii popola.

7.6 Chemické zloženie

7.6.1 Palivá

Ak sa to požaduje, elementárna analýza tuhých a kvapalných palív sa musí vykonať v súlade s ISO 157, ISO 334, ISO 589, ISO 609 a ISO 625 (pozri aj [12]) a plyných palív prostredníctvom analýzy plynu.

7.6.2 Popolček a popol

Pri stanovovaní účinnosti pomocou metódy tepelných strát popolček a troska sa musia analyzovať na obsah horľavín, pričom metóda stanovenia je predmetom dohody. To sa čiastočne používa na celkový organický uhlík v popole zo systémov fluidného spaľovania, kde hlavným faktorom je skúšobná teplota. Príslušné informácie sú uvedené v ISO 609 a ISO 625.

7.6.3 Spaliny

Zloženie spalín sa musí stanoviť pomocou analyzátorov pracujúcich na chemickom, fyzikálno-chemickom alebo výhradne fyzikálnom princípe, a to buď prerušovane, alebo nepretržite. Prístroje musia byť navrhnuté tak, aby rozptyl nameraných hodnôt s úrovňou pravdepodobnosti 95 % sa zhodoval takto:

oxid uhličitý: $\pm 0,2$ percentných bodov;

kyslík: $\pm 0,15$ percentných bodov;

objemový obsah oxidu uhoľnatého: ± 1 % z koncovej hodnoty stupnice rozsahu

merania, ale nie menej ako $\pm 0,01$ percentných bodov.

Ak sa používajú automaticky pracujúce analyzátory plynu, nastavenie nuly a citlivosti vykonané pred skúškou sa musí skontrolovať (napríklad prívodom skúšobných plynov) po skúške.

Pri meraní CO_2 pomocou chemických analyzátorov sa do úvahy musí zobrať to, že obsah CO_2 a SO_2 sa musí merať vo vzťahu k suchým spalínám.

Vonkajšia teplota v okolí snímača musí byť rovnaká. Na oddelené merania sa primerane používa 7.3.

7.7 Elektrický výkon

Výkon spotrebovaný elektrickými pohonmi sa musí stanoviť použitím overených meracích prístrojov alebo meraním príkonu použitím metódy 3 wattmetrov alebo 2 wattmetrov. Na stanovenie výkonu dodávateľ musí sprístupniť charakteristiky motora.

8 Tepelná rovnováha a tepelná účinnosť

8.1 Tepelná rovnováha a hranica skupiny

8.1.1 Všeobecne

Hlavným predpokladom výpočtu účinnosti je určenie hranice skupiny pokrytej tepelnou rovnováhou parného kotla (generátora).

Hranica skupiny dôležitá pre tepelný zisk sa musí zhodovať s hranicou parného kotla (generátora) „v zmontovanom stave“ a pre tepelný príkon, výkon a straty dôležité na stanovenie účinnosti musí byť možné aby táto hranica bola stanovená s istotou. Ak nie je možné vykonať uspokojivé merania v hranici „v zmontovanom stave“, hranica sa môže predefinovať na základe dohody medzi výrobcom a kupujúcim. V určitých prípadoch sa môže požadovať úprava nameraných hodnôt na podmienky v hranici „v zmontovanom stave“.

8.1.2 Bežná skupina

Bežná skupina musí zahŕňať celý parovodný systém s obehovými čerpadlami, spaľovací systém vrátane zariadenia na výrobu uhoľného prášku (pre systémy spaľujúce uhlie), ventilátor na recirkuláciu spalín, vratný systém popolčeka a parný ohrievač vzduchu. Táto skupina nesmie zahŕňať zariadenia na ohrev oleja alebo plynu, lapač popolčeka a ventilátory FD a ID a obyčajne vo väčšine prípadov tvorí základ preberacej skúšky. Ak nastane návrat popolčeka cez hranicu tohto príslušného celku, môže byť potom treba, v súlade s definíciou „príkonu“ a „výkonu“, rátať s entalpiou popolčeka na vstupe do lapača popolčeka ako s tepelnou stratou a potom s vráteným popolom ako s príkonom. Tento prístup, hoci je formálne upravený, mohol by byť tak trochu nepraktický. Ak sa teplota vráteného popola trochu líši od teploty spalín, odporúča sa, aby sa recirkulujúci popolček vždy považoval za odlúčený na vstupe do lapača popolčeka (t. j. stále vnútri hranice skupiny) a aby táto recirkulácia prebiehala vnútri hranice. Ak sa tento predpoklad nemôže uskutočniť, musí sa lapač popolčeka včleniť do bloku (pozri 8.1.3.4).

Na obrázku 8.1-1 je zobrazená schéma parného kotla spolu s hranicou skupiny a so všetkými pridruženými hmotnostnými tokmi, príkonom a stratami, ako sú stanovené na základe meraných veličín počas skúšky.

8.1.3 Iné skupiny

8.1.3.1 Všeobecne

Z praktických dôvodov môže byť potrebné určiť hranicu, ktorá je odlišná od hranice opisanej v 8.1.2 na stanovenie tepelnej bilancie. Ak sa tento alternatívny prístup prijme, musí sa v každom prípade stanoviť, ktorý tepelný príkon a straty sa musia zobrať do úvahy navyše k tým v 8.3.

Niektoré možné alternatívy hranice skupiny sa uvádzajú ďalej.

8.1.3.2 Skupina bez parného ohrievača vzduchu

Parný ohrievač vzduchu musí byť umiestnený mimo skupiny, ktorá sa zhoduje so skupinou špecifikovanou v skúšobnom predpise ASME (pozri obrázok 8.1-2).

POZNÁMKA. – Predpis na preberacie skúšky ANSI 4.1 [13].

Ak parný ohrievač vzduchu ohrieva prídavná para, výkon sa iba nepriamo berie do úvahy v tepelnej bilancii, pretože výkon parného ohrievača vzduchu je pripočítaný k entalpii spaľovacieho vzduchu. Naopak, ak je ohrievač vzduchu zásobovaný parou s vnútorného zdroja, výkon parného ohrievača vzduchu sa musí pripočítať k užitočnému teplu (pozri 8.3.1).

8.1.3.3 Skupina s ventilátorom FD

Zahrnutím ventilátora FD do skupiny nie je potrebné meranie prietoku horúceho vzduchu, hoci príkon musí potom obsahovať aj výkon ventilátora FD na hriadeli (čiarkovaná čiara na obrázku 8.1-1). Táto skupina je použiteľná, ak sa nemôžu vykonať merania v akomkoľvek bode medzi ventilátorom FD a ohrievačom vzduchu alebo sa použila recirkulácia horúceho vzduchu.

8.1.3.4 Skupina s lapačom popolčeka alebo s lapačom popolčeka a ventilátorom ID

Táto skupina sa musí použiť, ak spalínovod na vstupe do lapača popolčeka alebo k ventilátoru ID nepostačuje na zabezpečenie vhodnej plochy na meranie spalín. V takýchto prípadoch elektrický výkon elektrostatického zrážача (P_{DC}) a tepelné straty lapača popolčeka (Q_{DC}) alebo výkon ventilátora ID na hriadeli (P_G) sa musí pripočítať ako dodatočný príkon. Ak nie sú k dispozícii nijaké empirické hodnoty, pred skúšaním sa musí dosiahnuť dohoda, pokiaľ ide o výkon lapača popolčeka. V tejto skupine sa musí namerať teplota spalín upraviť na hranicu, pre ktorú boli založené záruky.

8.1.3.5 Skupina s odlučovaním pary v mlynici

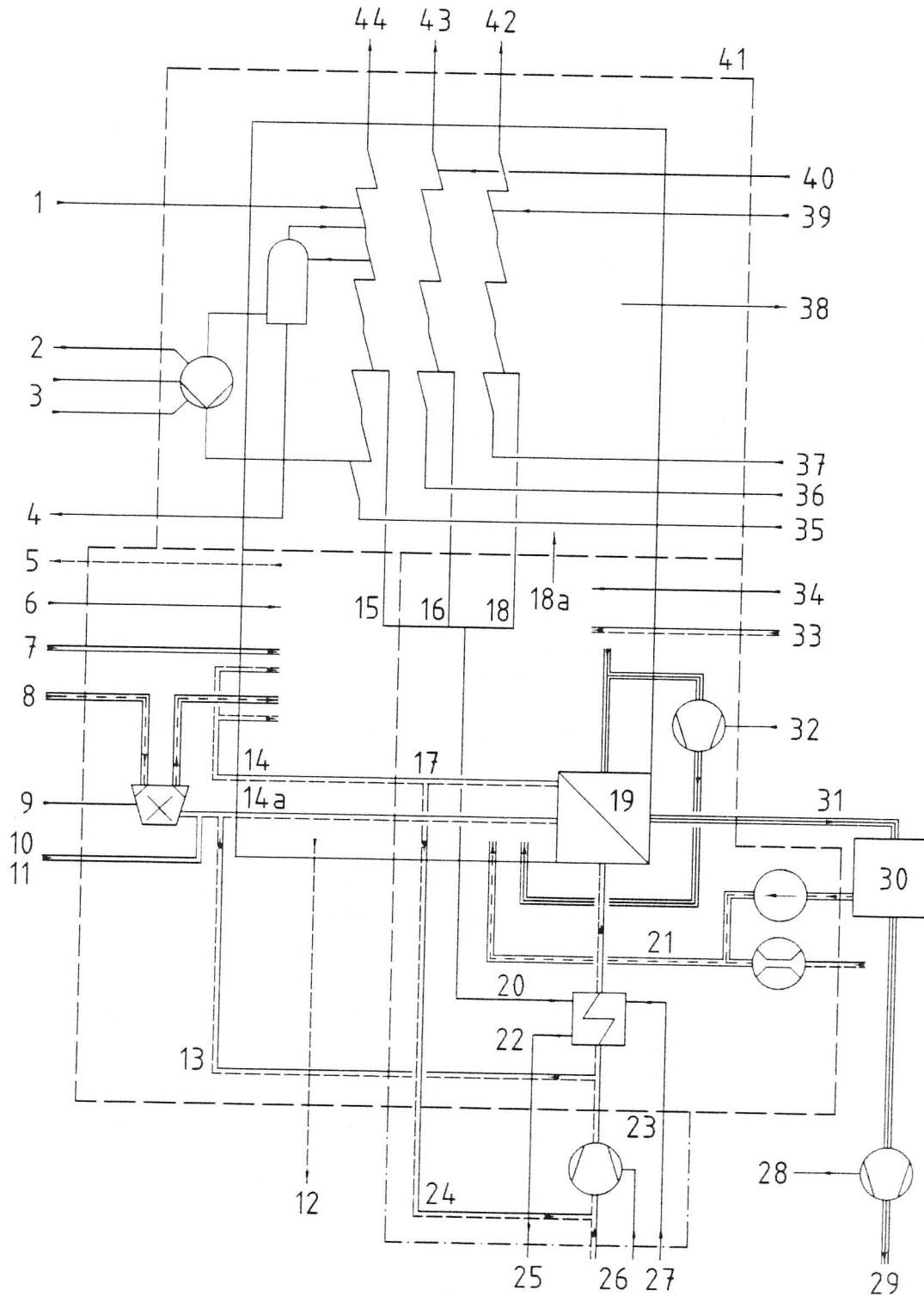
Pri hneďom uhli s relatívne vysokým obsahom vlhkosti môže byť potrebné použiť odlučovač pary v mlynici, t. j. jediná časť pár vytvorených v kombinovanom procese sušenia a mletia, ktorá sa privádza do parného kotla. Z tohto dôvodu sa musí vložiť odlučovanie pary. To isté sa použije, ak spaliny recirkulujú k výstupu z kotla, v prípade ktorého musí byť odčítací bod tiež v hranici (pozri obrázok 8.1-3). Ak to nie je možné, pred stanovením hraníc sa musia schváliť všetky potrebné úpravy. V odlučovači pary v mlynici sa prietok spalín do komína považuje za „ďalšiu stratu“ (pozri 8.3.3.5). Z tohto dôvodu sa musí merať aj zloženie spalín, vlastný hmotnostný prietok spalín a hmotnosť popolčeka v spalínach.

8.1.3.6 Skupina pre celkové odsírenie spalín a sústavy DENOX

Ak komponenty sústavy na odsírenie spalín alebo sústavy DENOX sú umiestnené do spalínovodov alebo vzduchových potrubí medzi ohrievač vzduchu a parný kotol (generátor), nemôže byť stanovená bežná tepelná bilancia zahrňajúca ohrievač vzduchu. Hranica skupiny pre taký parný kotol sa musí definovať ako prechádzajúca pozdĺž potrubí horúceho vzduchu a spalín. V tomto prípade výpočet alebo záruka účinnosti sa nemôžu vykonať; lepšie povedané, záruky sa musia obmedziť na teplotu spalín na výstupe z parného kotla v schválenej úrovni výkonu.

8.1.3.7 Špeciálne skupiny

Hranice skupiny iné ako už opísané môžu byť vhodné pre isté typy parných kotlov (generátorov). V tomto prípade sa hranica skupiny musí stanoviť spolu so zaručenými podmienkami v zmluve o dodávke a musí sa dosiahnuť dohoda vzhľadom na merania alebo výpočty príkonu a strát neuvedených v tejto norme.



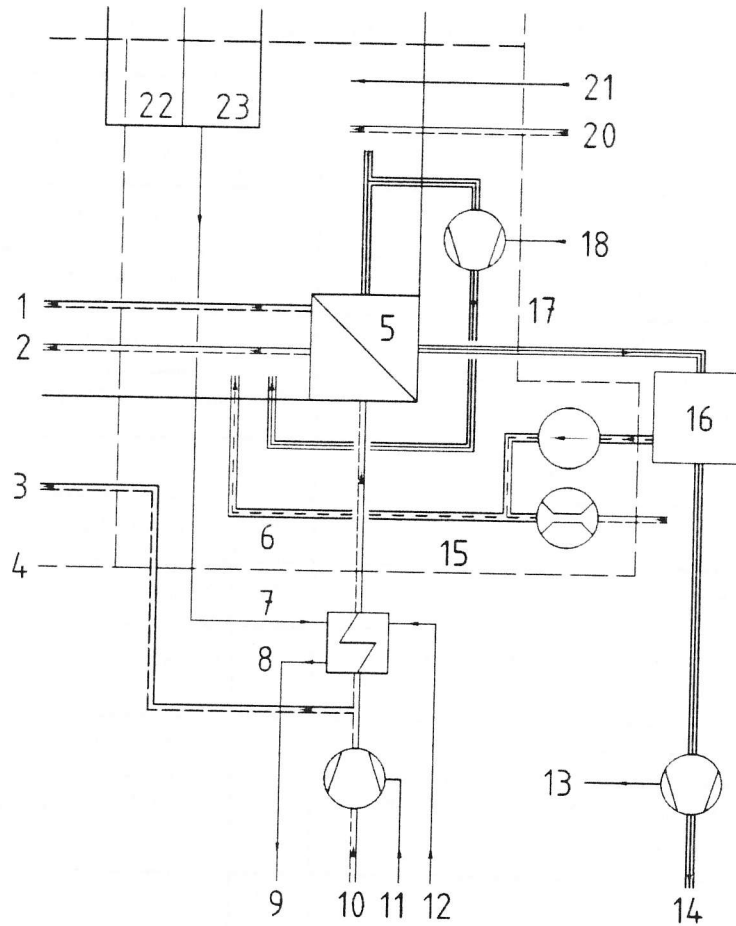
Legenda

pozri tabuľku 8.1-1

Obrázok 8.1-1 – Schéma parného kotla s príkonom, stratami a hmotnostnými prietokmi (bežný celok)

Tabuľka 8.1-1 – Pozície na obrázku 8.1-1

Č.	Opis	Č.	Opis
1	Vstrekovacia voda (\dot{m}_{SS}, h_{SS})	22	Parný ohrievač vzduchu
2	Chladienie čerpadla (\dot{Q}_U)	23	Vonkajšia para
3	Obehové čerpadlo (P_U)	24	Recirkulácia horúceho vzduchu
4	Odkiaľovanie (\dot{m}_{BD}, h_{BD})	25	Kondenzát (h_{SA2})
5	Vonkajšie chladienie (\dot{Q}_{EC})	26	ventilátor FD (P_{FD})
6	Rozprašovacia (atomizačná) para (\dot{m}_{AS}, h_{AS})	27	Para (\dot{m}_{AS}, h_{AS})
7	Olej, plyn ($\dot{m}_H, H_{(NH)}, h_H$)	28	ventilátor ID (P_G)
8	Uhlie ($\dot{m}_{Fo}, H_{(NF)}, h_F$)	29	Strata popolčekom (\dot{Q}_{FA})
9	Výkon práškovacieho zariadenia a ventilátora (P_M)	30	Lapač popolčeka (\dot{Q}_{DC}, P_{DC})
10	Práškovacie zariadenie	31	Strata oxidom uhoľnatým (\dot{m}_E, h_G)
11	Pomocný spaľovací systém práškovacieho zariadenia (olej, plyn) (\dot{Q}_M)	32	Ventilátor obiehajúceho plynu (P_{UG})
12	Strata troskou (\dot{Q}_{SL})	33	Prisávaný vzduch (\dot{m}_{LA}, h_{LA})
13	Temperovací vzduch práškovacieho zariadenia	34	Ďalší elektrický príkon (P)
14	Sekundárny vzduch	35	Napájacia voda (\dot{m}_{FW}, h_{FW})
14a	Horúci vzduch z práškovacieho zariadenia	36	Vstup I RH pary (\dot{m}_{RHI1}, h_{RHI1})
15	buď	37	Vstup II RH pary ($\dot{m}_{RHII1}, h_{RHII1}$)
16	alebo	38	Strata sálaním a prúdením (\dot{Q}_{RC})
17	Vnútoraná para	39	Vstrekovacia voda RH pary II ($\dot{m}_{SRII1}, h_{SRII1}$)
18	alebo	40	Vstrekovacia voda RH pary I (\dot{m}_{SRI1}, h_{SRI1})
18a	\dot{Q}_N	41	Zvyčajné hranice skupiny(celku)
19	Ohrievač vzduchu	42	Výstup II RH pary ($\dot{m}_{RHII2}, h_{RHII2}$)
20	Spiatočka popolčeka	43	Výstup I RH pary (\dot{m}_{RHI2}, h_{RHI2})
21	Vstrekovací vzduch pre (\dot{m}_{ALa})	44	Hlavná para (\dot{m}_{ST}, h_{ST})



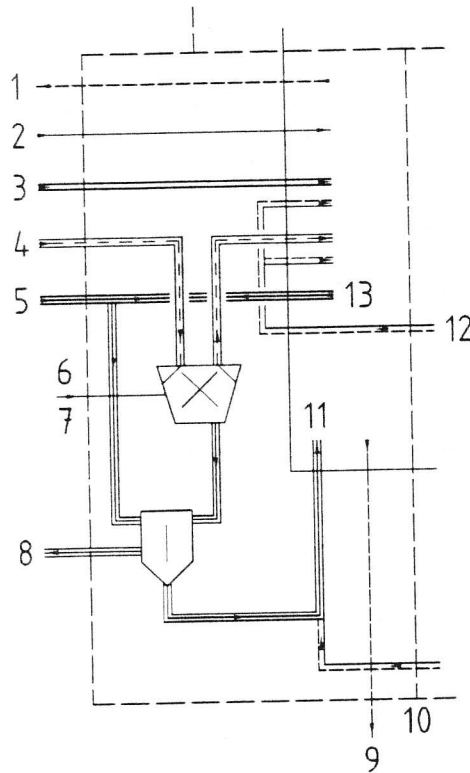
Legenda

pozri tabuľku 8.1-2

Obrázok 8.1-2 – Skupina s parným ohrievačom vzduchu

Tabuľka 8.1-2 – Pozície na obrázku 8.1-2

Č.	Opis	Č.	Opis
1	Sekundárny vzduch	12	Vonkajšia para
2	Horúci vzduch z práškovacieho zariadenia	13	ventilátor ID (P_G)
3	Temperovací vzduch z práškovacieho zariadenia	14	Strata popolčekom
4	Hranica skupiny	15	Vstrekovací vzduch pre \dot{m}_{LA}
5	Ohrievač vzduchu	16	Lapač prachu (\dot{Q}_{DC}, P_{DC})
6	Spiatočka popolčeka	17	Strata oxidom uhoľnatým (\dot{m}_G, h_G)
7	Vnútoraná para	18	Ventilátor obiehajúceho plynu (P_{UG})
8	Parný ohrievač vzduchu	20	Prisávaný vzduch (\dot{m}_{LA}, h_{LA})
9	Kondenzát (h_{SA2})	21	Ďalší elektrický príkon (P)
10	ventilátor FD (P_{FD})	22	alebo
11	Para (\dot{m}_{SA}, h_{SA1})	23	alebo

**Legenda**

pozri tabuľku 8.1-3

Obrázok 8.1-3 – Skupina so separátorom pary**Tabuľka 8.1-3 – Pozície na obrázku 8.1-3**

Č.	Opis
1	Vonkajšie chladenie (\dot{Q}_{EC})
2	Rozprašovacia (atomizačná) para (\dot{m}_{AS} , h_{AS})
3	Olej, plyn (\dot{m}_L , $H_{(N)H}$, h_H)
4	Uhlie (\dot{m}_{Fo} , $H_{(N)F}$, h_F)
5	Spaliny
6	Výkon práškovacieho zariadenia a ventilátora (P_M)
7	Práškovacie zariadenia
8	Pary
9	Strata troskou (\dot{Q}_{SL})
10	Hranica skupiny
11	Horák pre pary
12	Sekundárny vzduch
13	Horúci plyn

8.2 Referenčná teplota

Na výpočet príkonu a strát sa musí určiť nulová úroveň. Pretože vplyv tlaku na entalpie hmotnostných tokov na strane spalín pri pracovnom tlaku je minimálny, v tomto prípade je postačujúca iba špecifikácia teploty. Pre preberáciu skúšku musí byť referenčná teplota, t_r , 25 °C, pričom sa môžu dohodnúť aj iné teploty, v prípade ktorých je potrebná úprava výhrevnosti (CV) použitím vzťahu (8.2-1):

$$H_{(N)r} = H_{(N)} + \left[(1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}) c_{\text{Fdaf}} + \mu_{\text{Aod}} c_{\text{pAd}} - \mu_{\text{God}} c_{\text{pGod}} + \gamma_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{W}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{pST}} \right] (t_r - 25 \text{ °C}) \quad (8.2-1N)$$

$$H_{(G)r} = H_{(G)} + \left[(1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}) c_{\text{Fdaf}} + \mu_{\text{Aod}} c_{\text{pAd}} - \mu_{\text{God}} c_{\text{pGod}} + \gamma_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{W}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{W}} \right] (t_r - 25 \text{ °C}) \quad (8.2-1G)$$

kde $H_{(N)}$ je NCV pri 25 °C;

$H_{(N)r}$ NCV pri zvolenej referenčnej teplote, t_r ;

$H_{(G)}$ GCV pri 25 °C;

$H_{(G)r}$ GCV pri zvolenej referenčnej teplote, t_r .

Pretože referenčné teploty ležia v celkom úzkom rozsahu, môžu sa nasledujúce hodnoty použiť na celkové špecifické teplo v kJ/(kgK) pri 25 °C:

voda: $c_{\text{W}} = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

para: $c_{\text{pST}} = 1,86 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

suchý vzduch: $c_{\text{pAD}} = 1,005 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

suché spaliny: $c_{\text{pGod}} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

čierne uhlie: $c_{\text{Fdaf}} = (1 + 0,95 \gamma_{\text{VF}}) 0,877 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

hnedé uhlie: $c_{\text{Fdaf}} = 1,7 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

vykurovací olej typu S: $c_{\text{F}} = 1,7 \text{ kJ}/(\text{kgK})$;

metán: $c_{\text{F}} = 2,2 \text{ kJ}/(\text{kgK})$.

Ak je účinnosť kotla (ako sa to definuje v 8.4) funkciou zvolenej referenčnej teploty, akúkoľvek teplotu inú ako 25 °C musí stanoviť výrobca parného kotla pred začatím záruky.

Malo by sa zaznamenať, že keďže nulová úroveň závisí od referenčnej teploty, musí byť táto teplota ľubovoľné číslo, ktoré nemá nijaký vzťah k vonkajšej teplote.

8.3 Tepelný príkon, tepelný výkon a straty

8.3.1 Užitočný tepelný výkon

8.3.1.1 Parný kotol

Užitočný tepelný výkon, \dot{Q}_N , je celkové teplo, ktoré je prenesené v parnom kotle do vody a/alebo pary. Entalpia odkalenej vody sa pripočítava k užitočnému tepelnému výkonu, ak sa nedohodlo inak. Je to vyjadrené vzťahom (8.3-1):

$$\begin{aligned} \dot{Q}_N = & \dot{m}_{\text{ST}}(h_{\text{ST}} - h_{\text{FW}}) + \dot{m}_{\text{SS}}(h_{\text{FW}} - h_{\text{SS}}) + \dot{m}_{\text{RHII}}(h_{\text{RHII}} - h_{\text{RHII}}) + \dot{m}_{\text{SRI}}(h_{\text{RHII}} - h_{\text{SRI}}) \\ & + \dot{m}_{\text{RHII}}(h_{\text{RHII}} - h_{\text{RHII}}) + \dot{m}_{\text{SRII}}(h_{\text{RHII}} - h_{\text{SRII}}) + \dot{m}_{\text{BD}}(h_{\text{BD}} - h_{\text{FW}}) + \dot{m}_{\text{SA}}(h_{\text{SA}} - h) \end{aligned} \quad (8.3-1)$$

kde \dot{m}_{ST} je hmotnostný prietok ostrej pary;

$\dot{m}_{\text{RHII}}, \dot{m}_{\text{RHII}}$ hmotnostný prietok RH pary na vstupe RH I alebo II;

\dot{m}_{SS} hmotnostný prietok vstrekovacej vody pre hlavný parný chladič;

$\dot{m}_{SRI}, \dot{m}_{SRII}$	hmotnostný prietok vstrekovacej vody pre chladič RH pary I alebo II;
\dot{m}_{BD}	priemerný hmotnostný prietok odkalenej vody počas skúšky (pozri 6.7);
h_{FW}	entalpia napájacej vody;
h_{ST}	entalpia ostrej pary;
h_{SS}	entalpia vstrekovacej vody na vstupe z hlavného parného chladiča;
h_{BD}	entalpia odkalenej vody;
h_{RHI2}, h_{RHII2}	entalpia pary na výstupe s prihrievača I alebo II;
h_{RHI1}, h_{RHII1}	entalpia pary na vstupe do prihrievača I alebo II;
h_{SRI}, h_{SRII}	entalpia vstrekovacej vody pre chladič RH pary I alebo II;
\dot{m}_{SA}	hmotnostný prietok parného ohrievača vzduchu;
h_{SA}	entalpia vody v parnom ohrievači vzduchu prichádzajúcej z vnútorného zdroja v hranici celku;
h_{SA1}	entalpia pary prichádzajúcej z vnútorného zdroja na vstupe do parného ohrievača vzduchu;
h_{SA2}	entalpia vypusteného kondenzátu na výstupe z parného ohrievača vzduchu zásobovaného z vnútorného zdroja;
h	entalpia na vstupe do vysokotlakového (HP) alebo prihrievacieho systému (RH), ktorá závisí od toho, z ktorého vnútorného zdroja sa para pre parný ohrievač vzduchu odoberá: $h = h_{FW}$ pre vykurovaciú paru z HP systému; $h = h_{RHI1}$ pre vykurovaciú paru z RH I systému; $h = h_{RHII1}$ pre vykurovaciú paru z RH II systému;

Hmotnostný prietok prihriatej pary je získaný z energetickej rovnováhy a bilancie hmotnostného toku turbínou.

Ak parný ohrievač vzduchu je umiestnený vnútri hranice skupiny (pozri obrázok 8.1-1):

$$h_{SA} = h_{SA2} \quad (8.3-2)$$

Ak parný ohrievač vzduchu je umiestnený mimo hranice skupiny (pozri obrázok 8.1-2):

$$h_{SA} = h_{SA2} \quad (8.3-3)$$

Ak sa do parného ohrievača vzduchu para dodáva z vonkajšieho zdroja vzhľadom na blok, musí sa použiť vzťah (8.3-18).

Ak sa meria hmotnostný prietok napájacej vody, \dot{m}_{FW} , namiesto hmotnostného prietoku pary, \dot{m}_{ST} , ten sa musí stanoviť pomocou nasledujúceho vzájomného vzťahu:

$$\dot{m}_{ST} = \dot{m}_{FW} - \dot{m}_{BD} \quad \text{ak hmotnostný prietok vstrekovacej vody, } \dot{m}_{SS}, \text{ pre } \dot{m}_{FW} \text{ je odčítavaný na výstupe z clony;} \quad (8.3-4a)$$

$$\dot{m}_{ST} = \dot{m}_{FW} - \dot{m}_{BD} + \dot{m}_{SS} \quad \text{ak } \dot{m}_{SS} \text{ pre } \dot{m}_{FW} \text{ je odčítavaný na vstupe do clony.} \quad (8.3-4b)$$

Meranie prietoku vykonávané v súlade s 7.4.3.1 dost často poskytuje neprijateľné výsledky vzhľadom na prietok vstrekovacej vody, ak clony a dýzy nemôžu byť navrhnuté na podmienky preberacej skúšky. V takýchto prípadoch \dot{m}_s sa môže stanoviť prostredníctvom tepelnej a hmotnostnej bilancie chladičov, ktorá zabezpečuje, že sa meria teplota a tlak na vstupe a výstupe z chladiča a je skončené vyparovanie vstrekovacej vody až k meraciemu bodu na výstupe z chladiča (porovnaj vzťahy (8.3-5) až (8.3-6)).

$$\dot{m}_S = \dot{m}_{ST1}(h_{ST1} - h_{ST2}) / (h_{ST2} - h_S) \quad (8.3-5)$$

alebo

$$\dot{m}_S = \dot{m}_{ST2}(h_{ST1} - h_{ST2}) / (h_{ST1} - h_S) \quad (8.3-6)$$

kde \dot{m}_S je hmotnostný prietok vstrekovacej vody v chladiči;

h_{ST1} entalpia pary na vstupe z chladiča;

h_{ST2} entalpia pary na výstupe z chladiča;

\dot{m}_{ST1} hmotnostný prietok pary na vstupe do chladiča;

\dot{m}_{ST2} hmotnostný prietok pary na výstupe z chladiča;

Ak sa nemeria prietok RH pary v súlade s 7.4.3.1, môže sa odvodiť z hmotnostného prietoku SH pary odvodením nameraného alebo vypočítaného prietoku pary pre HP napájací zberač rovnako ako vypočítaný, nameraný alebo odhadnutý hmotnostný prietok tesniacej pary pre HP stupeň turbíny.

8.3.1.2 Horúcovodné kotly (generátory)

Pre horúcovodné kotly:

$$\dot{Q}_{N\ sta} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (8.3-7)$$

kde $\dot{Q}_{N\ sta}$ je ustálený užitočný tepelný tok;

\dot{m} hmotnostný prietok horúcej vody;

h_1 entalpia pri priemernej vstupnej teplote t_1 ;

h_2 entalpia pri priemernej výstupnej teplote t_2 ;

Pri akejkoľvek zmene priemernej teploty vody počas preberacej skúšky horúcovodného kotla sa požaduje prídavok, na rozdiel od ustáleného užitočného tepelného toku pre prechodovú časť, ktorá je:

$$\dot{Q}_N = \dot{Q}_{N\ sta} (1 + f) = \dot{Q}_{N\ sta} k_N \quad (8.3-8)$$

$$s\ f = \frac{V_B}{V} \frac{1,15}{t_2 - t_1} \frac{\Delta t_r}{\tau} \quad (8.3-9)$$

kde k_N je opravný faktor berúci do úvahy prechodovú časť užitočného tepla.

Ďalšie značky sú uvedené v 6.6.4.2

Pre zariadenia nosičov tepla sa analogicky musí používať:

$$\dot{Q}_N = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (8.3-10)$$

kde \dot{m} je hmotnostný prietok nosiča tepla;

h_1 entalpia na vstupe;

h_2 entalpia na výstupe.

8.3.2 Tepelný prikon

8.3.2.1 Všeobecne

Špecifikácie a vzťahy uvedené v 8.3.2 až 8.3.4 sa musia použiť pri preberacích skúškach, pri ktorých je spaľovaný iba jeden druh paliva. Hmotnostný prietok tohto paliva sa musí merať, ak je účinnosť stanovená priamou metódou, ale nemusí sa merať pri použití nepriamej metódy. Avšak pri nepriamej metóde sa

musí vypočítať rozdiel medzi tepelným príkonom, ktorý je úmerný hmotnostnému prietoku spaľovaného paliva a medzi tým, ktorý nie je.

Ak sa preberacie skúšky vykonávajú s kombináciou spaľovaných palív (spaľovací systém s viacerými druhmi paliva), musia byť splnené špecifikácie v 8.3.6.

8.3.2.2 Tepelný príkon úmerný k spaľovanému palivu

Tepelný príkon úmerný k spaľovanému palivu zahŕňa teplo obsiahnuté v palive (chemické teplo), teplo v rozprašovacej pare a vzduchu a teplo v spaľovacom vzduchu. Je to vyjadrené vzťahom (8.3-11):

$$\dot{Q}_{(N)ZF} = \dot{m}_F \left[(H_{(N)} + h_F) / (1 - l_u) + \mu_{AS} h_{(N)AS} + J_{(N)A} \right] \quad (8.3-11N)$$

$$\dot{Q}_{(N)ZF} = \dot{m}_F H_{(N)tot}$$

$$\dot{Q}_{(G)ZF} = \dot{m}_F \left[(H_{(G)} + h_F) / (1 - l_u) + \mu_{AS} h_{(G)AS} + J_{(G)A} \right] \quad (8.3-11G)$$

$$\dot{Q}_{(G)ZF} = \dot{m}_F H_{(G)tot}$$

kde \dot{m}_F je hmotnostný prietok paliva;

$H_{(N)}$ NCV paliva pri referenčnej teplote t_r ;

$H_{(G)}$ GCV paliva pri referenčnej teplote t_r ;

h_F entalpia paliva;

$$(h_F = \bar{c}_F (t_F - t_r)) \quad (8.3-12)$$

l_u je pomer hmotnostného prietoku nespáleného paliva k dodávanému;

$$l_u = \dot{m}_{F_u} / \dot{m}_{F_o} \text{ (porovnaj 8.3.3.4)}$$

$J_{(N)A}$ je entalpia spaľovacieho vzduchu z výpočtu NCV;

$$J_{(N)A} = \mu_A \bar{c}_{pA} (t_A - t_r) \quad (8.3-13N)$$

$J_{(G)A}$ je entalpia spaľovacieho vzduchu z výpočtu GCV;

$$J_{(G)A} = \mu_{Ad} \left[\bar{c}_{pAd} (t_A - t_r) + x_{H_2OAd} (L_r + \bar{c}_{pSt} (t_A - t_r)) \right] \quad (8.3-13G)$$

L_r je latentné teplo pri referenčnej teplote t_r ; $\bar{c}_{pSt} = 1,86 \text{ kJ/(kgK)}$;

μ_A pomer hmotnosti spaľovacieho vzduchu k hmotnosti paliva;

μ_{Ad} pomer hmotnosti suchého spaľovacieho vzduchu k hmotnosti paliva;

t_A teplota vzduchu v hranici skupiny;

μ_{AS} hmotnosť rozprašovacej pary;

$h_{(N)AS}$ entalpia rozprašovacej pary z výpočtu NCV;

$h_{(G)AS}$ entalpia rozprašovacej pary z výpočtu GCV;

$h_o(t_r)$ entalpia rozprašovacej pary podľa tabuliek pary pre $p \rightarrow 0$ pri referenčnej teplote (pozri tabuľku 8.3-1);

$h'(t_r)$ entalpia sýtej pary;

$h_{AS\ IFC}$ entalpia rozprašovacej pary podľa tabuliek pary (IFC) [10]

Pre paru dodávanú z vonkajšieho zdroja:

$$h_{(N)AS} = h_{AS\ IFC} - h_o(t_r) \quad (8.3-14N)$$

$$h_{(G)AS} = h_{AS\ IFC} - h'(t_r) \quad (8.3-14G)$$

kde $h_{AS\ IFC}$ je entalpia rozprašovacej pary podľa tabuliek pary (IFC) [10].

Pre paru dodávanú z vnútorného zdroja, t. j. keď rozprašovacia para je vedená priamo z parného kotla a prevedená pomocou obmedzovania prietoku a vstrekovacieho chladenia do požadovaného stavu:

$$h_{(N)AS} = h_{FW\ IFC} - h_o(t_r) \quad (8.3-15N)$$

$$h_{(G)AS} = h_{FW\ IFC} - h'(t_r) \quad (8.3-15G)$$

kde $h_{FW\ IFC}$ je entalpia napájacej vody podľa tabuliek pary (IFC) [10].

Tabuľka 8.3-1 – Špecifická entalpia pary ako funkcia teploty pre $p \rightarrow 0$ podľa tabuliek pary

t	0	5	10	15	20	25	30	35	40	°C
h_o	2501,8	2511,0	2520,3	2529,6	2538,9	2548,2	2557,5	2566,8	2576,1	kJ/kg
h'	0,0	21,0	42,0	62,9	83,9	104,8	125,7	146,6	167,5	kJ/kg

Ak je teplota vzduchu, t_A , v podstate vyššia ako teplota t_{LA} , pri ktorej je vzduch prisávaný do kotla (vstrekovací vzduch pre vratný systém popolčeka je zahrňovaný do prietoku prisávaného vzduchu), a ak objem prisávaného vzduchu, x_{LA} , je vysoký, môže sa vziať do úvahy pri stanovovaní J_A táto okolnosť.

Opravný faktor pre J_A , z_{LA} môže potom byť:

$$z_{LA} = 1 - x_{LA} (t_A - t_{LA}) / (t_A - t_r) \quad (8.3-16)$$

8.3.2.3 Zvyšky tepla

Zvyšky tepla, t. j. množstvo tepla iné ako chemické teplo (porovnaj 8.3.2.2), zahŕňa výkon zariadenia na výrobu uhoľného prášku, výkon spalinového recirkulačného ventilátora, výkon obehových čerpadiel a každého ďalšieho pohonu (takého, ako pre ohrievač vzduchu, ventilátor tesniaceho vzduchu a vratného systému popolčeka).

Okrem toho teplo v rozprašovacej pare sa musí pripočítať, ak sa prietok rozprašovacej pary priamo meria.

Celkový tepelný zvyšok, \dot{Q}_Z , musí byť vyjadrený takto:

$$\dot{Q}_{(N)Z} = P_M + P_{UG} + P + \dot{Q}_{SAE} + \dot{m}_{AS} h_{(N)AS} \quad (8.3-17N)$$

$$\dot{Q}_{(G)Z} = P_M + P_{UG} + P_U + P + \dot{Q}_{SAE} + \dot{m}_{AS} h_{(G)AS} \quad (8.3-17G)$$

kde P_M je výkon zariadenia na výrobu uhoľného prášku;

P_{UG} výkon spalinového recirkulačného ventilátora;

P_U výkon obehového čerpadla;

P výkon každého ďalšieho motora;

\dot{m}_{AS} hmotnostný prietok rozprašovacej pary;

$h_{(N)AS}$ entalpia rozprašovacej pary získaná výpočtom NCV (pozri 8.3.2.2);

$h_{(G)AS}$ entalpia rozprašovacej pary získaná výpočtom GCV (pozri 8.3.2.2).

Príslušné hodnoty výkonov sa musia stanoviť z elektrických príkonov, berúc do úvahy účinnosť motora a účinnosť každej prevodovky.

Pretože výkon akýchkoľvek pomocných motorov je obyčajne veľmi malý, môže sa často zanedbať alebo odhadnúť z údajov o výkone motora.

Tepelný príkon pary z vonkajšieho zdroja, ktorá zásobuje parný ohrievač vzduchu vnútri hranice skupiny, \dot{Q}_{SAE} , je:

$$\dot{Q}_{SAE} = \dot{m}_{SAE} (h_{SAE1} - h_{SAE2}) \quad (8.3-18)$$

kde h_{SAE1} je entalpia pary prichádzajúcej z vonkajšieho zdroja na vstupe do parného ohrievača vzduchu;

h_{SAE2} entalpia vypusteného kondenzátu na výstupe z parného ohrievača vzduchu zásobovaného z vonkajšieho zdroja.

8.3.2.4 Celkový tepelný príkon

Celkový tepelný príkon, \dot{Q}_{Ztot} , pozostáva z \dot{Q}_{ZF} a \dot{Q}_Z , t. j.:

$$\dot{Q}_{(N)Ztot} = \dot{Q}_{(N)ZF} + \dot{Q}_{(N)Z} = \dot{m}_F H_{(N)tot} + \dot{Q}_{(N)Z} \quad (8.3-19N)$$

$$\dot{Q}_{(G)Ztot} = \dot{Q}_{(G)ZF} + \dot{Q}_{(G)Z} = \dot{m}_F H_{(G)tot} + \dot{Q}_{(G)Z} \quad (8.3-19G)$$

Účinnosť parného kotla súvisí s touto veličinou.

8.3.3 Straty

8.3.3.1 Všeobecne

Pri stanovovaní účinnosti metódou vstup – výstup sa musia vypočítať straty, na ktoré sa požaduje záruka (porovnaj 5.2), pričom pri ostatných stratách je to nepotrebné. Pri použití metódy tepelných strát sa musí urobiť rovnaký rozdiel medzi stratami, ktoré sú úmerné k prietoku paliva a tými, ktoré nie sú a merajú sa priamo.

8.3.3.2 Straty spalinami

Straty spalinami sa musia vypočítať použitím nasledujúceho vzťahu:

$$\dot{Q}_{(N)G} = \dot{m}_F (J_{(N)G} - J_{(N)Gr}) = \dot{m}_F [\mu_{Gd} \bar{c}_{pGd} (t_G - t_r) + \mu_{H_2O} \bar{c}_{pST} (t_G - t_r)] = \dot{m}_F \mu_G \bar{c}_{pG} (t_G - t_r) \quad (8.3-20N)$$

$$\dot{Q}_{(G)G} = \dot{m}_F (J_{(G)G} - J_{(G)Gr}) = \dot{m}_F [\mu_{Gd} \bar{c}_{pGd} (t_G - t_r) + \mu_{H_2O} (h_{H_2OG} - h_{H_2Or})] \quad (8.3-20G)$$

alebo, ak hmotnostný prítok spalin, \dot{m}_G , sa meria priamo:

$$\dot{Q}_{(N)G} = \dot{m}_G [(1 - x_{H_2O}) \bar{c}_{pGd} (t_G - t_r) + x_{H_2O} \bar{c}_{pST} (t_G - t_r)] = \dot{m}_G \bar{c}_{pG} (t_G - t_r) \quad (8.3-21N)$$

$$\dot{Q}_{(G)G} = \dot{m}_G [(1 - x_{H_2O}) \bar{c}_{pGd} (t_G - t_r) + x_{H_2O} (h_{H_2OG} - h_{H_2Or})] \quad (8.3-21G)$$

s

$$\mu_{H_2O} = \mu_{H_2OF} - \mu_{AD} x_{H_2OAD} + \mu_{AS}$$

kde

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}f} = \gamma_{\text{H}_2\text{O}} + 8,937 \gamma_{\text{H}}$$

a

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \mu_{\text{H}_2\text{O}} / \mu_{\text{G}}$$

kde \dot{m}_F je hmotnostný prietok paliva;

$J_{(N)G}$ entalpia spalín pri teplote spalín, t_G , získaná výpočtom NCV (bez kondenzácie pary);

$J_{(N)Gr}$ entalpia spalín pri referenčnej teplote, t_r , získaná výpočtom NCV (bez kondenzácie pary);

$J_{(G)G}$ entalpia spalín pri teplote spalín, t_G , získaná výpočtom GCV (kondenzácia pary);

$J_{(G)Gr}$ entalpia spalín pri referenčnej teplote, t_r , získaná výpočtom GCV (kondenzácia pary);

μ_{G} pomer hmotnosti spalín k hmotnosti paliva;

μ_{Gd} pomer hmotnosti suchých spalín k hmotnosti paliva: $\mu_{\text{Gd}} = \mu_{\text{Gi}} - \mu_{\text{H}_2\text{O}}$;

$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ pomer hmotnosti vlhkosti v spalínach k hmotnosti paliva;

$\mu_{\text{H}_2\text{O}f}$ pomer hmotnosti vlhkosti pochádzajúcej z paliva (voda uchovaná a vytvorená spaľovaním) k hmotnosti paliva;

$\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$ hmotnosť H_2O v palive k hmotnosti paliva;

γ_{H} hmotnosť H v palive k hmotnosti paliva;

μ_{As} pomer hmotnosti rozprašovacej pary k hmotnosti paliva;

\bar{c}_{pG} celkové špecifické teplo spalín medzi t_G a t_r ;

\bar{c}_{pGd} celkové špecifické teplo suchých spalín medzi t_G a t_r ;

\dot{m}_G hmotnostný prietok spalín;

t_G teplota spalín;

t_r referenčná teplota;

$h_{\text{H}_2\text{O}G}$ entalpia pary alebo vody pri $p_G = 1$ bar a teplote spalín t_G ;

$h_{\text{H}_2\text{O}r}$ entalpia vody pri $p_r = 1$ bar a teplote spalín t_r ;

C_{pST} celkové špecifické teplo pary medzi t_G a t_r ;

$X_{\text{H}_2\text{O}}$ obsah vlhkosti v spalínach v kg/kg;

$X_{\text{H}_2\text{O}Ad}$ obsah vlhkosti vo vzduchu v kg/kg;

μ_{Ad} pomer hmotnosti spaľovacieho vzduchu k hmotnosti paliva.

8.3.3.3 Strata nespáleným CO

Táto strata spôsobená nespáleným CO, \dot{Q}_{CO} , sa musí vypočítať z:

$$\dot{Q}_{\text{CO}} = \dot{m}_F V_{\text{Gd}} Y_{\text{COd}} H_{\text{COd}} \quad (8.3-22)$$

kde \dot{m}_F je hmotnostný prietok paliva;

V_{Gd} objem suchých spalín;

y_{COd} objemový obsah CO v suchých spalinách;
 H_{COn} CV oxidu uhoľnatého na m^3 , vzťahujúca sa na štandardné podmienky;

8.3.3.4 Straty spôsobené entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku

Prípád 1: Ak sa merajú hmotnostné prietoky trosky a popolčeka, straty, \dot{Q}_{SF} , rovnajúce sa \dot{Q}_{SL} a \dot{Q}_{SA} musia byť:

$$\dot{Q}_{\text{SL}} = \dot{m}_{\text{SL}} \left[\bar{c}_{\text{SL}} (t_{\text{SL}} - t_r) + u_{\text{SL}} H_{\text{uu}} \right] = \dot{m}_{\text{SL}} h_{\text{SL}} \quad (8.3-23)$$

$$\dot{Q}_{\text{FA}} = \dot{m}_{\text{FA}} \left[\bar{c}_{\text{FA}} (t_{\text{G}} - t_r) + u_{\text{FA}} H_{\text{uu}} \right] = \dot{m}_{\text{FA}} h_{\text{FA}} \quad (8.3-24)$$

a pomer hmotnostných prietokov nespáleného paliva a dodávaného paliva, l_{u} , musí byť:

$$l_{\text{u}} = \frac{\gamma_{\text{Ash}} (1-v)}{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \frac{\dot{m}_{\text{SL}} u_{\text{SL}} + \dot{m}_{\text{FA}} u_{\text{FA}}}{\dot{m}_{\text{SL}} (1-u_{\text{SL}}) + \dot{m}_{\text{FA}} (1-u_{\text{FA}})} \quad (8.3-25)$$

Prípád 2: Ak sa meria iba hmotnostný prietok popolčeka a hmotnostný prietok trosky je stanovený z popolovej bilancie, strata, \dot{Q}_{SF} , musí byť:

$$\dot{Q}_{\text{SF}} = \dot{m}_{\text{F}} J_{\text{SL}}^* + \dot{Q}_{\text{FA}}^* \quad (8.3-26)$$

s

$$J_{\text{SL}}^* = \frac{\gamma_{\text{Ash}} (1-v)}{(1-l_{\text{u}}) (1-u_{\text{SL}})} h_{\text{SL}} \quad (8.3-27)$$

a

$$\dot{Q}_{\text{FA}}^* = \dot{m}_{\text{FA}} \left[h_{\text{FA}} - \frac{1-u_{\text{FA}}}{1-u_{\text{SL}}} h_{\text{SL}} \right] \quad (8.3-28)$$

a

$$l_{\text{u}} = \frac{\gamma_{\text{Ash}} (1-v)}{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \frac{1}{1-u_{\text{SL}}} \left[u_{\text{SL}} + (u_{\text{FA}} - u_{\text{SL}}) \frac{\dot{m}_{\text{FA}}}{\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{Ash}} (1-v)} \right] \quad (8.3-29)$$

Pre priamu metódu je:

$$\dot{m}_{\text{Fo}} \quad \text{nameraný prietok paliva}$$

a pre nepriamu metódu:

$$\dot{m}_{\text{Fo}} = \frac{\dot{Q}_{\text{N}} / \eta_{(\text{N})\text{B}} - \dot{Q}_{(\text{N})\text{Z}}}{H_{(\text{N})\text{tot}} (1-l_{\text{u}})} = \frac{\dot{Q}_{\text{N}} / \eta_{(\text{G})\text{B}} - \dot{Q}_{(\text{G})\text{Z}}}{H_{(\text{G})\text{tot}} (1-l_{\text{u}})} \quad (8.3-30)$$

iteračná metóda výpočtu sa musí použiť, ak l_{u} bude známe na výpočet \dot{m}_{Fo} .

Hmotnostný prietok popolčeka pozostáva z popolčeka oddeleného v lapači popolčeka a z toho, ktorý sa objaví na výstupe z lapača, ktorého množstvo je obyčajne zanedbateľné.

Majúc na pamäti, že dve veličiny J_{SL}^* a \dot{Q}_{FA}^* (pozri vzťahy (8.3-27) a (8.3-28)) navzájom súvisia, nesmú byť upravované oddelene pri výpočte chýb. Preto 9.4.6 stanovuje hodnoty neistoty pre J_{SL}^* , ktoré tiež pokrývajú¹⁾ neistotu pre \dot{Q}_{FA}^* .

Prípád 3: Ak je meraný iba hmotnostný prietok trosky a hmotnostný prietok popolčeka je stanovený z popolovej bilancie, strata \dot{Q}_{SF} , musí byť:

¹⁾ NÁRODNÁ POZNÁMKA. – V anglickom originály je nesprávne uvedené slovo „over“ (správne „cover“).

$$\dot{Q}_{SF}^* = \dot{Q}_{SL}^* + \dot{m}_F J_{FA}^* \quad (8.3-31)$$

s

$$\dot{Q}_{SL}^* = \dot{m}_{SL} \left[h_{SL} - \frac{1-u_{SL}}{1-u_{FA}} h_{FA} \right] \quad (8.3-32)$$

a

$$J_{FA}^* = \frac{\gamma_{Ash}(1-v)}{(1-l_u)(1-u_{FA})} h_{FA} \quad (8.3-33)$$

a

$$l_u = \frac{\gamma_{Ash}(1-v)}{1-\gamma_{Ash}-\gamma_{H2O}} \frac{1}{1-u_{FA}} \left[u_{FA} + (u_{SL} - u_{FA}) \frac{\dot{m}_{SL}}{\dot{m}_{Fo} \gamma_{Ash}(1-v)} \right] \quad (8.3-34)$$

Pre výpočet \dot{m}_{Fo} platí prípad 2.

Pre výpočet chýb je potrebné dodržať informácie uvedené pre prípad 2. Z tohto dôvodu 10.4.6 stanovuje iba hodnoty neistoty pre J_{FA} .

Prípad 4: Ak hmotnostné prietoky trosky a popolčeka sú stanovené s popolovej bilancie a účinnosti odvádzania popola, η_{SL} , (pozri prípad 4.1) alebo z účinnosti zachytávania popolčeka, η_{FA} , (pozri prípad 4.2) na základe množstva popolčeka, strata \dot{Q}_{SF}^* musí byť:

$$\dot{Q}_{SF}^* = \dot{Q}_{SL}^* + \dot{Q}_{FA}^* = \dot{m}_F J_{SF}^* \quad (8.3-35)$$

s

$$J_{SF}^* = \frac{\gamma_{Ash}(1-v)}{(1-l_u)} \left[\frac{\eta_{SL}}{1-u_{SL}} h_{SL} + \frac{\eta_{FA}}{1-u_{FA}} h_{FA} \right] \quad (8.3-36)$$

a

$$l_u^* = \frac{\gamma_{Ash}(1-v)}{1-\gamma_{Ash}-\gamma_{H2O}} \left[\frac{u_{SL}}{1-u_{SL}} \eta_{SL} + \frac{u_{FA}}{1-u_{FA}} \eta_{FA} \right] \quad (8.3-37)$$

V prípade 4.1 sa odhadne η_{SL} a

$$\eta_{FA} = 1 - \eta_{SL} \quad (8.3-38)$$

V prípade 4.2 $\eta_{FA} = x_{FA} \eta_G \frac{(1-l_u)(1-u_{FA})}{\gamma_{Ash}(1-v)} \quad (8.3-39)$

a

$$\eta_{SL} = 1 - \eta_{FA} \quad (8.3-40)$$

η_{SL} je definovaná ako pomer hmotnosti odvedeného popola z ohniska k hmotnosti popola v palive mínus jeho prchavá časť.

$$\eta_{SL} = \frac{\dot{m}_{SL}(1-u_{SL})}{\dot{m}_{Fo} \gamma_{Ash}(1-v)} \quad (8.3-41)$$

Vo vzťahoch (8.3-23) až (8.3-41)

- \dot{m}_{SL} je hmotnostný prietok trosky;
- \dot{m}_{FA} hmotnostný prietok popolčeka;
- \bar{c}_{SL} špecifické teplo trosky;
- \bar{c}_{FA} špecifické teplo popolčeka;
- t_{SL} teplota trosky;
- t_G teplota spalín;

t_r	referenčná teplota;
u_{SL}	obsah nespáleného paliva v troske;
u_{FA}	obsah nespáleného paliva v popolčeku;
H_{uu}	NCV nespáleného paliva;
γ_{Ash}	obsah popola v palive;
γ_{H_2O}	obsah vlhkosti v palive;
u_G	pomer hmotnosti spalín k hmotnosti paliva;
x_{FA}	hmotnostný obsah popolčka v spalínach v kg/kg;
v	obsah prchavých látok v popole;

Ako protiklad k stanoveniu popola bolo zavedené v , aby sa zobral do úvahy fakt, že je známe ďalšie množstvo popolčka, ktoré je prchavé pri vyšších teplotách ohniska. Zatiaľ sa nestanovilo do akého stupňa je v funkciou kvality uhlia a typu spaľovacieho zariadenia. Pre preberáciu skúšku sa odporúča predpokladať, že je to hodnota 5 % pre horákové a roštové spaľovacie systémy a 0 % pre systémy fluidného spaľovania.

Ak sú k dispozícii výsledky špeciálnych meraní, potom by takéto informácie mali byť známe v čase uzavretia zmluvy a uvedené v podmienkach záruky.

8.3.3.5 Iné, časovo závislé straty

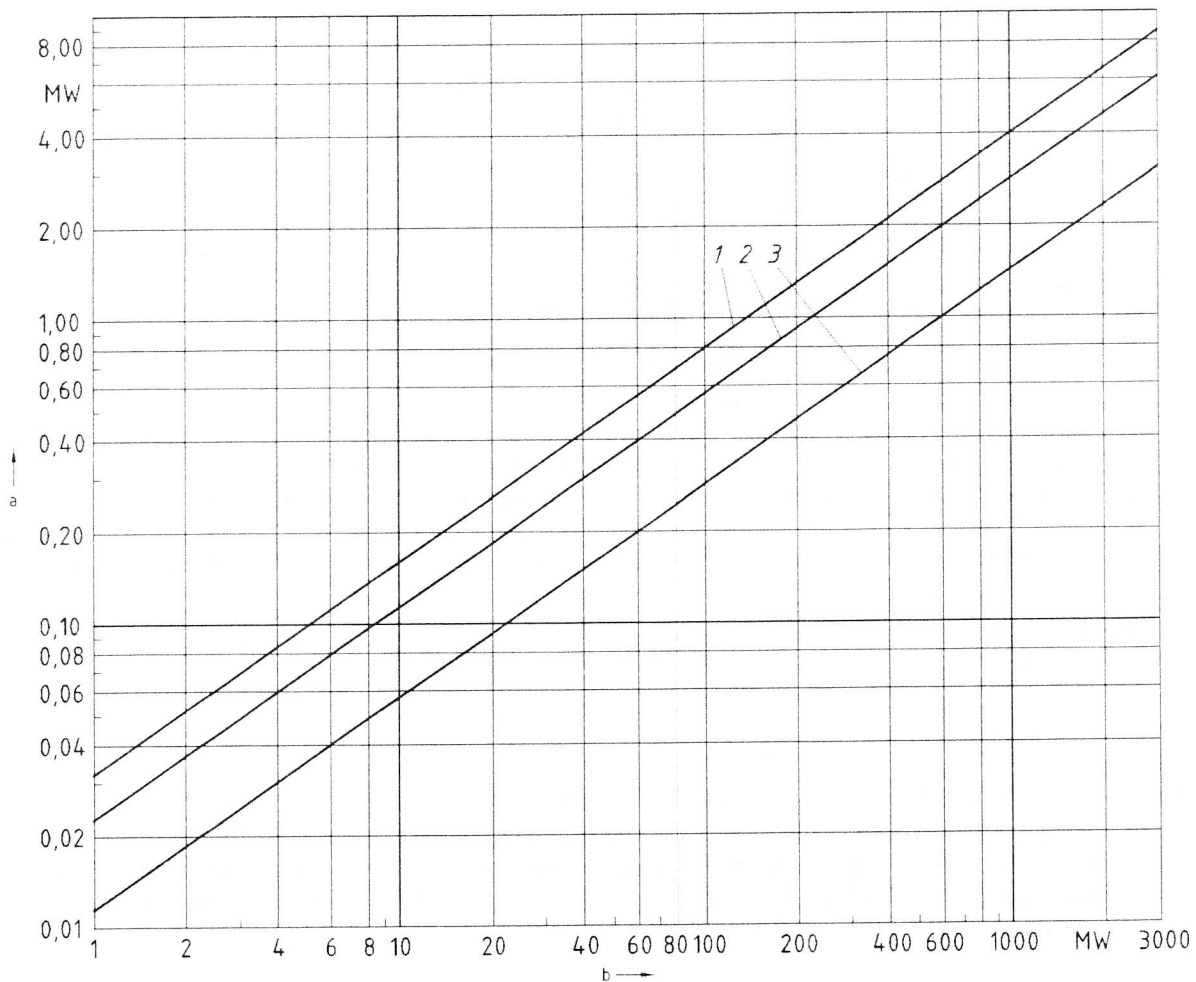
Patria sem straty spôsobené vonkajšími chladiacimi systémami, \dot{Q}_{EC} (napríklad chladenie horákov, obehových čerpadiel, ohrievača vzduchu a spalínového recirkulačného ventilátora). Tieto straty sa musia stanoviť individuálne meraním prietoku chladiacej vody a rozdielu teploty na vstupe/výstupe. Patria sem aj straty parou v parných kotloch s oddeľovačom pary v mlynici. Chladiace obvody napojené na HP systém kotla sa nesmú považovať za vonkajšie chladiace systémy.

8.3.3.6 Straty sálaním a prúdením

Pretože obyčajne nie je možné merať tepelné straty spôsobené sálaním a prúdením (ďalej len „straty sálaním a prúdením“), musia sa použiť empirické hodnoty.

Na obrázku 8.3-1 je zobrazená tepelná strata sálaním a prúdením, \dot{Q}_{RC} , v MW pre najpoužívanejšie tvary parného kotla ako funkcia maximálneho užitočného tepelného výkonu.

Pri parných kotloch so spaľovacími systémami na viac druhov paliva sa musí vybrať typ kotla použitý na výpočet na základe paliva, pre ktoré je parný kotol navrhnutý (napríklad pre kombinovaný kotol na čierne uhlie/vykurovací olej, hodnota \dot{Q}_{RC} sa musí vypočítať s ohľadom na blok spaľujúci uhlie).

**Legenda**

- a Straty sálaním a prúdením, \dot{Q}_{RC}
 b Maximálny užitočný tepelný výkon, \dot{Q}_N
 1 Hnedé uhlie, vysokopecný plyn a kotly s fluidným spaľovaním
 2 Kotly na čierne uhlie
 3 Kotly na vykurovací olej a zemný plyn

Obrázok 8.3-1 – Straty sálaním a prúdením ako funkcia maximálneho užitočného tepelného výkonu

Graf na obrázku 8.3-1 je založený na nasledujúcom vzťahu:

$$\dot{Q}_{RC} = C \dot{Q}_N^{0.7} \quad (8.3-42)$$

kde

- C = 0,0113 pre kotly na vykurovací olej a zemný plyn,
 0,0220 pre kotly na čierne uhlie a
 0,0315 pre kotly na hnedé uhlie a kotly s fluidným spaľovaním;

\dot{Q}_N je maximálny užitočný tepelný výkon v MW.

8.3.3.7 Celkové straty

Pri použití metódy tepelných strát sa straty musia spočítať v súlade s 8.3.3.1. Skupina, pre ktorú je potrebné určiť jednotlivé straty, závisí od veľkosti nameraných strát v každom jednom prípade. Straty sa musia rozdeliť do troch skupín.

a) straty úmerné k prietoku paliva, \dot{Q}_{LF}

$$\dot{Q}_{(N)LF} = \dot{m}_F J_{(N)LF} \quad (8.3-43N)$$

$$\dot{Q}_{(G)LF} = \dot{m}_F J_{(G)LF} \quad (8.3-43G)$$

Ako obyčajne, táto skupina zahŕňa straty spalinami (pozri 8.3.3.2), stratu spôsobenú nespáleným palivom (pozri 8.3.3.3) a straty spôsobené entalpiou trosky a popolčeka, J_{SL} , J_{FA} alebo J_{SF} (pozri 8.3.3.4).

b) straty nezávislé od prietoku paliva, \dot{Q}_L

Táto skupina obyčajne zahŕňa straty spôsobené entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku \dot{Q}_{FA} a \dot{Q}_{SL} alebo \dot{Q}_{SL} , alebo \dot{Q}_{FA} (pozri 8.3.3.4) a ďalšie časovo závislé straty (pozri 8.3.3.5).

c) straty sálaním a prúdením, \dot{Q}_{RC}

Pozri 8.3.3.6

Preto celková strata pre:

$$\dot{Q}_{(N)tot} = \dot{m}_F J_{(N)LF} + \dot{Q}_L + \dot{Q}_{RC} \quad (8.3-44N)$$

$$\dot{Q}_{(G)tot} = \dot{m}_F J_{(G)LF} + \dot{Q}_L + \dot{Q}_{RC} \quad (8.3-44G)$$

8.3.4 Výpočet pomerov hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva a špecifické teplo

8.3.4.1 Pomery hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva

Pomery hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva (ďalej len „obsah spaľovacieho vzduchu“ a „obsah spalín“) sa musia vypočítať buď na základe elementárnej analýzy (pozri 8.3.4.2), alebo štatistickými metódami (pozri 8.3.4.3). Na stanovenie neistoty merania je potrebné v prvom rade stanoviť nasledujúce stechiometrické parametre:

μ_{Aod} obsah spaľovacieho vzduchu v kg/kg

μ_{God} obsah spalín v kg/kg

V_{God} objem spalín (podmienky STP) v m³/kg

μ_{CO2o} obsah oxidu uhličitého v kg/kg

μ_{H2Of} obsah vodnej pary v kg/kg

Nasledujúce hodnoty musia byť tiež známe:

μ_{ASS} obsah rozprašovacej pary v kg/kg

x_{H2OAd} obsah vlhkosti v spalinách v kg/kg

Z toho vyplýva:

$$V_{CO2o} = \mu_{CO2o} / \rho_{nCO2} \quad (8.3-45)$$

$$\hat{y}_{CO2d} = V_{CO2o} / V_{God} \quad (8.3-46)$$

$$\mu_{Ad} = \mu_{Aod} + \rho_{nAd} V_{God} \frac{\hat{y}_{CO2d} - y_{CO2d}}{y_{CO2d} - y_{CO2Ad}} = \mu_{Aod} + \rho_{nAd} V_{God} \frac{y_{O2d}}{y_{O2Ad} - y_{O2d}} \quad (8.3-47)$$

$$\begin{aligned} V_{Gd} &= V_{God} + V_{God} \frac{\hat{y}_{CO2d} - y_{CO2d}}{y_{CO2d} - y_{CO2Ad}} = V_{God} \frac{\hat{y}_{CO2d} - y_{CO2Ad}}{y_{CO2d} - y_{CO2Ad}} = V_{God} + V_{God} \frac{y_{O2d}}{y_{O2Ad} - y_{O2d}} \\ &= V_{God} \frac{y_{O2d}}{y_{O2Ad} - y_{O2d}} \end{aligned} \quad (8.3-48)$$

$$\mu_{CO2} = \mu_{CO2o} + \rho_{nAd} V_{God} \frac{\hat{y}_{CO2d} - y_{CO2d}}{y_{CO2d} - y_{CO2Ad}} x_{CO2Ad} = \mu_{CO2o} + \rho_{nAd} V_{God} \frac{y_{O2d}}{y_{O2Ad} - y_{O2d}} \quad (8.3-49)$$

$$\mu_{H2O} = \mu_{H2Of} + \mu_{Ad} x_{H2OAd} + \mu_{AS} \quad (8.3-50)$$

$$\mu_A = \mu_{Ad} (1 + x_{H2OAd}) \quad (8.3-51)$$

$$\mu_G = \mu_A + 1 - \gamma_{Ash} (1 - v) + \mu_{AS} \quad (8.3-52)$$

$$x_{CO2} = \mu_{CO2} / \mu_G \quad (8.3-53)$$

$$x_{H2O} = \mu_{H2O} / \mu_G \quad (8.3-54)$$

$$\bar{c}_{pG} = f(x_{H2O}, x_{CO2}, t) \quad (8.3-55)$$

kde y_{CO2Ad} je obsah oxidu uhličitého v suchom vzduchu (= 0,00033 m³/m³)

y_{O2Ad} obsah kyslíka v suchom vzduchu (= 0,20938 m³/m³)

ρ_{nCO2} hustota oxidu uhličitého pri normálnych podmienkach (= 1,9770 kg/m³)

ρ_{Ad} hustota suchého vzduchu pri normálnych podmienkach (= 1,2930 kg/m³)

x_{CO2Ad} obsah oxidu uhličitého v suchom vzduchu (= 0,000505 kg/kg)

POZNÁMKA. – Podľa DIN 1871 [14].

8.3.4.2 Elementárna analýza

8.3.4.2.1 Tuhé palivá a vykurovací olej

Zloženie tuhých a kvapalných palív treba vyjadriť z hľadiska nasledujúcich obsahov v kg/kg

γ_C obsah uhlíka

γ_H obsah vodíka

γ_S obsah síry

γ_O obsah kyslíka

γ_N obsah dusíka

γ_{H2O} obsah vody

γ_{Ash} obsah popola

Súčet prvkov sa musí rovnať jednej, t. j.:

$$\sum \gamma_i = 1 \quad (8.3-56)$$

Ak γ_{ON} je stanovený aj pre tuhé palivo, musí sa urobiť výpočet použitím $\gamma_{N, daf} = 1,5 \%$:

$$\gamma_N = 0,015 (1 - \gamma_A - \gamma_{H2O}) \quad (8.3-57)$$

$$\gamma_{\text{O}} = \gamma_{\text{ON}} - \gamma_{\text{N}}$$

Nasledujúce parametre musia byť vypočítané:

$$H_{\text{Aod}} = 11,5122\gamma_{\text{C}} + 34,2974\gamma_{\text{H}} + 4,3129\gamma_{\text{S}} - 4,3212\gamma_{\text{O}} \quad (8.3-58)$$

$$H_{\text{God}} = 12,5122\gamma_{\text{C}} + 26,3604\gamma_{\text{H}} + 5,3129\gamma_{\text{S}} - 3,3212\gamma_{\text{O}} + 1,0\gamma_{\text{N}} \quad (8.3-59)$$

$$V_{\text{God}} = 8,8930\gamma_{\text{C}} + 20,9724\gamma_{\text{H}} + 3,3190\gamma_{\text{S}} - 2,6424\gamma_{\text{O}} + 0,7997\gamma_{\text{N}} \quad (8.3-60)$$

$$H_{\text{CO2o}} = 3,6699\gamma_{\text{C}} + 0,0173\gamma_{\text{H}} + 0,0022\gamma_{\text{S}} - 0,0022\gamma_{\text{O}} \quad (8.3-61)$$

$$H_{\text{H2Of}} = 8,9370\gamma_{\text{H}} + 1,0\gamma_{\text{H2O}} \quad (8.3-62)$$

8.3.4.2.2 Vykurovacie plyny

Výhrevnosť sa musí určiť experimentom alebo analýzou zloženia vykurovacieho plynu.

Zloženie vykurovacích plynov, γ_i , v m^3/m^3 je uvedené v tabuľke 8.3-2.

Tabuľka 8.3-2 – Zloženie vykurovacích plynov

Druh plynu		Molová hmotnosť	Molový objem	Hustota	Plynová konštanta	GCV	NCV	GCV	NCV
Zloženie	Opis	M kg/kmol	V_{m}^n m^3/kmol	ρ_{ni} kg/ m^3	R kJ/kg/K	$H_{(\text{G})\text{n}}$ MJ/ m^3	$H_{(\text{N})\text{n}}$ MJ/ m^3	$H_{(\text{G})}$ MJ/kg	$H_{(\text{N})}$ MJ/kg
γ_{CO}	obsah oxidu uhľoňatého	28,0104	22,400	1,2505	0,29665	12,633	12,633	10,103	10,103
γ_{H_2}	obsah vodíka	2,0158	22,428	0,08998	4,12723	12,745	10,783	141,800	119,971
γ_{CH_4}	obsah metánu	16,0428	22,360	0,7175	0,51703	39,819	36,883	55,499	50,013
$\gamma_{\text{C}_2\text{H}_4}$	obsah eténu	28,0536	22,245	1,2611	0,29414	63,414	59,458	50,284	47,147
$\gamma_{\text{C}_2\text{H}_6}$	obsah etánu	30,0693	22,191	1,3550	0,27376	64,293	64,345	51,876	47,486
$\gamma_{\text{C}_3\text{H}_6}$	obsah propénu	44,0962	21,928	2,0110	0,18446	101,242	93,215	50,346	46,354
$\gamma_{\text{C}_3\text{H}_8}$	obsah propánu	42,0804	21,998	1,9129	0,19392	93,575	87,575	48,918	45,781
$\gamma_{\text{C}_4\text{H}_{10}}$	obsah butánu	58,1230	21,461	2,7083	0,13697	134,061	123,809	49,500	45,715
γ_{N_2}	obsah dusíka	28,0134	22,403	1,2504	0,29666	0,000	0,000	0,000	0,000
γ_{CO_2}	obsah oxidu uhličitého	44,0098	22,261	1,9770	0,18763	0,000	0,000	0,000	0,000
γ_{O_2}	obsah kyslíka	31,9988	22,392	1,4290	0,25968	0,000	0,000	0,000	0,000
$\gamma_{\text{H}_2\text{S}}$	obsah sírovodíka	34,0760	22,192	1,5355	0,24168	25,336	23,353	16,500	15,209

POZNÁMKA. – Založené na štandardnej hustote [14], [15].

Súčet prvkov sa musí rovnať jednej, t. j.:

$$\sum \gamma_i = 1 \quad (8.3-63)$$

Hustota vykurovacieho plynu pri normálnych podmienkach, v kg/m^3 , je vyjadrená:

$$\rho_n = \sum \gamma_i \rho_{\text{ni}} \quad (8.3-64)$$

Hmotnostný zlomok sa musí vypočítať takto:

$$x_i = y_i / \rho_{ni} / \rho_n \quad (8.3-65)$$

Výpočet výhrevnosti:

$$H_{(G)n} = \sum H_{(G)ni} y_i \quad (8.3-65aG)$$

$$H_{(N)n} = \sum H_{(N)ni} y_i \quad (8.3-65aN)$$

$$H_{(G)} = \sum H_{(G)i} x_i \quad (8.3-65bG)$$

$$H_{(N)} = \sum H_{(N)i} x_i \quad (8.3-65bN)$$

Prepočet NCV na GCV:

$$H_{(N)} = H_{(N)n} / \rho_n \quad (8.3-66)$$

$$H_{(G)} = H_{(N)} + \mu_{H_2O} L_T \quad (8.3-67)$$

s

$$L_T = 2442,5 \text{ kJ/kg} \quad (8.3-68)$$

$$H_{(N)} = H_{(N)n} / \rho_n \quad (8.3-69)$$

$$H_{(N)n} \left[\text{MJ/m}^3 \right] = H_{(N)n} \left[\text{kWh/m}^3 \right] \cdot 3,6$$

kde

$H_{(N)n}$ je NCV, v kJ/m³ alebo MJ/m³;

$H_{(N)}$ NCV, v kJ/kg alebo MJ/kg;

$H_{(G)n}$ GCV, v kJ/m³ alebo MJ/m³;

$H_{(G)}$ GCV, v kJ/kg alebo MJ/kg;

L_T špecifické latentné teplo v kJ/kg pri 25 °C.

Ak $C_m H_n$ je súčet vyšších uhľovodíkov pre príslušný vykurovací plyn, musia sa vo výpočte použiť hodnoty pre propén (C_3H_6).

$$\mu_{Aod} = \sum \mu_{Aodi} x_i \quad (8.3-70)$$

$$\mu_{God} = \sum \mu_{Godi} x_i \quad (8.3-71)$$

$$V_{God} = \sum V_{Godi} x_i \quad (8.3-72)$$

$$\mu_{CO_2o} = \sum \mu_{CO_2oi} x_i \quad (8.3-73)$$

$$\mu_{H_2O} = \sum \mu_{H_2O_i} x_i \quad (8.3-74)$$

Pre tieto parametre sú hodnoty uvedené v tabuľke 8.3-3.

Tabuľka 8.3-3 – Obsah spaľovacieho vzduchu a spalín, objem spalín, obsah CO₂ a vodnej pary v spalínach

	\bar{c}_{pAd0} kg/kg	\bar{c}_{pGd0} kg/kg	V_{Gd0} m ³ /kg	\bar{c}_{CO2d0} kg/kg	\bar{c}_{H2Od0} kg/kg
CO	2,46825	3,46825	2,30404	1,57244	-
H ₂	34,29736	26,36036	20,97240	0,01731	8,93700
CH ₄	17,23826	15,99234	11,92859	2,75201	2,24592
C ₂ H ₄	14,78668	14,50234	10,62890	3,14501	1,28434
C ₂ H ₆	16,09464	15,29728	11,32231	2,93534	1,79736
C ₃ H ₈	15,67859	15,04442	11,10174	3,00203	1,63417
C ₄ H ₁₀	15,46334	14,91360	10,98763	3,03654	1,54975
C ₃ H ₆	14,78668	14,50234	10,62890	3,14501	1,28434
H ₂ S	6,08668	6,55801	4,36332	0,00307	0,52868
O ₂	-4,32120	-3,32120	-2,64236	-0,00218	-
N ₂	-	1,00000	0,79972	-	-
CO ₂	-	1,00000	0,50582	1,00000	-

8.3.4.3 Štatistická analýza

Štatistické vzťahy sú uvedené v prílohe A. Je potrebné vypočítať štatistické hodnoty spaľovania.

8.3.4.4 Špecifické teplo spalín a spaľovacieho vzduchu

Špecifické teplo spalín a spaľovacieho vzduchu sa musí vypočítať takto:

$$\bar{c}_{pG0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{1m} x_{H2O} + P_{2m} x_{CO2} \quad (8.3-75)$$

$$\bar{c}_{pA0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{1m} x_{H2OA} \quad (8.3-76a)$$

$$\bar{c}_{pGd0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{2m} x_{CO2} \quad (8.3-76b)$$

kde \bar{c}_{pG0} je celkové špecifické teplo medzi 0°C a t °C v kJ/(kgK);

\bar{c}_{pAd0} celkové špecifické teplo suchého vzduchu medzi 0°C a t °C v kJ/(kgK);

\bar{c}_{pA0} celkové špecifické teplo vlhkého vzduchu medzi 0°C a t °C v kJ/(kgK);

\bar{c}_{pGd0} celkové špecifické teplo suchých spalín medzi 0°C a t °C v kJ/(kgK);

x_{H2OA} obsah vody vo vlhkom vzduchu v kg/kg, $x_{H2OA} = x_{H2OAd} / (1 + x_{H2OAd})$

$$\bar{c}_{pAd0} = a + \frac{b}{2}t + \frac{c}{3}t^2 + \frac{d}{4}t^3 + \frac{e}{5}t^4 + \frac{f}{6}t^5 \quad (8.3-77)$$

$$P_{1m} = a_1 + \frac{b_1}{2}t + \frac{c_1}{3}t^2 + \frac{d_1}{4}t^3 + \frac{e_1}{5}t^4 \quad (8.3-78)$$

$$P_{2m} = a_2 + \frac{b_2}{2}t + \frac{c_2}{3}t^2 + \frac{d_2}{4}t^3 + \frac{e_2}{5}t^4 \quad (8.3-79)$$

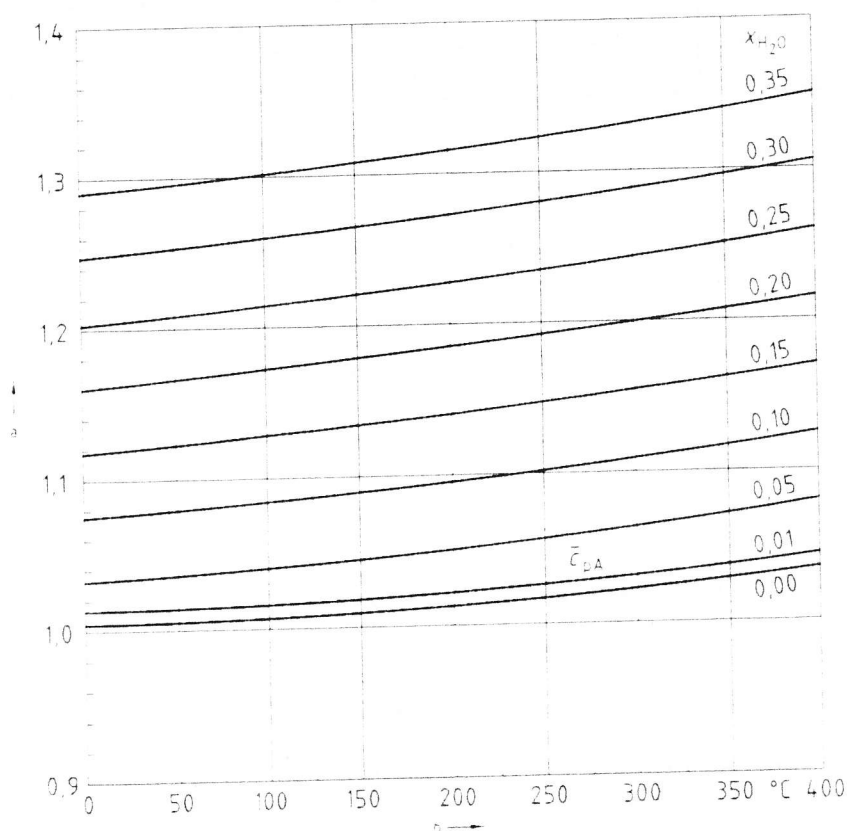
Pozri tabuľku 8.3-4 o koeficientoch polynómov a obrázok 8.3-2.

Celkové špecifické teplo medzi teplotami t_1 a t_2 sa musí stanoviť podľa:

$$\bar{c}_p = \frac{\bar{c}_{p0}(t_1) t_1 - \bar{c}_{p0}(t_2) t_2}{t_1 - t_2} \quad (8.3-80)$$

Tabuľka 8.3-4 – Koeficienty polynómov na stanovenie hodnoty celkového špecifického tepla

Polynóm (8.3-77)		Polynóm (8.3-78)		Polynóm (8.3-79)	
a	0,1004173 E + 01	a_1	0,8554535	a_2	- 0,1002311
b	0,1919210 E - 04	b_1	0,2036005 E - 03	b_2	0,7661864 E - 03
c	0,5883483 E - 06	c_1	0,4583082 E - 06	c_2^1	- 0,9259622 E - 06
d	- 0,7011184 E - 09	d_1	- 0,2798080 E - 09	d_2	0,5293496 E - 09
e	0,3309525 E - 12	e_1	0,5634413 E - 13	e_2	- 0,1093573 E - 12
f	- 0,5673876 E - 16				



Legenda

- a Celkové špecifické teplo spalín, \bar{c}_{pG} , a spaľovacieho vzduchu, \bar{c}_{pA} , v kJ/(kg K)
 b Teplota: t

Obrázok 8.3-2 – Celkové špecifické teplo spalín a spaľovacieho vzduchu ako funkcia teploty

¹ NÁRODNÁ POZNAMKA – V anglickom origináli normy je nesprávne uvedená hodnota c_1 .

8.3.5 Priame odsírenie

8.3.5.1 Všeobecne

Vápno vo forme uhličitanu vápenatého (vápenec, vápencový stĺp), CaCO_3 , oxidu vápenateho, CaO alebo hydroxidu vápenatého, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sa pridáva do uhlia v procese priameho odsírenia, pri ktorom oxid vápenatý, privedený alebo vyrábaný vnútri ohniska reaguje s oxidom siričitým zo spalovania síry v uhlí za vzniku síričitanu vápenatého, CaSO_4 .

Nasledujúce parametre sa musia kvantifikovať, aby sa vykonali potrebné úpravy výpočtov účinnosti a tepelnej a hmotnostnej bilancie:

1. Podiel vápna

$$a_{\text{Ca}} = \frac{\text{skutočné množstvo pridaného vápna}}{\text{stechiometrické množstvo vápna}}$$

2. Účinnosť odsírenia

$$I_{\text{S}} = \frac{\text{sulfánová síra}}{\text{celkové množstvo síry}}$$

Nasledujúce reakcie spôsobia zmeny zloženia spaľovacieho vzduchu a spalín:

- Ak sa ako prísada pridáva uhličitan vápenatý, odlučuje sa CO_2 , čoho výsledkom je nárast obsahu CO_2 v spalínach.
- Voda sa odlučuje, ak sa ako prísada použil hydroxid vápenatý, a preto sa zväčší obsah pary v spalínach.
- Obsah oxidu siričitého v spalínach sa zníži chemicky viazaným reťazcom.
- Sulfácia vyžaduje použitie kyslíka, t. j. vzduchu. Tento prídavný vzduch obsahuje oxid uhličitý, argón a dusík, ktoré majú za následok zvýšenie obsahu oxidu uhličitého. Okrem toho je ovplyvnený objemový obsah spalín.

Dodatočné údaje, ktoré sa použili na hmotnostnú bilanciu, sú hmotnostný prietok prísady, \dot{m}_k , a hmotnosť popola získaného z kotla zväčšená o vytvorený neviazaný oxid vápenatý a síričitan vápenatý.

Faktor vzduchu, n , v tomto prípade súvisí so skutočnou hmotnosťou spaľovacieho vzduchu z uhlia.

Vzťahy uvedené v 8.3.5.2 až 8.3.5.5 sa môžu formulovať štandardným spôsobom na všetky prísady, ak sa použijú množstvá uvedené v tabuľke 8.3-5.

Tabuľka 8.3-5 – Konštanty prísad

Prísada	CaCO_3	CaO	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
$a = M_{\text{O}_2}/2M_{\text{S}}$	0,49904	0,49904	0,49904
$a_v = V_{\text{mnO}_2}/2 M_{\text{S}}$	0,34922	0,34922	0,34922
$b = M_{\text{CO}_2}/2M_{\text{S}}$	1,37272	0	0
$b_v = V_{\text{mnCO}_2}/2 M_{\text{S}}$	0,69435	0	0
$c = M_{\text{H}_2\text{O}}/M_{\text{S}}$	0	0	0,56192
$c_v = V_{\text{mnH}_2\text{O}}/M_{\text{S}}$	0	0	0,69912
h_{Ca} kJ/kg	- 5583	0	- 3416
h_{CaSO_4} kJ/kg	15652	15652	15652

8.3.5.2 Podiel vápna a účinnosť odsírenia

Na výpočet podielu vápna musí byť známy hmotnostný prietok prísady, \dot{m}_K , a paliva, \dot{m}_{F_0} . Hmotnostný prietok prísady sa stanoví pomocou dávkovacieho zariadenia. Pri metóde vstup -výstup sa meria hmotnostný prietok paliva alebo sa stanoví pomocou účinnosti pri použití metódy tepelných strát, kde sa musí zaviesť iteratívny prístup:

$$\mu_K = \dot{m}_K / \dot{m}_{F_0} \quad (8.3-81)$$

$$\eta_{Ca} = \frac{\mu_K}{\gamma_S (1,74919 + b + c)} \quad (8.3-82)$$

$$\eta_S = \frac{V_{SO2K}}{V_{SO2}} = 1 - \frac{V_{GdK} \cdot y_{SO2d}}{\gamma_S \cdot 0,68172} \quad (8.3-83)$$

kde \dot{m}_{F_0} je hmotnostný prietok paliva v kg/s;

\dot{m}_K hmotnostný prietok prísady v kg/s;

γ_S obsah síry v palive v kg/kg;

V_{GdK} objem spalín v m³/kg;

y_{SO2d} nameraný obsah SO₂ v spalínach v m³/m³.

Ak je obsah SO₂ v spalínach vyjadrený v mg/m³, potom

$$\frac{y_{SO2d}}{m^3/m^3} = 0,3412 \frac{y_{SO2d}}{mg/m^3} 10^{-6} \quad (8.3-84)$$

Vypočítaná účinnosť odsírenia sa požaduje na stanovenie parametrov spaľovania v systémoch priameho odsírenia. Táto norma sa nevzťahuje na akékoľvek záruky na účinnosť odsírenia.

8.3.5.3 Elementárna analýza

V prípade priameho odsírenia sa k parametrom uvedeným v 8.3.4.1 musí pridať index K. Ak γ_S je obsah síry v palive:

$$\mu_{AodK} = \mu_{Aod} + \gamma_S \eta_S a \quad (8.3-85)$$

$$\mu_{GodK} = \mu_{God} + \gamma_S [\eta_{Ca} b + \eta_S (a \cdot 3,32120 - 1,99808)] \quad (8.3-86)$$

$$V_{GodK} = V_{God} + \gamma_S [\eta_{Ca} b_V + \eta_S (a_V \cdot 3,77601 - 0,68172)] \quad (8.3-87)$$

$$\mu_{CO2oK} = \mu_{CO2o} + \gamma_S (\eta_{Ca} b + \eta_S a \cdot 0,00218) \quad (8.3-88)$$

$$\mu_{H2OFK} = \mu_{H2OF} + \gamma_S \eta_S c \quad (8.3-89)$$

Z toho je odvodené:

$$V_{CO2oK} = \mu_{CO2oK} / \rho_{nCO2} \quad (8.3-90)$$

$$\hat{y}_{CO2dK} = V_{CO2oK} / V_{GodK} \quad (8.3-91)$$

$$\begin{aligned} \mu_{AdK} &= \mu_{AodK} + \rho_{nAd} V_{GodK} \frac{\hat{y}_{CO2dK} - y_{CO2d}}{y_{CO2d} - y_{CO2Ad}} \\ &= \mu_{AodK} + \rho_{nAd} V_{GodK} \frac{Y_{O2d}}{y_{O2Ad} - y_{O2d}} \end{aligned} \quad (8.3-92)$$

$$V_{\text{GdK}} = V_{\text{GodK}} \frac{\hat{y}_{\text{CO2dK}} - y_{\text{CO2d}}}{y_{\text{CO2d}} - y_{\text{CO2Ad}}} \quad (8.3-93)$$

$$= V_{\text{GodK}} \frac{y_{\text{O2d}}}{y_{\text{O2Ad}} - y_{\text{O2d}}}$$

$$\mu_{\text{CO2K}} = \mu_{\text{CO2oK}} + \rho_{\text{nAd}} V_{\text{GodK}} \frac{\hat{y}_{\text{CO2dK}} - y_{\text{CO2d}}}{y_{\text{CO2d}} - y_{\text{CO2Ad}}} x_{\text{CO2Ad}} \quad (8.3-94)$$

$$= \mu_{\text{CO2oK}} + \rho_{\text{nAd}} V_{\text{GodK}} \frac{y_{\text{O2d}}}{y_{\text{O2Ad}} - y_{\text{O2d}}} x_{\text{CO2Ad}}$$

kde y_{CO2d} je obsah CO_2 nameraný v suchých spalinách;

y_{O2d} obsah O_2 nameraný v suchých spalinách.

$$\mu_{\text{H2OK}} = \mu_{\text{H2oK}} + \mu_{\text{AdK}} x_{\text{H2OAd}} \quad (8.3-95)$$

$$\mu_{\text{AK}} = \mu_{\text{AdK}} (1 + x_{\text{H2OAd}}) \quad (8.3-96)$$

$$\mu_{\text{GK}} = \mu_{\text{AK}} + 1 - \rho_{\text{AshK}} + \mu_{\text{K}} \quad (8.3-97)$$

$$x_{\text{CO2K}} = \mu_{\text{CO2K}} / \mu_{\text{GK}} \quad (8.3-98)$$

$$x_{\text{H2OK}} = \mu_{\text{H2OK}} / \mu_{\text{GK}} \quad (8.3-99)$$

Hodnoty pre y_{CO2dA} , y_{O2Ad} , ρ_{nAd} a x_{CO2dA} sa môžu zobrať z 8.3.4.1.

Parametre bez indexu K sa môžu vypočítať v súlade s 8.3.4.2.1 až 8.3.4.2.2.

8.3.5.4 Tepelná a hmotnostná rovnováha

Odlúčenie uhlíčitanu vápenatého a/alebo bezvodého vápnika vyžaduje endotermické reakcie, na ktoré sa požaduje vstupná energia. Naopak, CaSO_4 je vytvorený exotermickou reakciou, pri ktorej sa energia získava. Je to:



Ak sa vzťahujú tieto energie na 1 kg síry (s $M_{\text{S}} = 0,0320602 \text{ kg/mol}$), entalpie na jeden kg síry, h_{Ca} a h_{CaSO_4} sa získajú tak, ako sa to uvádza v tabuľke 8.3-5.

Výhrevnosť treba upraviť takto:

$$H_{(\text{N})\text{K}} = H_{(\text{N})} + \gamma_{\text{S}} (\eta_{\text{S}} h_{\text{CaSO}_4} + n_{\text{Ca}} (h_{\text{Ca}} - L_r)) \text{ kJ/kg} \quad (8.3-103\text{N})$$

$$H_{(\text{G})\text{K}} = H_{(\text{G})} + \gamma_{\text{S}} (\eta_{\text{S}} h_{\text{CaSO}_4} + n_{\text{Ca}} h_{\text{Ca}}) \text{ kJ/kg} \quad (8.3-103\text{G})$$

Obsah prísad v palive, μ_{K} , v kg/kg, je stanovený podľa:

$$\mu_{\text{K}} = \gamma_{\text{S}} n_{\text{Ca}} (1,74919 + b + c) \quad (8.3-104)$$

Množstvo popola vrátane zvyškov inertného materiálu na kg paliva, γ_{AshK} , sa stanoví podľa:

$$\gamma_{\text{AshK}} = \gamma_{\text{Ash}} + \gamma_{\text{S}} [(n_{\text{Ca}} - \eta_{\text{S}}) 1,74919 + \eta_{\text{S}} 4,24632] \quad (8.3-105)$$

$$= \gamma_{\text{Ash}} + \gamma_{\text{S}} (n_{\text{Ca}} 1,74919 + \eta_{\text{S}} 2,49713)$$

V tomto prípade zvyšky inertného materiálu pozostávajú z oxidu vápenatého (CaO) a síričitanu vápenatého (CaSO_4), t. j.:

$$\gamma_{\text{AshCaO}} = \gamma_{\text{S}} (n_{\text{Ca}} - \eta_{\text{S}}) 1,74919 \quad (8.3-106)$$

$$\gamma_{\text{AshCaSO}_4} = \gamma_{\text{S}} \gamma_{\text{S}} 4,24632 \quad (8.3-107)$$

Celková výhrevnosť sa získava:

$$H_{(\text{N})\text{totK}} = \left[H_{(\text{N})} + \gamma_{\text{S}} (\gamma_{\text{S}} h_{\text{CaSO}_4} + n_{\text{Ca}} (h_{\text{Ca}} - cL_r)) + h_{\text{F}} + \mu_{\text{K}} h_{\text{K}} \right] / (1 - l_{\text{u}}) + J_{(\text{N})\text{AK}} \quad (8.3-108\text{N})$$

$$H_{(\text{G})\text{totK}} = \left[H_{(\text{G})} + \gamma_{\text{S}} (\gamma_{\text{S}} h_{\text{CaSO}_4} + n_{\text{Ca}} h_{\text{Ca}}) + h_{\text{F}} + \mu_{\text{K}} h_{\text{K}} \right] / (1 - l_{\text{u}}) + J_{(\text{G})\text{AK}} \quad (8.3-108\text{G})$$

kde h_{K} je špecifická entalpia prisady

$$h_{\text{K}} = \bar{c}_{\text{Ca}} (t_{\text{Ca}} - t_{\text{r}}) \quad (8.3-109)$$

a

$J_{(\text{N})\text{AK}}$ je entalpia spaľovacieho vzduchu

$$J_{(\text{N})\text{AK}} = \mu_{\text{AK}} \bar{c}_{\text{pA}} (t_{\text{A}} - t_{\text{r}}) \quad (8.3-110\text{N})$$

$$J_{(\text{G})\text{AK}} = \mu_{\text{AdK}} \left[\bar{c}_{\text{pAd}} (t_{\text{A}} - t_{\text{r}}) + x_{\text{H}_2\text{OAdK}} (L_{\text{r}} + \bar{c}_{\text{pST}} (t_{\text{A}} - t_{\text{r}})) \right] \quad (8.3-110\text{G})$$

8.3.5.5 Straty entalpiou a nespáleným palivom

Na priame odsírenie v spaľovacom systéme s horákom sa výpočet musí opierať o 8.3.3.4, prípad 1.

Počas preberacej skúšky systému s fluidným spaľovaním (FBC) je nepravdepodobné, že sa dosiahne rovnováha medzi množstvom náplne vstupujúcej do systému a odstránenej z neho, pretože ohnisko FBC zadržiava značné množstvo inertného materiálu. Preto výpočet strát spôsobených množstvami vylúčenej náplne (spodný pokles) sa musí založiť na hmotnostnom prietoku náplne vstupujúcej do systému, ignorujúc tak akékoľvek množstvá náplne vylúčenej náhodne. Dokonca sa musí dosiahnuť dohoda pred skúškou vzhľadom na množstvo popola vrátane zvyškov inertného materiálu $\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}}$ pri spodnom vypúšťaní a sústredenom vypúšťaní. V tomto kontexte termín „vypúšťanie“ zahŕňa hmotnostný prietok tuhých látok vypustených zo dna, \dot{m}_{SL} , alebo avízovaných pred filtrom, \dot{m}_{FA} . Patrí sem popol v palive, zvyšky inertného materiálu a nespálené palivo.

x_{SL} Časť z $\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}}$ pri spodnom vypúšťaní;

x_{FA} Časť z $\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}}$ pri sústredenom vypúšťaní;

u_{SL} Nespálená látka pri spodnom vypúšťaní podľa \dot{m}_{SL} ;

u_{FA} Nespálená látka pri sústredenom vypúšťaní podľa \dot{m}_{FA} ;

u_{SC} Nespálená látka pri spodnom vypúšťaní podľa $\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}}$;

u_{FC} Nespálená látka pri sústredenom vypúšťaní podľa $\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}}$.

Potom:

$$\dot{Q}_{\text{SL}} = \dot{m}_{\text{SL}} \left[\bar{c}_{\text{SL}} (t_{\text{SL}} - t_{\text{r}}) + u_{\text{SL}} H_{\text{uu}} \right] \quad (8.3-111)$$

$$\dot{Q}_{\text{FA}} = \dot{m}_{\text{FA}} \left[\bar{c}_{\text{FA}} (t_{\text{FA}} - t_{\text{r}}) + u_{\text{FA}} H_{\text{uu}} \right] \quad (8.3-112)$$

s

$$\dot{m}_{\text{SL}} = \dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}} \frac{x_{\text{SL}}}{1 - u_{\text{SL}}} \quad (8.3-113)$$

$$\dot{m}_{\text{FA}} = \dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{AshK}} \frac{x_{\text{FA}}}{1 - u_{\text{FA}}} \quad (8.3-114)$$

Za predpokladu, že obsah prchavých látok v popole, v , sa v systémoch FBC rovná nule, potom:

$$l_u = \frac{\gamma_{AshK}}{1 - \gamma_{AshK} - \gamma_{H2O}} \left[\frac{u_{SL}}{1 - u_{SL}} x_{SL} + \frac{u_{FA}}{1 - u_{FA}} \right] \quad (8.3-115)$$

Obsahy nespálených látok, u_{SL} a u_{FA} , sa v tomto prípade vzťahujú na celkové množstvo vypustenej náplne. Na porovnanie, ak obsah nespálených látok sa vzťahuje iba na skutočnú hmotnosť popola v palive, potom:

$$\begin{aligned} u_{SC} &= \frac{\gamma_{AshK}}{\gamma_{Ash}} \frac{u_{SL}}{1 - u_{SL}} \\ &= \left[1 + \frac{\gamma_S}{\gamma_{Ash}} (n_{Ca} 1,74919 + \eta_S 2,49713) \right] \frac{u_{SL}}{1 - u_{SL}} \end{aligned} \quad (8.3-116)$$

Ten istý vzťah sa použije pre u_{FC} .

8.3.6 Tepelný príkon a straty spaľovacích systémov s viacerými druhmi palív

8.3.6.1 Všeobecne

Ak treba vykonávať preberacie skúšky s kombináciou palív, ktoré sa budú spaľovať v parnom kotle, vždy sa musia merať hmotnostné prietoky druhých a všetkých ďalších palív, bez ohľadu nato, či je účinnosť stanovená metódou vstup - výstup alebo metódou tepelných strát. Meranie hmotnostného prietoku jedného paliva sa nemusí požadovať, ak sa použije metóda tepelných strát. Prietok tohto paliva môže byť označený \dot{m}_{F1} (hmotnostný prietok hlavného paliva).

Špecifikácie a vzťahy uvedené v 8.3.2 až 8.3.2.4 sú platné, ak všetky údaje týkajúce sa hmotnostného prietoku paliva pri metóde tepelných strát sa vzťahujú na hmotnostný prietok paliva, ktorý sa nemeral, t. j. \dot{m}_F je nahradené \dot{m}_{F1} vo vzťahoch uvedených v tejto podkapitole.

Tepelný príkon zabezpečovaný druhým a každým ďalším palivom je nezávislý od hmotnostného prietoku hlavného paliva, a preto sa musí predpokladať, že je zahrnutý do veličiny \dot{Q}_Z (pozri 8.3.2.3).

8.3.6.2 Tepelný príkon

Nasledujúce vzťahy sa používajú na tepelný príkon:

$$\dot{Q}_{(N)ZF} = \dot{m}_{F1} H_{(N)1tot} \quad (8.3-117N)$$

$$\dot{Q}_{(G)ZF} = \dot{m}_{F1} H_{(G)1tot} \quad (8.3-117G)$$

$$\dot{Q}_{(N)Z} = \sum P + \dot{Q}_{SA} + \dot{Q}_{(N)AS} + \dot{Q}_{(N)F} \quad (8.3-118N)$$

$$\dot{Q}_{(G)Z} = \sum P + \dot{Q}_{SA} + \dot{Q}_{(G)AS} + \dot{Q}_{(G)F} \quad (8.3-118G)$$

$$\dot{Q}_{(N)Ztot} = \dot{Q}_{(N)ZF} + \dot{Q}_{(N)Z} \quad (8.3-119N)$$

$$\dot{Q}_{(G)Ztot} = \dot{Q}_{(G)ZF} + \dot{Q}_{(G)Z} \quad (8.3-119G)$$

kde \dot{Q}_F je príkon druhého alebo ďalších systémov spaľujúcich palivo, ktoré by mohli obsahovať aj pomocné spaľovacie jednotky. Je to vyjadrené pomocou

$$\dot{Q}_{(N)F} = \sum \dot{m}_{Fi} H_{(N)i tot} \quad (8.3-120N)$$

$$\dot{Q}_{(G)F} = \sum \dot{m}_{Fi} H_{(G)i tot} \quad (8.3-120G)$$

Analogicky s 8.3.2.2 sa musí stanoviť $H_{i tot}$ pre každý typ paliva, s obsahom spaľovacieho vzduchu pre každý typ vstupujúceho paliva (pozri 8.3.6.3) pre ten istý (namerany) objemový obsah O_2 v suchých spaľinách.

8.3.6.3 Straty

Vzťahy pri stratách, ako sa to uvádza v 8.3.3, zostávajú tiež v platnosti, ak \dot{m}_{F1} je nahradené \dot{m}_F a parametre μ_A , μ_G , μ_{CO_2} , μ_{H_2O} rovnako ako V_{Gd} sú vypočítané v súlade s 8.3.6.4.

Pretože \dot{m}_{F1} , spočiatku neznáme, treba zahrnúť do výpočtu μ_A atď., výpočet účinnosti metódou tepelných strát sa môže urobiť iba iteračnou metódou.

Ak je jedno z palív tuhé palivo, hmotnostný prietok paliva sa obyčajne nebude merať. Naopak, strata spôsobená troskou a popolčekom, $\dot{Q}_{SF} = \dot{Q}_{SL} + \dot{Q}_{FA}$, môže sa merať iba priamo (pozri 8.3.3.4, prípad 1).

8.3.6.4 Výpočet pomerov hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva

Pri výpočte pomerov hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva pri spaľovacích systémoch s viacerými druhmi paliva nie je potrebné vedieť, ako je vo výpočte rozdelený hmotnostný prietok spaľovacieho vzduchu medzi jednotlivé horáky. Vzťahy pre premenné vzťahujúce sa na hmotnostný prietok hlavného paliva budú v najjednoduchšom tvare, ak je predpokladaný rovnaký obsah O_2 v suchých spalínach pre každý typ spaľovaného paliva.

Z tohto dôvodu treba stanoviť μ_{CO_2i} , μ_{H_2OFi} , μ_{Adi} , V_{Gdi} , $\mu_{H_2O_i}$ a μ_{Gi} v súlade s 8.3.4.1 pre každé palivo majúce rovnakú hodnotu y_{O_2d} (namerané hodnoty v spalínach):

Na základe uvedeného je:

$$\mu_{Ai} = \mu_{Adi} (1 + x_{H_2OAd}) \quad (8.3-121)$$

$$\mu_{Ad} = \sum z_i \mu_{Ai} \quad (8.3-122)$$

$$\mu_A = \sum z_i \mu_{Ai} = \mu_{Ad} (1 + x_{H_2OAd}) \quad (8.3-123)$$

$$\mu_G = \sum z_i \mu_{Gi} \quad (8.3-124)$$

$$\mu_{CO_2} = \sum z_i \mu_{CO_2i} \quad (8.3-125)$$

$$\mu_{H_2OF} = \sum z_i \mu_{H_2OFi} \quad (8.3-126)$$

$$\mu_{H_2O} = \sum z_i \mu_{H_2O_i} \quad (8.3-127)$$

$$V_{Gd} = \sum z_i V_{Gdi} \quad (8.3-128)$$

$$x_{CO_2} = \mu_{CO_2} / \mu_G \quad (8.3-129)$$

$$x_{H_2O} = \mu_{H_2O} / \mu_G \quad (8.3-130)$$

$$\bar{c}_{pG} = f(x_{H_2OF}, x_{CO_2}, t) \quad (8.3-131)$$

kde \dot{m}_{F1} je hmotnostný prietok hlavného paliva;

\dot{m}_{Fi} predstavuje hmotnostný prietok ďalšieho paliva;

$z_i = \dot{m}_{Fi} / \dot{m}_{F1}$ predstavuje pomery hmotnostných prietokov.

8.4 Tepelná účinnosť

8.4.1 Definícia

Účinnosť parného kotla je definovaná ako pomer užitočného tepelného výkonu k tepelnému príkonu, t. j.:

$$\eta_{(N)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \quad (8.4-1N)$$

$$\eta_{(G)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (8.4-1G)$$

Okrem toho využiteľné teplo sa stanoví takto:

$$\dot{Q}_{(N)Ztot} = \dot{Q}_N + \dot{Q}_{(N)Ltot} \quad (8.4-2N)$$

$$\dot{Q}_{(G)Ztot} = \dot{Q}_N + \dot{Q}_{(G)Ltot} \quad (8.4-2G)$$

Používajúc tento vzájomný vzťah, účinnosť sa môže stanoviť aj pomocou nasledujúcich vzťahov:

$$\eta_{(N)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_N + \dot{Q}_{(N)Ltot}} = \frac{1}{1 + \dot{Q}_{(N)Ltot} / \dot{Q}_N} \quad (8.4-3N)$$

$$\eta_{(G)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_N + \dot{Q}_{(G)Ltot}} = \frac{1}{1 + \dot{Q}_{(G)Ltot} / \dot{Q}_N} \quad (8.4-3G)$$

alebo

$$\eta_{(N)B} = 1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Ltot}}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \quad (8.4-4N)$$

$$\eta_{(G)B} = 1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Ltot}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (8.4-4G)$$

Vzťah (8.4-1) sa použije na stanovenie účinnosti priamou metódou a vzťah (8.4-4) pri nepriamej metóde. Pri preberacej skúške sa merajú iba tie veličiny, ktoré sa požadujú na výpočet účinnosti. Preberacia skúška nie je určená na overovanie nameraných hodnôt voči využiteľnému teplu.

8.4.2 Stanovenie účinnosti priamou metódou

8.4.2.1 Stanovené veličiny

Na stanovenie účinnosti priamou metódou sa musia určiť nasledujúce veličiny:

- hmotnostný prietok ostrej pary alebo napájacej vody, hmotnostný prietok vstrekovacej vody do SH parných chladičov, hmotnostný prietok odkalenej vody;
- hmotnostný prietok vypúšťanej pary a hmotnostný prietok upchávkovvej pary v turbíne na výpočet hmotnostného prietoku RH pary a hmotnostného prietoku vstrekovacej vody;
- teplota a tlak všetkých prietokov pary a vody vstupujúcich a vystupujúcich z parného kotla;
- hmotnostný prietok paliva;
- NCV alebo GCV, obsah popola a vlhkosti a, ak sa požaduje, elementárna analýza paliva;
- teplota paliva a spaľovacieho vzduchu;
- obsah vlhkosti v spaľovacom vzduchu;
- tlak, teplota a hmotnostný prietok rozprašovacieho média
- analýza spalín (obsah CO_2 alebo O_2 a CO).

Na informáciu sa môžu určiť aj niektoré ďalšie veličiny:

- vonkajšia teplota vzduchu, teplota vnútri kotolne a barometrický tlak;
- teplota spalín;
- hmotnostný prietok a zloženie zvyškov po spaľovaní;

Ak preberacia skúška parného kotla sa vykonáva po preberacej skúške turbíny, hmotnostný prietok RH pary sa môže odvodiť z výsledkov skúšok turbíny.

8.4.2.2 Výpočet účinnosti

$$\eta_{(N)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \quad (8.4-5N)$$

$$\eta_{(G)B} = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (8.4-5G)$$

kde je potrebné vypočítať:

\dot{Q}_N podľa 8.3.1;

\dot{Q}_{Ztot} podľa 8.3.2.4.

Ak sa na overenie požaduje stanoviť aj straty spalinami (porovnaj 5.2), tento parameter sa získa v súlade s 8.3.3.2.

8.4.3 Stanovenie účinnosti nepriamou metódou**8.4.3.1 Stanovené veličiny**

Na stanovenie účinnosti nepriamou metódou sa všeobecne musia určiť nasledujúce veličiny:

- a) NVC alebo GCV, obsah popola a vlhkosti a, ak sa požaduje, elementárna analýza paliva;
- b) analýza spalín (obsah CO₂ a O₂ a CO);
- c) teplota spalín na výstupe;
- d) teplota paliva a spaľovacieho vzduchu;
- e) obsah vlhkosti v spaľovacom vzduchu;
- f) tlak, teplota a hmotnostný prietok rozprašovacieho média;
- g) výkon zariadení na výrobu uhoľného prášku, spalínového recirkulačného ventilátora, obehových čerpadiel a ďalších elektrických pohonov;
- h) teplota a hmotnostný prietok vzduchu použitého na vrátenie popolčeka;
- i) NCV alebo GCV, teplota a hmotnostný prietok paliva z druhého alebo ďalšieho spaľovacieho systému alebo z pomocného spaľovacieho systému na spaľovanie uhoľného prášku;
- j) tlak, teplota a prietok pary z parného ohrievača vzduchu (na vstupe a výstupe);
- k) teplota a hmotnostný prietok odvedenej trosky;
- l) obsah nespáleného paliva alebo uhlíka v troske alebo NCV alebo GCV trosky
- m) obsah nespáleného paliva alebo uhlíka v popolčeku;
- n) hmotnostný prietok popolčeka na výstupe z komína;
- o) vstupná a výstupná teplota a hmotnostný prietok chladiacej vody;
- p) hmotnostný prietok ostrej pary alebo napájacej vody, hmotnostný prietok vstrekovacej vody do SH parných chladičov, hmotnostný prietok odkalenej vody;
- q) hmotnostný prietok vstrekovacej vody do RH parných chladičov;
- r) teplota a tlak všetkých hmotnostných prietokov pary a vody;
- s) vonkajšia teplota vzduchu, teplota vnútri kotolne a barometrický tlak.

Ak je stanovený hmotnostný prietok pary, použije sa 8.4.2.1.

Čím väčšie sú straty \dot{Q}_{RC} a \dot{Q}_L a tepelný príkon, ktorý nie je úmerný k množstvu spaľovaného paliva, tým je dôležitejšie stanoviť užitočný tepelný tok, \dot{Q}_N , z presnejšie meraných veličín uvedených pod písmenami q), r) a s).

Ak sa spaluje vykurovací plyn, vždy musí byť známa jeho elementárna analýza. V prípade tuhých palív, vykurovacieho oleja a zemného plynu sú takéto analytické údaje požadované iba vtedy, pokiaľ obsah spaľovacieho vzduchu a spalín nemôže byť štatisticky stanovený.

Pri výpočte l_{N} a hmotnostného prietoku trosky a popolčeka pomocou popolovej bilancie sa musí zobrať do úvahy, že popol sa vyparuje. Hodnoty uvedené v 8.3.3.4 sa môžu nahradiť odparenou časťou.

8.4.3.2 Výpočet účinnosti

$$\eta_{\text{NIB}} = 1 - \frac{Q_{\text{Ltot}}}{Q_{\text{NIZtot}}} = 1 - \frac{\dot{m}_F J_{\text{LF}} + Q_{\text{L}} + Q_{\text{RC}}}{Q_{\text{NIZtot}}} \quad (8.4-6\text{N})$$

$$\eta_{\text{GIB}} = 1 - \frac{Q_{\text{Ltot}}}{Q_{\text{GIZtot}}} = 1 - \frac{\dot{m}_F J_{\text{LF}} + Q_{\text{L}} + Q_{\text{RC}}}{Q_{\text{GIZtot}}} \quad (8.4-6\text{G})$$

alebo

$$\eta_{\text{NIB}} = \frac{1 - \sum l_{\text{NIF}}}{1 + (Q_{\text{RC}} + Q_{\text{L}} - Q_{\text{NIZ}} \sum l_{\text{NIF}}) / Q_{\text{N}}} \quad (8.4-7\text{N})$$

$$\eta_{\text{GIB}} = \frac{1 - \sum l_{\text{GIF}}}{1 + (Q_{\text{RC}} + Q_{\text{L}} - Q_{\text{GIZ}} \sum l_{\text{GIF}}) / Q_{\text{N}}} \quad (8.4-7\text{G})$$

s

$$\sum l_{\text{NIF}} = l_{\text{NIGF}} + l_{\text{NICOF}} + l_{\text{NISFF}} \quad (8.4-8\text{N})$$

$$\sum l_{\text{GIF}} = l_{\text{GIGF}} + l_{\text{GICOF}} + l_{\text{GISFF}} \quad (8.4-8\text{G})$$

kde l_{ZF} je strata spalínami vzťahujúca sa na Q_{ZF} (porovnaj 8.3.3.2), stanovená podľa:

$$l_{\text{NIGF}} = \frac{u_{\text{G}}}{H_{\text{Ntot}}} \bar{c}_{\text{pG}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) \quad (8.4-9\text{N})$$

$$l_{\text{GIGF}} = \frac{1}{H_{\text{Gtot}}} [u_{\text{Gd}} \bar{c}_{\text{pGd}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) + u_{\text{H}_2\text{O}} (h_{\text{G}} - h_{\text{r}})] \quad (8.4-9\text{G})$$

Strata nespáleným palivom (porovnaj 8.3.3.3) vzťahujúca sa na Q_{ZF} je stanovená podľa:

$$l_{\text{NICOF}} = \frac{V_{\text{Gd}}}{H_{\text{Ntot}}} y_{\text{CO}_d} H_{\text{CO}_d} \quad (8.4-10\text{N})$$

$$l_{\text{GICOF}} = \frac{V_{\text{Gd}}}{H_{\text{Gtot}}} y_{\text{CO}_d} H_{\text{CO}_d} \quad (8.4-10\text{G})$$

a

l_{ZSF} strata spôsobená entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku (porovnaj 8.3.3.4) vzťahujúca sa na Q_{ZF} podľa:

$$l_{\text{NISFF}} = \frac{J_{\text{SF}}}{H_{\text{Ntot}}} \quad (8.4-11\text{N})$$

$$l_{\text{GISFF}} = \frac{J_{\text{SF}}}{H_{\text{Gtot}}} \quad (8.4-11\text{G})$$

pri odvodzovaní hmotnostného prietoku trosky a popolčeka z popolovej bilancie a η_{N} alebo

$$l_{\text{NISF}} = \frac{J_{\text{SL}}}{H_{\text{Ntot}}} \quad (8.4-12\text{N})$$

$$I_{G|SF} = \frac{J_{SL}}{H_{IG|tot}} \quad (8.4-12G)$$

pri meraní hmotnostného prietoku popolčeka a stanovovaní hmotnostného prietoku trosky z popolovej bilancie, alebo

$$I_{N|FAF} = \frac{J_{FA}}{H_{IN|tot}} \quad (8.4-13N)$$

$$I_{G|FAF} = \frac{J_{FA}}{H_{IG|tot}} \quad (8.4-13G)$$

pri meraní hmotnostného prietoku trosky a stanovovaní hmotnostného prietoku popolčeka z popolovej bilancie.

Potom treba vypočítať:

\dot{Q}_{RC} ako v 8.3.3.6, \dot{Q}_Z ako v 8.3.2.3 a \dot{Q}_L ako v 8.3.3.7, J_{SL} , J_{FA} , \dot{Q}_{SL} , a \dot{Q}_{FA} ako v 8.3.3.4.

\dot{Q}_{FA} alebo \dot{Q}_{SL} mohli by byť v tomto prípade vložené do \dot{Q}_L .

Zo vzťahu (8.4-7) vyplýva aj to, že pri metóde tepelných strát treba merať \dot{Q}_N , ak $\dot{Q}_{RC} + \dot{Q}_L - \dot{Q}_Z \sum I_i$ sa nerovná nule. Ak numerická hodnota tohto výrazu je vo všeobecnosti malá, nie je potrebné predpisovať akékoľvek špeciálne požiadavky vzhľadom na presnosť meraní pri stanovovaní \dot{Q}_N .

Straty vzťahujúce sa na celkový tepelný príkon, $\dot{Q}_{Z|tot}$, sú:

Strata spalinami:

$$I_{N|IG} = I_{N|IGF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] \quad (8.4-14N)$$

$$I_{G|IG} = I_{G|IGF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] \quad (8.4-14G)$$

Strata spôsobená nespáleným palivom:

$$I_{N|ICO} = I_{N|ICOF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] \quad (8.4-15N)$$

$$I_{G|ICO} = I_{G|ICOF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] \quad (8.4-15G)$$

Strata sálaním a prúdením:

$$I_{N|IRC} = \frac{\dot{Q}_{(N)IRC}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-16N)$$

$$I_{G|IRC} = \frac{\dot{Q}_{(G)IRC}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-16G)$$

Straty spôsobené entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku závisiace od použitej metódy merania straty (pozri 8.3.3.4):

$$\text{Prípád 1: } I_{N|SF} = \frac{\dot{Q}_{SL} + \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-17N)$$

$$l_{(G)SF} = \frac{\dot{Q}_{SL} + \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-17G)$$

Prípado 2:
$$l_{(N)SF} = l_{(N)SLF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] + \frac{\dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-18N)$$

$$l_{(G)SF} = l_{(G)SLF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] + \frac{\dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-18G)$$

Prípado 3:
$$l_{(N)SF} = l_{(N)FAF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] + \frac{\dot{Q}_{SL}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-19N)$$

$$l_{(G)SF} = l_{(G)FAF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] + \frac{\dot{Q}_{SL}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-19G)$$

Prípado 4:
$$l_{(N)SF} = l_{(N)SF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] \quad (8.4-20N)$$

$$l_{(G)SF} = l_{(G)SF} \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] \quad (8.4-20G)$$

Všetky ďalšie straty (závisiace od toho, ako sa straty spôsobené entalpiou alebo nespáleným palivom v troske a popolčeku merali):

Prípado 1:
$$l_{(N)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{SL} - \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-21N)$$

$$l_{(G)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{SL} - \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-21G)$$

Prípado 2:
$$l_{(N)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-22N)$$

$$l_{(G)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-22G)$$

Prípado 3:
$$l_{(N)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{SL}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \quad (8.4-23N)$$

$$l_{(G)L} = \frac{\dot{Q}_L - \dot{Q}_{SL}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-23G)$$

Prípado 4:
$$l_{(G)L} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-24N)$$

$$l_{(G)L} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \quad (8.4-24G)$$

s

$$\eta_{(N)B} = 1 - l_{(N)G} - l_{(N)CO} - l_{(N)RC} - l_{(N)SF} - l_{(N)L} \quad (8.4-25N)$$

$$\eta_{(G)B} = 1 - l_{(G)G} - l_{(G)CO} - l_{(G)RC} - l_{(G)SF} - l_{(G)L} \quad (8.4-25G)$$

9 Úpravy na zaručené podmienky

9.1 Všeobecne

Záruky uvedené výrobcom vzhľadom na účinnosť a výkon alebo ďalšie technické podmienky sú platné, iba ak sú splnené hraničné podmienky (pozri 5.1).

Ak v priebehu preberacej skúšky z dôvodov nekontrolovateľných výrobcom nie je možné určiť zaručené hraničné podmienky, potom nameranú účinnosť treba upraviť na zaručené podmienky.

Hodnoty nasledujúcich parametrov (vzťahujúce sa iba na hranicu skupiny) môžu zabrániť, aby zaručené podmienky boli splnené počas preberacej skúšky:

výhrevnosť paliva $H_{(N)}, H_{(G)}$;

obsah vlhkosti v palive γ_{H_2O} ;

obsah popola v palive γ_{Ash} ;

teplota paliva t_F ;

teplota spalovacieho vzduchu t_A ;

obsah vlhkosti v spalinách x_{H_2OAd} ;

tlak a teplota napájacej vody p_{FW} a t_{FW} ;

teplota a tlak na vstupe do prihrievača t_R a p_R ;

tlak a teplota vstrekovacej vody p_S a t_S ;

hmotnostný prietok RH pary \dot{m}_R .

Ak je tu odchýlka od dohodnutých hraničných podmienok, do úvahy sa musia vziať dva faktory.

Po prvé, akékoľvek výkyvy v hmotnostných prietokoch, teplotách a tlakoch vplývajú na príkon a straty (prostredníctvom entalpií); po druhé, odlišujúce sa teploty a hmotnostné prietoky majú vplyv na podmienky prestupu tepla v parnom kotle a striedavo ovplyvňujú teplotu spalin a účinnosť kotla.

Vplyv spôsobený kolísaním parametrov na prestup tepla môže byť často zanedbaný v obmedzenom rozsahu. Za týchto okolností úpravy účinnosti sa môžu vykonať výhradne na základe užitočného tepla.

V ostatných prípadoch sa môžu naformulovať opravné vzťahy, aby sa zobrali do úvahy akékoľvek výkyvy teploty spalin. Typický prípad napríklad existuje, ak sa vyskytnú zmeny teploty napájacej vody, poslednou teplovýmennou plochou v kotle je ekonomizér a ak sa vyskytnú zmeny teploty spalovacieho vzduchu, poslednou teplovýmennou plochou v kotle je ohrievač vzduchu. Za týchto okolností sa úpravy vždy vzťahujú na vstupnú teplotu teplovýmennej jednotky bez ohľadu na teplotu v hranici skupiny.

Pretože $H_{(N)}, H_{(G)}, \gamma_{Ash}$ a γ_{H_2O} vzájomne súvisia, úprava sa najlepšie vykoná použitím CV paliva, obsahu popola vzťahujúceho sa k d_{af} -základného paliva, A , a obsahu vlhkosti v palive vzťahujúceho sa na d_{af} -základného paliva, W .

Tieto parametre môžu byť „vzájomne upravené“, potom:

$$H_{(N)daf} = \frac{H_{(N)} + \gamma_{H_2O} L_T}{1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H_2O}} \quad (9.1-1N)$$

$$H_{(G)daf} = \frac{H_{(G)}}{1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H_2O}} \quad (9.1-1G)$$

$$A = \frac{\gamma_{Ash}}{1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H_2O}} \quad (9.1-2)$$

$$W = \frac{\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}}}{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (9.1-3)$$

alebo

$$H_{(N)} = \frac{H_{(N)\text{daf}} + W L_T}{1 + A + W} \quad (9.1-4N)$$

$$H_{(G)} = \frac{H_{(G)\text{daf}}}{1 + A + W} \quad (9.1-4G)$$

$$\gamma_{\text{Ash}} = \frac{A}{1 + A + W} \quad (9.1-5)$$

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{W}{1 + A + W} \quad (9.1-6)$$

Na úpravu sa všeobecne používa:

$$\eta_{(N)Bc} = \eta_{(N)B} + \sum \Delta \eta_{(N)BX} \quad (9.1-7N)$$

$$\eta_{(G)Bc} = \eta_{(G)B} + \sum \Delta \eta_{(G)BX} \quad (9.1-7G)$$

$$X_g = X + \Delta X \quad (9.1-8)$$

s

$$\Delta \eta_{(N)BX} = - \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)B} \right] \frac{\eta_{(N)B}}{1 - \sum I_{(N)F}} \frac{\partial \sum I_{(N)F}}{\partial X} \Delta X \quad (9.1-9N)$$

$$\Delta \eta_{(G)BX} = - \left[1 - \frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)B} \right] \frac{\eta_{(G)B}}{1 - \sum I_{(G)F}} \frac{\partial \sum I_{(G)F}}{\partial X} \Delta X \quad (9.1-9G)$$

kde ΔX je rozdiel medzi zaručenou hodnotou, X_g , a hodnotou nameranou pri preberacej skúške, X .

9.2 Úprava vplyvom odchýlok vstupných parametrov na vodnej/parnej strane

9.2.1 Vplyv odchýlok na výkon

Ak tlak a teplota vstupujúcich hmotnostných prietokov a hmotnostných prietokov RH pary sa odchyľujú od zaručených parametrov, užitočný tepelný výkon, \dot{Q}_N , treba vypočítať použitím nameraných hodnôt a porovnať s tými, čo sú špecifikované v záruke; úpravu netreba vykonať, ak sa vplyv odchýlok teploty a hmotnostného prietoku na prestup tepla môže všeobecne zanedbať.

Tento predpoklad sa nemôže uskutočniť, ak odchýlka teploty je viac ako 35 °C. To sa používa napríklad pri kolísaní teploty napájajúcej vody, ak poslednou teplovýmennou plochou v kotle je ekonomizér (pozri 9.5.1).

Vplyv výkyvov hmotnostného prietoku RH pary na prestup tepla sa zvyčajne môže zanedbať. Avšak v niektorých prípadoch redukovaný hmotnostný prietok môže požadovať vyšší hmotnostný prietok vstrekovacej vody, \dot{m}_{SR} . Chladenie RH pary je termodynamicky nežiaduce, takže záruka často požaduje maximálny hmotnostný prietok vstrekovacej vody.

Hmotnostný prietok vstrekovacej vody pri zaručených podmienkach, \dot{m}_{SRg} , je daný:

$$\dot{m}_{\text{SRg}} = \dot{m}_{\text{SR}} \frac{h_{\text{RH2}} - h_{\text{SR}}}{h_{\text{RH2g}} - h_{\text{SRg}}} - \left(\dot{m}_{\text{RH1g}} \frac{h_{\text{RH2g}} - h_{\text{RH1g}}}{h_{\text{SR2g}} - h_{\text{SRg}}} - \dot{m}_{\text{SR1}} \frac{h_{\text{RH2}} - h_{\text{RH1}}}{h_{\text{RH2g}} - h_{\text{SRg}}} \right) \quad (9.2-1)$$

Táto úprava sa môže použiť iba vtedy, ak hmotnostný prietok RH pary sa neodchyľuje od zaručenej hodnoty o viac ako $\pm 5\%$.

9.2.2 Vplyv odchýlok na tlakový spád prihrievača

Ak sa tlakový spád prihrievača prejavuje ako termodynamická strata, je pravidelne podložený zárukou. Odchýlky teploty a tlaku zmenia priemerný špecifický objem pary, od ktorého závisí nielen hustota hmotnostného prietoku, ale aj tlakový spád. S $p_m = (p_{RH1} - p_{RH2})/2$; $t_m = (t_{RH1} - t_{RH2})/2$ a $v_m = f(p_m, t_m)$ tlaková strata pri zaručených podmienkach Δp_{Lg} je:

$$\Delta p_{Lg} = \Delta p_L \frac{\dot{m}_{RHg}^2 V_{mg}}{\dot{m}_{RH}^2 V_m} \quad (9.2-2)$$

kde \dot{m}_{RHg} je hmotnostný prietok pri zaručených podmienkach;

\dot{m}_{RH} hmotnostný prietok meraný počas preberacej skúšky.

9.3 Úprava účinnosti metódou vstup-výstup na zaručené podmienky

Na stanovenie účinnosti metódou vstup-výstup netreba vykonať nijaké úpravy za predpokladu, že je splnená nasledujúca podmienka:

$$\left| 1 - \frac{H_{(N)Gg} H_{(N)tot}}{H_{(N)totg} H_{(N)G}} \right| \leq 0,005 \quad (9.3-1N)$$

$$\left| 1 - \frac{H_{(G)Gg} H_{(G)tot}}{H_{(G)totg} H_{(G)G}} \right| \leq 0,005 \quad (9.3-1G)$$

pretože sa to môže odvodiť pomocou uvedených vzťahov, takže podmienky prestupu tepla v parnom kotle budú vystavené nepatrným zmenám.

Ak táto podmienka nebola splnená, preberacia skúška sa môže vykonať iba so súhlasom výrobcu a prevádzkovateľa.

9.4 Úprava účinnosti metódou tepelných strát na zaručené podmienky cez tepelnú rovnováhu

9.4.1 Úprava vplyvom odchýlok NCV/GCV paliva (suchého, bez popola)

Akákoľvek odchýlka NCV/GCV vykurovacieho oleja a plynu alebo suchého bezpopolnatého uhlia od tej, ktorá je stanovená v záruke, ovplyvní celkovú hodnotu výhrevnosti, $H_{(N)tot}$, a entalpiu spalín a spaľovacieho vzduchu, J_{Gdaf} a J_{Adaf} .

Vo vzťahu pre úpravu účinnosti sa tieto dva vplyvy v skutočnosti navzájom rušia a z tohto dôvodu netreba vykonať nijaké úpravy.

Odchýlky $H_{(N)}$, $H_{(G)}$ (vykurovací plyn, vykurovací olej) alebo $H_{(N)daf}$, $H_{(G)daf}$ (uhlie) bežne udávajú zmenu v type spaľovaného paliva. Preberacia skúška sa môže zamietnuť, ak hodnoty sa odchyľujú o viac ako $\pm 0,5$ MJ/kg od tých, ktoré sú stanovené v záruke.

9.4.2 Úprava vplyvom odchýlok obsahu popola

Akákoľvek odchýlka v obsahu popola od zaručených hodnôt ovplyvní stratu spôsobenú entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku.

Úprava sa vykoná použitím nasledujúcich vzťahov:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{(1 - l_u)} K_A \Delta A \quad (9.4-1N)$$

Kde

$$K_A = \left[h_{\text{AshSF}} - h_{\text{AshF}} \sum l_{(N)F} \right] + \frac{(1-m)u_{\text{SF}}}{(1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}})} \left[h_{\text{SF}} + H_{(N)} \gamma_{\text{H}_2\text{O}} \left(L_r + \frac{h_{(N)\text{STG}}}{(1-l_u)} + J_{(N)A} \sum l_{(N)F} - J_{(N)G} \right) \right] \quad (9.4-2N)$$

$$\text{alebo } \frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{(1-l_u)} K_A \Delta A \quad (9.4-1G)$$

kde

$$K_A = \left[h_{\text{AshSF}} - h_{\text{AshF}} \sum l_{(G)F} \right] + \frac{(1-m)u_{\text{SF}}}{(1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}})} \left[h_{\text{SF}} + \frac{H_{(G)} \gamma_{\text{H}_2\text{O}} h_{(G)\text{WG}}}{(1-l_u)} + J_{(G)A} \sum l_{(G)F} - J_{(G)G} \right] \quad (9.4-2G)$$

s

$$h_{\text{AshSF}} = \eta_{\text{SL}} \bar{c}_{\text{Ash}} (t_{\text{S}} - t_{\text{r}}) + \eta_{\text{FA}} \bar{c}_{\text{Ash}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) \quad (9.4-3)$$

$$h_{\text{AshF}} = \bar{c}_{\text{Ash}} (t_{\text{F}} - t_{\text{r}}) \quad (9.4-4)$$

$$h_{(N)\text{STG}} = \bar{c}_{\text{pST}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) \quad (9.4-5N)$$

$$h_{(G)\text{WG}} = \bar{c}_{\text{pST}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) + L_r \quad (9.4-5G)$$

$$u_{\text{SF}} = \frac{\eta_{\text{SL}} u_{\text{SL}}}{1 - u_{\text{SL}}} + \frac{\eta_{\text{FA}} u_{\text{FA}}}{1 - u_{\text{FA}}} \quad (9.4-6)$$

$$h_{\text{SF}} = \left[\frac{\eta_{\text{SL}} u_{\text{SL}}}{1 - u_{\text{SL}}} \bar{c}_{\text{Fdaf}} (t_{\text{SL}} - t_{\text{r}}) + \frac{\eta_{\text{FA}} u_{\text{FA}}}{1 - u_{\text{FA}}} \bar{c}_{\text{Fdaf}} (t_{\text{G}} - t_{\text{r}}) \right] \frac{1 - \gamma_{\text{Ash}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{u_{\text{SF}}} \quad (9.4-7)$$

kde \bar{c}_{Ash} je celkové špecifické teplo popola (trosky alebo popolčka);

\bar{c}_{Fdaf} celkové špecifické teplo nespáleného paliva.

Prvý výraz vo vzťahu (9.4-2) počíta s vplyvom tepelnej energie popola v troske, popolčeku a palive, druhý výraz je úmerný k obsahu nespáleného paliva.

Veličina m berie do úvahy fakt, že časť nespáleného paliva sa znižuje, ak narastá obsah popola. Numerickú hodnotu m by mal určiť výrobca alebo dohodnúť prevádzkovateľ a výrobca. Ak takáto hodnota nebola stanovená alebo dohodnutá, m sa musí použiť ako hodnota rovnajúca sa jednej.

Pre účely výpočtu u_{SF} , h_{AshSF} a h_{SF} , treba poznať účinnosť odvádzania trosky, η_{SL} , a účinnosť zachytávania popolčka, η_{FA} , pričom použitý postup výpočtu závisí od toho, ako sú straty podľa 8.3.3.4 stanovené na výpočet účinnosti.

$$\text{Prípád 1: } \eta_{\text{SL}} = \frac{\dot{m}_{\text{SL}} (1 - u_{\text{SL}})}{\dot{m}_{\text{SL}} (1 - u_{\text{SL}}) + \dot{m}_{\text{FA}} (1 - u_{\text{FA}})} \quad (9.4-8)$$

$$\eta_{\text{FA}} = \frac{\dot{m}_{\text{FA}} (1 - u_{\text{FA}})}{\dot{m}_{\text{SL}} (1 - u_{\text{SL}}) + \dot{m}_{\text{FA}} (1 - u_{\text{FA}})} \quad (9.4-9)$$

$$\text{Prípád 2: } \eta_{\text{FA}} = \frac{\dot{m}_{\text{FA}} (1 - u_{\text{FA}})}{\dot{m}_{\text{Fo}} \gamma_{\text{Ash}}} = \frac{\dot{m}_{\text{FA}} (1 - u_{\text{FA}}) (1 - l_u) H_{(N)\text{tot}}}{\gamma_{\text{Ash}} (\dot{Q}_{(N)\text{Ztot}} - \dot{Q}_{(N)\text{Z}})} \quad (9.4-10N)$$

$$\eta_{FA} = \frac{\dot{m}_{FA}(1-u_{FA})}{\dot{m}_{Fo}\gamma_{Ash}} = \frac{\dot{m}_{FA}(1-u_{FA})(1-l_u)H_{(G)tot}}{\gamma_{Ash}(\dot{Q}_{(G)Ztot} - \dot{Q}_{(G)Z})} \quad (9.4-10G)$$

$$\eta_{SL} = 1 - \eta_{FA} \quad (9.4-11)$$

Prípád 3: $\eta_{SL} = \frac{\dot{m}_{SL}(1-u_{SL})}{\dot{m}_{Fo}\gamma_{Ash}} = \frac{\dot{m}_{SL}(1-u_{SL})(1-l_u)H_{(N)tot}}{\gamma_{Ash}(\dot{Q}_{(N)Ztot} - \dot{Q}_{(N)Z})} \quad (9.4-12N)$

$$\eta_{SL} = \frac{\dot{m}_{SL}(1-u_{SL})}{\dot{m}_{Fo}\gamma_{Ash}} = \frac{\dot{m}_{SL}(1-u_{SL})(1-l_u)H_{(G)tot}}{\gamma_{Ash}(\dot{Q}_{(G)Ztot} - \dot{Q}_{(G)Z})} \quad (9.4-12G)$$

$$\eta_{FA} = 1 - \eta_{SL} \quad (9.4-13)$$

Prípád 4.1: η_{SL} : odhadnutá hodnota

$$\eta_{FA} = 1 - \eta_{SL} \quad (9.4-14)$$

Prípád 4.2: η_{FA} : pozri vzťah (8.3-39)

$$\eta_{SL} = 1 - \eta_{FA} \quad (9.4-15)$$

Úprava sa môže vykonať za predpokladu, že γ_{Ash} sa nezmení o viac ako $\pm 15\%$ od zaručenej hodnoty.

9.4.3 Úprava vplyvom odchýlok obsahu vlhkosti paliva

Pretože akýkoľvek obsah vlhkosti iný ako zaručený má vplyv na hodnotu výhrevnosti a tepelnej energie vykurovacieho plynu, treba vykonať úpravu použitím nasledujúceho vzťahu:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H2O}}{(1-l_u) H_{(N)tot}} (h_{(N)STG} + (L_r + h_{WF}) \sum l_{(N)F}) \Delta W \quad (9.4-16N)$$

$$\frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H2O}}{(1-l_u) H_{(G)tot}} (h_{(G)WG} + (L_r + h_{WF}) \sum l_{(G)F}) \Delta W \quad (9.4-16G)$$

$$s \quad h_{(N)STG} = \bar{c}_{pST} (t_G - t_r) \quad (9.4-17N)$$

$$h_{(G)WG} = \bar{c}_{pST} (t_G - t_r) + L_r \quad (9.4-17G)$$

$$a \quad h_{WF} = \bar{c}_W (t_F - t_r), \quad (9.4-18)$$

v ktorom \bar{c}_{pST} je celkové špecifické teplo pary;

\bar{c}_W celkové špecifické teplo vody.

Úprava sa môže vykonať za predpokladu, že γ_{H2O} sa nezmení o viac ako $\pm 10\%$ od zaručenej hodnoty.

9.4.4 Úprava vplyvom odchýlok v teplote paliva

Akákoľvek teplota paliva iná ako zaručená má však malý vplyv na účinnosť, pretože tepelná energia paliva je bežne malá vzhľadom na hodnotu výhrevnosti.

Vzťah na úpravu platí takto:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{-1}{(1-l_u) H_{(N)tot}} \bar{c}_F \sum l_{(N)F} \Delta t_F \quad (9.4-19N)$$

$$\frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{-1}{(1-l_u) H_{(G)tot}} \bar{c}_F \sum l_{(G)F} \Delta t_F \quad (9.4-19G)$$

kde \bar{c}_F je celkové špecifické teplo paliva (vrátane popola a obsahu vlhkosti).

Vplyv akejkoľvek zmeny v teplote paliva na účinnosť je mierny, takže nijaký vstup na úpravu nie je potrebný. Avšak musí sa zabrániť zamŕznaniu paliva.

9.4.5 Úprava vplyvom odchýlok v teplote spaľovacieho vzduchu

Akákoľvek teplota spaľovacieho vzduchu (v hranici skupiny) iná ako zaručená má vplyv na celkovú výhrevnosť, $H_{(N)tot}$, $H_{(G)tot}$.

Na úpravu platí nasledujúci vzťah:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{-\mu_A}{H_{(N)tot}} \bar{c}_{pA} \sum l_{(N)F} \Delta t_A \quad (9.4-20N)$$

$$\frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{-\mu_A}{H_{(G)tot}} \bar{c}_{pA} \sum l_{(G)F} \Delta t_A \quad (9.4-20G)$$

Vzhľadom na obmedzenie úpravy stanovisko 9.4.9 sa aplikuje analogicky.

9.4.6 Úprava vplyvom odchýlok v obsahu vlhkosti v spaľovacom vzduchu

Akýkoľvek obsah vlhkosti v spaľovacom vzduchu iný ako zaručený ovplyvní hmotnostný prietok spalín a v dôsledku toho aj stratu spalínami.

Na úpravu platí nasledujúci vzťah:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1}{H_{(N)tot}} \mu_{Ad} (h_{(N)STG} - h_{(N)STA} \sum l_{(N)F}) \Delta X_{H_2OAd} \quad (9.4-21N)$$

$$\frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1}{H_{(G)tot}} \mu_{Ad} (h_{(G)WG} - h_{(G)WA} \sum l_{(G)F}) \Delta X_{H_2OAd} \quad (9.4-21G)$$

kde

$$h_{(N)STG} = \bar{c}_{pST} (t_G - t_r) \quad (9.4-22N)$$

$$h_{(G)WG} = \bar{c}_{pST} (t_G - t_r) + L_r \quad (9.4-22G)$$

$$h_{(N)STA} = \bar{c}_{pST} (t_A - t_r) \quad (9.4-23N)$$

$$h_{(G)WA} = \bar{c}_{pST} (t_A - t_r) + L_r \quad (9.4-23G)$$

pri ktorých \bar{c}_{pST} je celkové špecifické teplo pary.

Vzhľadom na obmedzenie úpravy stanovisko 9.4.4 sa aplikuje analogicky.

9.5 Úprava účinnosti metódou tepelných strát na zaručené podmienky pri zmene teploty spalín

9.5.1 Úprava vplyvom odchýlok v teplote napájacej vody

Ak poslednou teplovýmennou plochou v kotle je ekonomizér, oprava na zaručené podmienky sa môže vykonať použitím vzťahu (9.5-1) alebo (9.5-2) za predpokladu, že je známa vstupná teplota spalín (pozri obrázok 9.5-1).

$$t_{Gg} = (t_{G1} - t_{FWg}) \frac{t_G - t_{FW}}{t_{G1} - t_{FW}} + t_{FWg} \quad (9.5-1)$$

alebo

$$\Delta t_G = \Delta t_{FWg} \frac{t_{G1} - t_G}{t_{G1} - t_{FW}} \quad (9.5-2)$$

s $\Delta t_{Gg} = t_G + \Delta t_G$ a $\Delta t_{FWg} = t_{FWg} - t_{FW}$ kde t_G je teplota spalín meraná v hranici skupiny počas preberacej skúšky; t_{FW} vstupná teplota napájacej vody do ekonomizéra meraná počas preberacej skúšky; t_{FWg} navrhovaná vstupná teplota napájacej vody do ekonomizéra; t_{Gg} teplota spalín pri zaručených podmienkach; t_{G1} teplota spalín vstupujúcich do ekonomizéra.

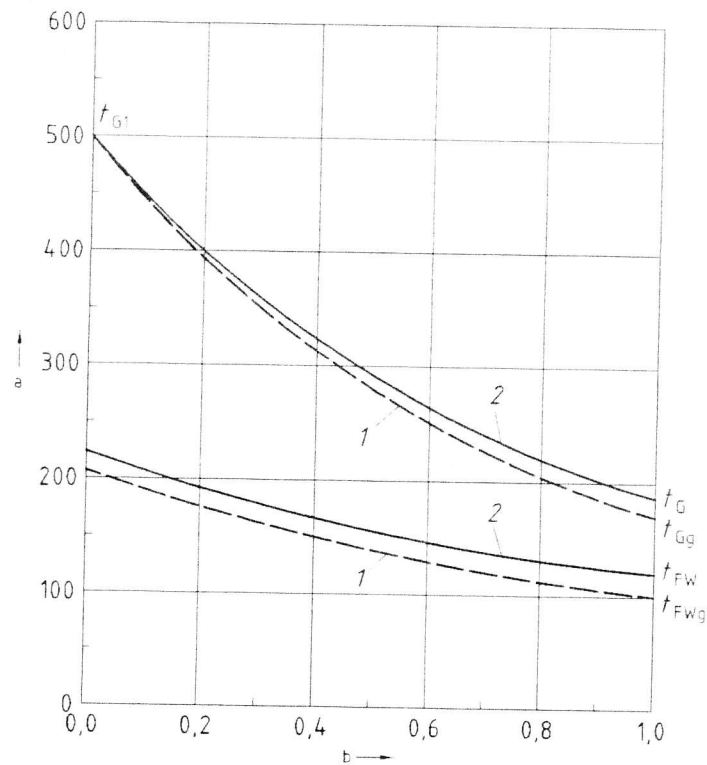
Neistota vyplýva z faktu, že teplota spalín na vstupe do ekonomizéra sa bežne nemeria, ale radšej sa prevezme z konštrukčného výpočtu. Preto vzťahy (9.5-1) a (9.5-2) by sa mali použiť, iba ak t_{FW} nameraná počas preberacej skúšky sa nezmení o viac ako 10 °C od t_{FWg} , t. j.:

$$|\Delta t_{FW}| \leq 10 \text{ °C}$$

Vzťah na úpravu t_G na $\Delta \eta_B$ (zmena účinnosti) je nasledujúci:

$$\frac{\partial \sum l_{(N)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1}{(1-l_u) H_{(N)tot}} \left[\mu_G \bar{c}_{pG} + \frac{\gamma_{Ash}}{(1-l_u)} \frac{\eta_{FA}}{1-u_{FA}} \bar{c}_{Ash} \right] \Delta t_G \quad (9.5-3N)$$

$$\frac{\partial \sum l_{(G)F}}{\partial X} \Delta X = \frac{1}{H_{(G)tot}} \left[\mu_G \bar{c}_{pG} + \frac{\gamma_{Ash}}{(1-l_u)} \frac{\eta_{FA}}{1-u_{FA}} \bar{c}_{FA} \right] \Delta t_G \quad (9.5-3G)$$



Legenda

- a Teplota napájacej vody/teplota spalín, t, v °C
- b Parametre X
- 1 Záruka
- 2 Preberanie

Obrázok 9.5-1 – Teplotný diagram ekonomizéra (X predstavuje akýkoľvek parameter)

9.5.2 Úprava vplyvom odchýlok v teplote spaľovacieho vzduchu

Ak poslednou teplovýmennou plochou je ohrievač vzduchu, úprava na zaručené podmienky sa môže vykonať použitím vzťahu (9.5-4) alebo (9.5-5) za predpokladu, že je známa vstupná teplota spalín (pozri obrázok 9.5-2).

$$t_{Gg} = (t_{G1} - t_{Ag}) \frac{t_G - t_A}{t_{G1} - t_A} + t_{Ag} \quad (9.5-4)$$

alebo

$$\Delta t_G = \Delta t_{Ag} \frac{t_{G1} - t_G}{t_{G1} - t_A} \quad (9.5-5)$$

s $\Delta t_{Gg} = t_G + \Delta t_G$ a $\Delta t_A = t_{Ag} - t_A$

kde t_G je teplota spalín meraná v hranici skupiny počas preberacej skúšky;

t_A teplota spaľovacieho vzduchu na vstupe do ohrievača vzduchu meraná počas preberacej skúšky;

t_{Ag} navrhovaná teplota spaľovacieho vzduchu na vstupe do ohrievača vzduchu;

t_{Gg} teplota spalín pri zaručených podmienkach;

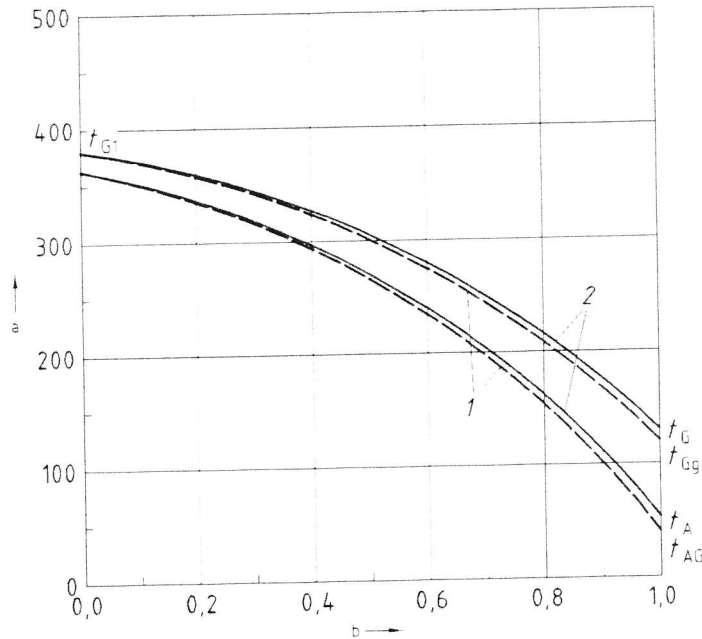
t_{G1} teplota spalín vstupujúcich do ohrievača vzduchu.

Zo vzťahu (9.5-4) alebo (9.5-5) môžeme vidieť, že úprava nie je funkciou spaľovacieho vzduchu a hmotnostného prietoku spalín v ohrievači vzduchu ani funkciou prietoku prisávaného vzduchu.

9.5.1 sa použije analogicky na teplotu spalín t_{G1} . V tomto prípade:

$$|\Delta t_A| \leq 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Posledný vzťah v 9.5.1 sa použije na úpravu t_G na Δt_B .



Legenda

- a Vstup do ohrievača vzduchu/teplota spalín, t, v $^\circ\text{C}$
- b Parametre X
- 1 Záruka
- 2 Preberanie

Obrázok 9.5-2 – Teplotný diagram ohrievača vzduchu (X predstavuje akýkoľvek parameter)

9.5.3 Úprava vplyvom odchýlok teploty napájacej vody a teploty spaľovacieho vzduchu

Ak poslednými teplovýmennými plochami v parnom kotle sú ekonomizér a ohrievač vzduchu, úprava na zaručené podmienky sa môže vykonať použitím vzťahu (9.5-6) alebo (9.5-7) za predpokladu, že je známa teplota spalín na vstupe do ekonomizéra a ohrievača vzduchu.

$$t_{Gg} = \frac{t_G - t_A}{t_{G1} - t_A} \left[(t_{G0} - t_{FWg}) \frac{t_{G1} - t_{FW}}{t_{G0} - t_{FW}} + t_{FWg} - t_{Ag} \right] + t_{Ag} \tag{9.5-6}$$

alebo

$$\Delta t_G = \Delta t_{FW} \frac{t_G - t_A}{t_{G1} - t_A} \frac{t_{G0} - t_{G1}}{t_{G0} - t_{FW}} + \Delta t_A \frac{t_{G1} - t_G}{t_{G1} - t_A} \tag{9.5-7}$$

s

$$\Delta t_{Gg} = t_G + \Delta t_G \text{ a } \Delta t_A = t_{Ag} - t_A \text{ a } \Delta t_{FWg} = t_{FWg} - t_{FW} .$$

kde t_{G0} je teplota spalín vstupujúcich do ekonomizéra;

t_{G1} teplota spalín vstupujúcich do ohrievača vzduchu;

t_G	teplota spalín meraná v hranici skupiny počas preberacej skúšky;
t_A	teplota spalovacieho vzduchu na vstupe do ohrievača vzduchu meraná počas preberacej skúšky;
t_{Ag}	navrhovaná teplota spalovacieho vzduchu na vstupe do ohrievača vzduchu;
t_{FW}	vstupná teplota napájacej vody do ekonomizéra meraná počas preberacej skúšky;
t_{FWg}	navrhovaná vstupná teplota napájacej vody do ekonomizéra;
t_{Gg}	teplota spalín pri zaručených podmienkach;

Zo vzťahu (9.5-6) alebo (9.5-7) môžeme vidieť, že úprava nie je ani funkciou hmotnostného prietoku spalovacieho vzduchu a spalín v ohrievači vzduchu, ani funkciou prietoku prisávaného vzduchu.

9.5.1 sa použije analogicky na teplotu spalín t_{G1} a t_{G0} . V tomto prípade:

$$|\Delta t_A| \leq 20 \text{ °C} \text{ and } |\Delta t_{FW}| \leq 10 \text{ °C}$$

Posledný vzťah v 9.5.1 sa použije aj na úpravu Δt_G na Δt_B .

9.6 Účinnosť pri zaručených podmienkach

9.6.1 Metóda vstup - výstup

Úpravu netreba vykonať, t. j. účinnosť vypočítaná z meraní vykonaných počas skúšky je priamo porovnateľná so zaručenou účinnosťou. 9.6.3 sa používa, ak nameraný užitočný výkon sa odlišuje od zaručeného.

Metóda tepelných strát

Krivky na úpravu alebo vzťahy musia byť uvedené na podmienky neuvedené v 9.4 a 9.5. Napríklad to môže byť prípad, ak sú zmeny vstupnej teploty napájacej vody a ekonomizér je umiestnený na výstupe z ohrievača vzduchu. Krivky na úpravu alebo vzťahy musia mať nasledujúci tvar:

$$\eta_{Bg} - \eta_B = \Delta \eta_B = f(X) \quad (9.6-1)$$

Z toho potom vyplýva, že účinnosť upravená na zaručené podmienky, η_{Bc} , sa rovná vypočítanej účinnosti plus sume všetkých úprav, t. j.

$$\eta_{Bc} = \eta_B + \sum \Delta \eta_{BX} \quad (9.6-2)$$

9.6.3 sa používa ak nameraný užitočný tepelný výkon sa líši od zaručeného.

V prípadoch, ak sú prekročené uvedené hranice na úpravy, preberacia skúška sa môže vykonať iba v prípade dohody medzi výrobcom a prevádzkovateľom. Napríklad účastníci môžu súhlasiť, že

- obidvaja účastníci akceptujú, ak hranice budú trocha prekročené;
- v prípade, ak akákoľvek hranica je prekročená musí, sa použiť dodatočná neistota 0,1 percentných bodov.

9.6.3 Porovnanie účinnosti

Porovnanie účinnosti upravenej na zaručené podmienky, η_{Bc} , so zaručenou účinnosťou, η_{Bg} , sa musí vykonať kvôli rovnakému užitočnému výkonu.

Ak zaručená účinnosť nie je uvedená v tvare krivky ako funkcia užitočného výkonu, ale je iba stanovená pre špecifické body zaťaženia, potom sa musí vykonať lineárna interpolácia pre medzilahlé hodnoty, aby sa stanovila zaručená účinnosť.

Ak meraný bod zaťaženia je umiestnený mimo rozsahu definovaného bodmi zaťaženia, potom sa môže vykonať lineárna extrapolácia za predpokladu, že body neležia mimo rozsahu o viac ako 7 %. Ak je iba

jediný bod zaťaženia, môže sa predpokladať, že účinnosť je konštantná v rozsahu $\pm 5\%$ užitočného výkonu.

Ak η_{Bc} je nameraná veličina, ktorá bola upravená na zaručené podmienky a η_{Bg} zaručenou hodnotou, potom záruka sa považuje za splnenú za podmienky, že

$$\eta_{Bc} + u_{\eta, B} \geq \eta_{Bg} \quad (9.6-3)$$

10 Priemer a neistota merania

10.1 Všeobecne

Výsledky skúšok požadované na porovnanie so zaručenými hodnotami treba vypočítať z nameraných hodnôt, neistota merania (ďalej len „neistota“) je stanovená v súlade s [1].

Najzákladnejšie informácie potrebné na použitie [1] sú uvedené ďalej v 10.3.

Pred preberacími skúškami – prednostne pred uzatvorením zmluvy – mala by sa dosiahnuť dohoda vzhľadom na prijateľnú úroveň neistoty a triedy presnosti alebo prípustné medze chyby meracích systémov pre relevantné merané veličiny. Rozsah preberacej skúšky (ktorý závisí od veľkosti parného kotla) sa musí tiež určiť, berúc do úvahy všetky veličiny alebo parametre vzťahujúce sa na konečný výsledok.

10.2 Priemer a úpravy

10.2.1 Priemer z nameraných hodnôt

Na vyhodnotenie výsledkov skúšky sa musí vypočítať priemer z údajov získaných pre každú veličinu počas skúšky. Pri veličinách majúci väčší alebo menší lineárny vplyv na vyhodnotenie sa musí určiť aritmetický priemer z nameraných hodnôt pre každý prístroj.

Pri meraniach prietoku vykonávaných použitím škrtiacich klapiek sa aritmetický priemer musí odvodiť z odmocnín nameraných hodnôt diferenčného tlaku.

10.2.2 Úprava priemerných nameraných hodnôt

Pri úprave priemerných nameraných hodnôt sa prídavok musí urobiť pre

- konštanty použitých prístrojov;
- úpravy spôsobené kalibráciou prístrojov;
- dodatočné vplyvy na meracie zariadenie a referenčné hodnoty meraných veličín.

10.3 Základy výpočtu neistoty

10.3.1 Chyby merania

Každá nameraná hodnota a teda aj každý nameraný výsledok špecificky meranej veličiny je ovplyvnený meracími prístrojmi a systémom, meracím postupom a meraným predmetom.

Malo by sa rozlišovať medzi systematickými chybami²⁾ a náhodnými chybami [16].

Systematickými chybami sa musí preukázať, že meranie je nesprávne a malo by sa im vyhnúť zamestnaním skúsených pracovníkov na vykonávanie skúšok.

²⁾ Ďalej len chyby namiesto chyby merania.

10.3.2 Štandardné odchýlky, medza spoľahlivosti a neistota

Štandardná odchýlka je stredná kvadratická variabilita (nestálosť) pre náhodné chyby. Ak sa nameraná hodnota x_i získa použitím konkrétneho meracieho systému, potom pre známu štandardnú odchýlku, σ , je skutočná hodnota, x_{tr} , v rozsahu $x_i \pm 2\sigma$ okolo nameranej hodnoty x_i , s medzou spoľahlivosti 95 %.

Preto dvojnásobná štandardná odchýlka 2σ je definovaná ako medza spoľahlivosti.

Všetky všeobecné informácie o chybách v tejto norme sa musia považovať za medzu spoľahlivosti s úrovňou spoľahlivosti 95 % odhadnutých náhodných chýb meracích systémov a meracích postupov.

Geometrický súčet všetkých medzí spoľahlivosti jednotlivých chýb je definovaný ako neistota merania.

10.3.3 Neistoty pri termodynamických parametroch a koeficientoch

V tejto norme neistoty pri termodynamických parametroch a koeficientoch sa považujú za náhodné chyby. Malo by sa však poznamenať, že pri meraných veličinách pozostávajúcich z niekoľkých nameraných hodnôt (napríklad kde sa rovnaké parametre používajú opakovane) medzu spoľahlivosti každého parametra treba určiť oddelene, pretože parametre obsiahnuté v jednotlivých nameraných hodnotách podliehajú vždy rovnakej chybe.

Okrem toho podmienkou použitia zákona o šírení chyby je, že premenné funkcií nie sú vzájomne závislé. Avšak vo väčšine prípadov samotné parametre a koeficienty sú funkciou nameraných hodnôt tak, že uvedený zákon sa môže použiť iba v prípade, ak zákony regulujúce vzťah medzi parametrami, koeficientmi a nameranými hodnotami sú vložené do funkcie. V tomto prípade postačuje linearizovať tento vzťah v rozsahu okolo nameranej hodnoty.

10.3.4 Obmedzené rozloženie chyby

Presnosť sériovo vyrábaných prístrojov je vyjadrená z hľadiska ich medze chyby, G^3 . Teda rozloženie chyby (krivka), ktoré, založené na skúsenosti, sa môže tiež predpokladať ako časť Gaussovho rozloženia, je skrátené tým spôsobom, že G musí byť určenou medzou spoľahlivosti 100 %. Pretože sa nemôže bezpečne predpokladať, že prístroje majú približne normálne rozdelenie, medze chyby v tejto norme sú určené rovnakým spôsobom ako medze spoľahlivosti. Pri každej indikovanej medzi chyby, ktorá je pri elektrických prístrojoch a tlakomeroch vyjadrená prostredníctvom triedy presnosti, malo by sa zobrať do úvahy, že táto hodnota sa všeobecne netýka nameranej hodnoty, x_i , ale skôr hodnoty v celom rozsahu, x_e . V tomto prípade je:

$$u_{Mx} = \frac{G}{100\%} x_c \quad (10.3-1)$$

Ak sa rôzne veličiny merajú použitím rovnakého prístroja cez viacpolohový prepínač, treba mať na mysli, že pri výpočte celkovej neistoty sa neistoty rôznych meraných veličín nesmú geometricky sčítať, pretože prístroj má rovnakú chybu pri každom meraní.

10.3.5 Neistota vypočítaného výsledku

Ak vypočítaný výsledok je funkciou n nezávislých veličín (merané veličiny, parametre, koeficienty), t. j.

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (10.3-2)$$

potom neistota výsledku podľa zákona o šírení chyby je:

$$u_{My} = \pm \sqrt{\sum \left[\frac{\partial y}{\partial x_i} u_{Mxi} \right]^2} \quad (10.3-3)$$

a relatívna neistota je:

$$\varepsilon_y = \frac{u_{My}}{y} = \sqrt{\sum \left[\frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \frac{u_{Mxi}}{x_i} \right]^2} \quad (10.3-4)$$

³⁾ Malo by to byť uvedené v EN 837-1 a EN 837-3 „Medze chyby“.

10.3.6 Viacnásobné meranie meraných veličín

Náhodné chyby sa môžu znížiť iba oddelenými meraniami rovnakej meranej veličiny. Pri takomto viacnásobnom meraní je

$$x_g = \sum (x_i y_i) / \sum y_i \quad (10.3-5)$$

ako vážený priemer a

$$u_{Mx} = 1 / \sqrt{\sum y_i} \quad (10.3-6)$$

ako neistota váženého priemeru a

$$\gamma_i = 1 / u_{Mx}^2 \quad (10.3-7)$$

ako váha meranej veličiny použitej v priemernej hodnote.

Navyše sa musí vykonať kontrola, aby sa rozhodlo, či odchýlky meraných hodnôt od ich váženého priemeru sú zhodné s predpokladanými neistotami.

10.4 Smerové hodnoty merania neistôt

10.4.1 Všeobecne

Hodnoty neistôt uvedené v nasledujúcich podkapitolách sa musia považovať za medze spoľahlivosti v súlade s 10.3.2. Tieto medze pre jednotlivé meracie systémy nemôžu byť odvodené zo získaných odčítaných údajov v priebehu preberacej skúšky.

Z tohto dôvodu medze treba určiť

- a) dodržiavaním postupov podstatných pre dané jednotlivé merania (napríklad merania prietoku);
- b) zo známych medzi chýb (tried) prístrojov (napríklad elektrické prístroje, tlakomery);
- c) z výsledkov kalibrácie použitím meracích prístrojov známej presnosti;
- d) na základe skúsenosti v oblasti metrologie.

Neistoty sú označené u_{Mx} a relatívne neistoty $e_x = u_{Mx} / x$ (pozri obrázok 10.4-1 o zariadeniach na meranie teploty).

Tabuľka 10.4-1 – Medze chyby zariadení na meranie teploty

Senzor	Medza chyby, U_{Mt}
Termočlánky podľa EN 60584, trieda 1 ^{a)} Platina – 10 % ródium/platina Železo – meď/nikel Nikel – chróm/nikel Kalibrované termočlánky	1,0 °C alebo $1 + (t - 1000) 0,0003$ ^{b)} 1,5 °C alebo $0,004 t$ ^{b)} 1,5 °C alebo $0,004 t$ ^{b)} 1,2 °C ^{c)}
Odporové teplomery: Pt 100 podľa EN 60751 Ni 100 podľa EN 60751	0,15 + 0,002 t (do 650 °C) ^{d)} 0,40 + 0,007 t (do 250 °C)
Sklenené teplomery s 1/10 delením stupnice, overené alebo kalibrované na $t < 100$ °C	0,1 °C
^{a)} Termočlánky tried 2 a 3 podľa EN 60584 sa nesmú používať na preberacie skúšky. ^{b)} Vyššia z hodnôt. ^{c)} Iba ak malá chyba bola potvrdená kalibráciou. ^{d)} Stanovená hranica chyby použiteľná na odporové teplomery PT 100 triedy A (pozri EN 60751). Teplomery triedy B sa nesmú používať.	

10.4.2 Neistoty tlaku a teploty

10.4.2.1 Tlak

Na meranie tlaku Bourdonovými tlakomermi, kde neistota je funkciou triedy presnosti prístroja, sa predpokladá, že systematické chyby sú vylúčené správnou obsluhou a pravidelnou kalibráciou prístrojov.

Ak sa tlak a diferenčný tlak merajú pomocou kvapalinových stĺpcov, neistota je funkciou zmien výšky stĺpca, tvaru päty a presnosti nastavovacieho zariadenia. Môžu tu byť nezaznamenané systematické chyby, ak sa stĺpce nemôžu pozorovať priamo (prisudzované znečistenej tesniacej kvapaline, prilepeným kvapkám alebo vplyvu vonkajších polí na magnetické prístroje).

Obyčajne môžeme predpokladať nasledujúce neistoty:

- piestové tlakomery pre $p > 5$ bar: $\varepsilon_p = 0,002$;
- Bourdonove tlakomery tried 0,2 až 0,6: $\varepsilon_p = (G^1 / 100 \%) (p_e / p)$;
- Bourdonove tlakomery tried 0,2 až 0,6, kalibrované pred skúškou a po nej:
 $\varepsilon_p = 0,5 (G^1 / 100 \%) (p_e / p)$;
- kvapalinové manometre pre $p < 2,5$ bar:
U – rúrkové naplnené Hg: $u_{Mp} = 1$ mm ;
U – rúrkové s tesniacou kvapalinou $\rho < \rho_{Hg}$: $u_{Mp} = 2$ mm

Bourdonove tlakomery musia byť v zhode s EN 837-1.

10.4.2.2 Teplota

Vzhľadom na neistotu v meraní teploty sa musí vyznačiť toto:

- medze chyby prístroja: pri analógových prístrojoch sú funkciou triedy presnosti, pri ortuťových teplomeroch funkciou kalibračnej chyby a pri digitálnych voltmetroch sa to môže zanedbať;
- medze chyby senzora;
- chybné umiestnenie (chyba vyplývajúca z chybného umiestnenia prístroja v požadovanom mieste merania).

Pri vykonávaní meraní v spalínových a vzduchových cestách chybné umiestnenie vyplýva z faktu, že je tu sálanie z chladnejších stien kanála do senzora a naopak. Chybné umiestnenie v prípade meraní vo vodnom/parnom potrubí je spôsobené teplom prúdiacim z teplomerovej sondy do steny potrubia. Takémuto prúdeniu tepla by sa malo zamedziť izoláciou potrubia v okolí teplomerovej sondy.

Nie je vždy možné zabrániť chybným umiestneniam, ak sa merania vykonávajú v spalínových a vzduchových cestách. Takéto chyby sa môžu predbežne stanoviť použitím nasledujúceho vzťahu:

$$t_G - t_{\text{Sen}} = \Delta t = \frac{\alpha_R}{\alpha_C + \alpha_R} (t_G - t_W) \quad (10.4-1)$$

kde t_G je teplota spalín;

t_{Sen} teplota senzora;

t_W teplota steny;

α_R koeficient prenosu tepla sálaním (zo senzora do steny);

α_C koeficient prenosu tepla prúdením (zo spalín do senzora);

α_R sa môže vypočítať pre malé hodnoty $(t_G - t_W)$ použitím nasledujúceho vzťahu:

$$\alpha_R = 0,04 \cdot 5,67 \varepsilon \left[\frac{T_{\text{Sen}}}{100} \right]^3 \frac{W}{m^2K} \quad (10.4-2)$$

kde

ε je emisivita (v tomto prípade $\varepsilon = 0,7$)

$$T_{\text{Sen}} = t_{\text{Sen}} + 273 \text{ K} \quad (10.4-3)$$

Aproximáciou sa teplota senzora môže považovať za rovnakú ako teplota spalín.

α_C sa môže vypočítať použitím nasledujúceho vzťahu:

$$\alpha_C = f(t) \sqrt{\frac{w_p}{l}} \quad (10.4-4)$$

kde w_p je hustota rýchlosti hmotnostného prietoku v $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$;

l nábehová dĺžka prietoku v m;

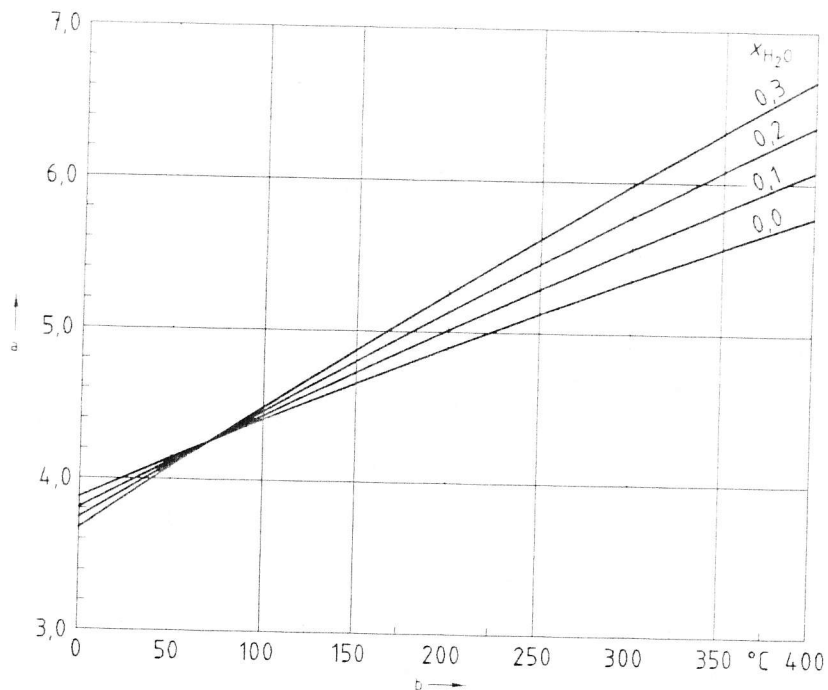
s

$l = \pi/2d$ pri priečných rúrkach (d = priemer rúrky);

$l = L$ pri pozdĺžnych rúrkach (L = dĺžka od konca snímača do bodu umiestnenia termočlánku);

$f(t)$ je funkcia, ktorá závisí od teploty a typu média.

Príslušná hodnota sa môže odčítať z obrázka 10.4-1.

**Legenda**a $f(t)$ b Teplota, t **Obrázok 10.4-1 – Funkcia pre výpočtové koeficienty pre prenos tepla prúdením**

Odporúča sa, aby sa senzory chránili proti sálavému teplu, aby sa minimalizovali takéto chybné umiestnenia. Tieto chyby treba vziať do úvahy v úpravách podľa 10.2.2. S tým sa nesmie počítať pri použití zákona o šírení chyby. Avšak samotná úprava zahŕňa neistotu, pre ktorú treba predpokladať minimálne $0,5^\circ\text{C}$ pri výpočte neistoty merania teploty.

PRÍKLAD $t_G = 350^\circ\text{C}$; $(w \rho) = 4,0 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s})$; $l = 9 \text{ mm}$; spaliny.

$$f(t) = 5,5; T_{\text{Sen}} = 623,3 \text{ K}.$$

$$\alpha_C = 5,5 \sqrt{4,0 / 0,009} = 116 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$\alpha_R = 0,04 - 5,67 - 0,7 - 6,233^3 = 38,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

$$\Delta t = 38,4 / (116 + 38,4) (t_G - t_W) = 0,25 (t_G - t_W) ^\circ\text{C}.$$

POZNÁMKA. – Pozri [16] pre terminológiu týkajúcu sa teplomerov [17].

10.4.2.3 Entalpia, rozdiel entalpií a špecifický objem pary

Entalpia sa musí stanoviť podľa tabuliek pary z nameraných hodnôt tlaku a teploty. Neistota entalpie je teda funkciou neistôt týchto parametrov.

Stanovením $h = F(t, p)$ neistota entalpie, u_{Mh} , je:

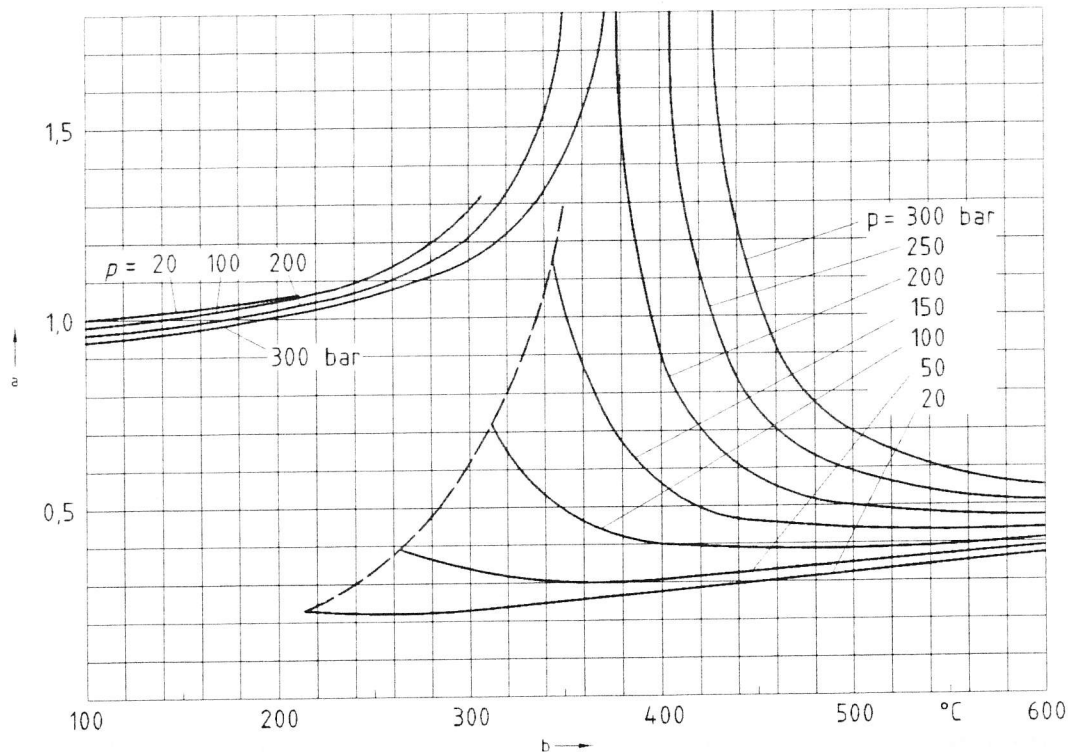
$$u_{Mh} = \sqrt{\left[\frac{\partial h}{\partial t} u_t \right]^2 + \left[\frac{\partial h}{\partial p} u_{Mp} \right]^2} \quad (10.4-5)$$

$$\text{a stanovením } A_t = \frac{\partial h}{\partial t} \frac{t}{h} \text{ a } A_p = \frac{\partial h}{\partial p} \frac{p}{h}$$

a relatívna neistota je:

$$\epsilon_h = \frac{u_h}{h} = \sqrt{(A_t \epsilon_t)^2 + (A_p \epsilon_p)^2} \quad (10.4-6)$$

Vzťahy (10.4-5) a (10.4-6) sa môžu analogicky použiť na špecifický objem pary.



Legenda

- a $A_t = \frac{\partial h}{\partial t} \frac{t}{h}$
- b Teplota. t_{ST}

Obrázok 10.4-2 – Faktor berúci do úvahy vplyv teploty, A_t , na relatívnu neistotu entalpie pary

Neistota pri rozdielne entalpií, $\Delta h = h_2 - h_1$, je potom:

$$u_{M\Delta h} = \sqrt{\left[\frac{\partial h_2}{\partial t_2} u_{Mt}\right]^2 + \left[\frac{\partial h_1}{\partial t_1} u_{Mt}\right]^2 + \left[\frac{\partial h_2}{\partial p_2} u_{Mp}\right]^2 + \left[\frac{\partial h_1}{\partial p_1} u_{Mp}\right]^2} \quad (10.4-7)$$

a relatívna neistota:

$$e_{M\Delta h} = \sqrt{\left[\frac{h_2}{\Delta h}\right]^2 \left[(A_t e_t)^2 + (A_p e_p)^2 \right] + \left[\frac{h_1}{\Delta h}\right]^2 \left[(A_t e_t)^2 + (A_p e_p)^2 \right]} \quad (10.4-8)$$

10.4.3 Neistoty hmotnostných prietokov

10.4.3.1 Váženie

Pri vážení tuhého paliva a vykurovacieho oleja kalibrovanými váhami sa neistota, e_m , rovná prevádzkovej medzi chyby podľa 7.4.1.

10.4.3.2 Objemové meranie

Pri meraní

- a) plyných palív plynomermi neistota, e_L , je 0,02, ak sa meraním môže predpokladať menšia neistota;

b) vykurovacieho oleja kotúčovými ukazovateľmi, oválnymi typovými kolieskami, piestovými a lopatkovými meradlami neistota, ϵ_L , je 0,015, ak sa meraním môže predpokladať menšia neistota;

Pri stanovení neistoty hmotnostných tokov sa musia zobrať do úvahy neistoty merania času a hustoty, ak existujú.

10.4.3.3 Meranie prietoku

Pri meraní prietokov štandardnými dýzami a clonami podľa EN ISO 5167-1 (pozri aj [8]) je relatívna neistota ϵ_m rovnaká ako ϵ_p podľa EN ISO 5167-1.

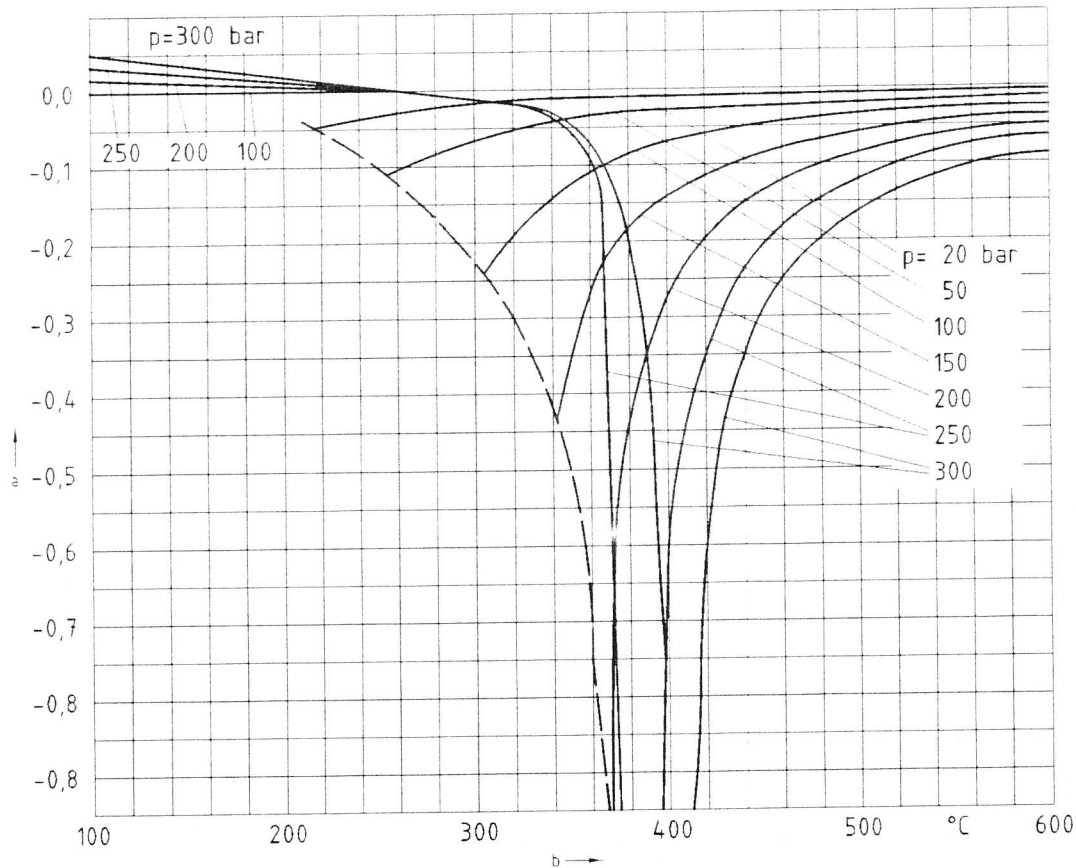
Ak sa meria viac hmotnostných prietokov na vodnej/parnej strane, potom treba vykonať kontrolu výpočtu hmotnostných prietokov na preberaciu skúšku (porovnaj 10.3.6, posledný odsek) [18].

10.4.3.4 Ďalšie neistoty

V prípade parných kotlov s roštovým ohniskom sa neistota pri stanovení prietoku paliva môže prirátat k skutočnosti, že množstvo paliva ponechané na rošte na začiatku a konci preberacej skúšky nie je celkom rovnaké. Táto neistota spôsobuje dodatočnú neistotu, ϵ_{AU} , pri výpočte prietoku paliva, pre ktorý sú príslušné údaje uvedené v tabuľke 10.4-2.

Tabuľka 10.4-2 – Relatívna neistota hmotnostného prietoku paliva spôsobená ďalšími neistotami

Trvanie skúšky h	Faktor zaťaženia		
	50 %	80 %	100 %
8	0,010	0,007	0,005
6	0,013	0,010	0,007
4	0,02	0,015	0,010



Legenda

a $A_p = \frac{\partial h}{\partial p} \frac{p}{h}$

b Teplota, t_{ST}

Obrázok 10.4-3 – Faktor berúci do úvahy vplyv tlaku, A_p , na relatívnu neistotu entalpie pary

10.4.4 Neistota výhrevnosti

10.4.4. Odoberanie vzoriek

Ak sa všetky vzorky odoberajú počas skúšky v pravidelných intervaloch (v súlade s ISO 1988) a potom sa zlučujú do jednej laboratórnej vzorky (ktorá je uložená v utesnenom púzdre), na výpočet sa môžu použiť nasledujúce neistoty, e_{Sam} (ako funkcia obsahu popola, γ_{Ash}):

- čierne uhlie, koks, polokoks, hnedouhoľné brikety a práškové hnedé uhlie: $e_{Sam} = 0,1 \gamma_{Ash}$, ale nie menej ako 0,005;
- surové hnedé uhlie: $e_{Sam} = 0,025 + 0,1 \gamma_{Ash}$, ale nie menej ako 0,03;
- vykurovací olej a vykurovací plyn: $e_{Sam} = 0$.

Podrobnosti o odoberaní vzoriek a ich prípravy sú uvedené v 7.5.2. Neistoty obsiahnuté pri odoberaní vzoriek tuhého paliva sa môžu zredukovať odobratím n samostatných vzoriek (namiesto jednej vzorky) počas skúšky a zredukovaním každej tak, aby sa umiestnila do jedného puzdra. Obsiahnutá neistota musí potom byť:

$$e_{Sam} = e_{Sam1} \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (10.4-9)$$

Viacnásobné odoberanie vzoriek sa čiastočne odporúča pri tuhých palivách s vysokým obsahom popola a vody.

10.4.4.2 Tepelná hodnota

Nasledujúce neistoty, $u_{MH(N)}$ (ako funkcia obsahu popola, γ_{Ash}), sa môžu predpokladať pri stanovovaní CV:

- a) tuhé palivo: $u_{MH(N)} = u_{MH(G)} = 130 \text{ kJ/kg}$, pre $\gamma_{Ash} < 15 \%$ a $u_{MH(N)} = u_{MH(G)} = 130 \text{ kJ/kg}$ pre $\gamma_{Ash} < 15 \%$;
- b) vykurovací olej: $u_{MH(N)} = u_{MH(G)} = 210 \text{ kJ/kg}$;
- c) vykurovací plyn: $u_{MH(N)} = u_{MH(G)} = 160 \text{ kJ/m}^3$.

Menšie neistoty môžu byť predmetom overenia.

10.4.5 Neistoty pomerov hmotnosti spaľovacieho vzduchu/spalín k hmotnosti paliva a špecifického tepla

10.4.5.1 Neistoty obsahu CO_2 , O_2 a CO v suchých spalínach

Pri použití zariadenia a za podmienok opísaných v 7.6.3 sa môžu použiť nasledujúce hodnoty:

$u_{My\text{CO}_2d} = 0,002$ pre obsah CO_2 ;

$u_{My\text{O}_2d} = 0,0015$ pre obsah O_2 ;

$u_{My\text{CO}d} = 0,01y_{\text{CO}d}$ pre obsah CO , ale nie menej ako $u_{My\text{CO}d} = 0,0001$

Menšie neistoty môžu byť predmetom overenia.

Tabuľka 10.4-3 – Neistoty pomeru hmotnosti vzduchu k hmotnosti paliva, ϵ_{iAd} , a špecifického tepla spalín, ϵ_3

		Tuhé palivo	Vykurovací olej	Zemný plyn
ϵ_{iAd}	pri meraní y_{CO_2d}	0,048	0,023	0,053
	pri meraní y_{O_2d}	0,045	0,027	0,006
ϵ_3	pri meraní y_{CO_2d}	0,011	0,005	0,008
	pri meraní y_{O_2d}	0,010	0,004	0,005

10.4.5.2 Neistota výpočtov výkonu/straty

Vo vzťahoch na výpočet príkonu a strát sú veličiny, navyše k meraným veličinám, ktoré sa získajú buď výpočtom alebo sú odvodené zo štatistických údajov. Aj tieto veličiny obsahujú neistoty. Po prvé to vyplýva zo skutočnosti, že elementárna analýza vzoriek obsahuje neistoty spôsobené odoberaním vzoriek a aj samotnou analýzou; po druhé tieto neistoty spôsobuje skutočnosť, že skutočné hodnoty neležia v jednej priamke.

Neistota μ_M je uvedená v tabuľke 10.4-3. Parametre V_{Gd} , μ_{AS} a $x_{\text{H}_2\text{O}Ad}$ neobsahujú akúkoľvek neistotu.

Udávané neistoty sa používajú v zisku tepla bez ohľadu na to, či je to na základe elementárnej analýzy alebo štatistických údajov.

Neistota celkového špecifického tepla suchého vzduchu a spalín

V súlade s 8.3.4.4 je špecifické teplo spalín, \bar{c}_{pG0} , v $\text{kJ}/(\text{kg K})$ dané:

$$\bar{c}_{pG0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{1m}x_{\text{H}_2\text{O}} + P_{2m}x_{\text{CO}_2} \quad (10.4-10)$$

kde \bar{c}_{pAd0} , P_{1m} a P_{2m} sú funkcie teploty, ktorej neistota sa berie do úvahy pri výpočte. Obrátene, $\bar{c}_{pAd0} = f(t)$ sa môže považovať za spoľahlivú funkciu, pretože hodnoty sú známe pre špecifické teplo

suchého vzduchu a použitím polynómu piateho radu sa môže získať presnosť, ak akékoľvek vlastné neistoty sa môžu definitívne zanedbať.

Vzájomný vzťah je komplexnejší pre špecifické teplo spalín. Hodnoty špecifického tepla jednotlivých plynov, na ktorých je založený výpočet použitím polynomickeho výrazu, sa tiež môžu považovať za hodnotovné. Polynomická stredná neistota, $\varepsilon_1 = 0,0004$ sa môže zanedbať. Avšak je tu základná neistota vlastná k výrazu a tá vyplýva zo skutočnosti, že špecifické teplo spalín je vyjadrené ako funkcia obsahu vody a oxidu uhličitého v spalínach, x_{H_2O} a x_{CO_2} . Táto neistota je:

$$\varepsilon_2 = -0,017 x_{CO_2} (4,0 - 1/x_{CO_2d}) \quad (10.4-11)$$

Ďalšia neistota vyplýva zo skutočnosti, že x_{H_2O} a x_{CO_2} je potrebné stanoviť štatistickým výpočtom. Avšak neistoty týchto dvoch parametrov vzájomne súvisia tak, že neistotu spôsobenú rozptylom výsledkov, ε_3 , treba stanoviť priamo pre \bar{c}_{pG0} . V tabuľke 10.4-3 sú uvedené príslušné numerické údaje. Teda relatívne neistoty podstatné pre funkcie špecifického tepla sú:

$$\varepsilon_{\bar{c}_{pAd0}} = 0 \quad (10.4-12)$$

$$\varepsilon_{\bar{c}_{pG0}} = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2} \quad (10.4-13)$$

10.4.6 Neistoty strát entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku

Straty spôsobené entalpiou a nespáleným palivom v troske a popolčeku sú obyčajne také malé, že rovnako väčšie neistoty meraných veličín (napríklad u_{SL} , u_{FA} , t_{SL} , \dot{m}_{SL} , \dot{m}_{FA} , atď) nesmú byť dovolené pri výpočte neistoty účinnosti.

Očakávané neistoty pre \dot{Q}_{SL} a \dot{Q}_{FA} sú uvedené v tabuľke 10.4-4. Na stanovenie ε_{JSL}^* a ε_{JFA}^* vzťahy (10.4-14) až (10.4-16) sa môžu použiť, ak sa berú do úvahy iba najzákladnejšie parametre na základe skúseností:

$$u_{MJFA}^* = \frac{\gamma_{Ash}(1-\nu)}{1-l_u} \sqrt{\left[D \frac{u_{FA}}{1-u_{FA}} \right]^2 + (J/\eta_{SL})^2 + \left[E + F \frac{u_{SL}}{1-u_{SL}} \right]^2 \left[\eta_{SL} \frac{u_{SL}}{1-u_{SL}} \right]^2} \quad (10.4-14)$$

Výpočet η_{SL} pozri v 7.3.3.4, prípad 4.

$$u_{MJSL}^* = \frac{\gamma_{Ash}(1-\nu)}{1-l_u} \sqrt{\left[G \frac{u_{SL}}{1-u_{SL}} \right]^2 + H^2 + \left[E + F \frac{u_{FA}}{1-u_{FA}} \right]^2 \left[\eta_{FA} \frac{u_{FA}}{1-u_{FA}} \right]^2} \quad (10.4-15)$$

$$s \quad \eta_{FA} = 1 - \eta_{SL} \quad (10.4-16)$$

$$u_{MJSF}^* = u_{MJFA}^*$$

Konštanty G , H , E , F , D a J použité vo vzťahoch (10.4-14) až (10.4-15) sa uvádzajú v tabuľke 10.4-4 v kJ/kg.

Tabuľka 10.4-4 – Neistoty

Neistoty	Spaľovanie na rošte	Antracit		Hnedé uhlie (lignit)		
		Spaľovanie práškoveho uhlia Granulačné	Výtavne	Spaľovanie na rošte	Spaľovanie práškoveho uhlia	
ϵ_{QSL}	0,18	0,26	0,22	0,22	0,26	
ϵ_{QSL}	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
u_{MJSL}	G	11 500	16 000	21 200	12 000	14 000
	H	73	118	520	73	121
	E	8 500	9 300	17 500	7 200	7 400
	F	8 500	5 600	0	4 800	4 900
u_{MJFA}	D	11 500	11 500	5 500	10 000	10 000
	J	–	–	555	–	–
	E	8 800	11 200	20 500	8 000	11 200
	F	5 700	9 600	12 000	6 500	9 600
u_{MJSF}	D	–	–	7 400	–	–
	J	–	–	5 800	–	–
	E	–	–	17 900	–	–
	F	–	–	0	–	–

10.4.7 Neistoty ostatných veličín

Neistoty strát sálaním a prúdením, ϵ_{RC} , sa rovnajú 0,5.

Neistota tepelného príkonu bez zvyškov tepla z druhého alebo z ďalšieho spaľovacieho systému, ϵ_{QZ} , sa rovná 0,1.

Neistota prechodového tepelného výkonu v jednotkách na výrobu horúcej vody, ϵ_{KN} , sa rovná $0,08f / (1+f)$. Pozri vzťah (8.3-8) pre f .

10.4.8 Zanedbateľné neistoty

Množstvo parametrov má iba veľmi malý vplyv na výpočet účinnosti tak, že neistoty týchto parametrov majú malý vplyv na celkovú neistotu, a preto sa môžu zanedbať.

Uvedené parametre sú \bar{c}_F , t_F , \dot{m}_{AS} , h_{AS} , P , P_M , P_U , P_{UG} , \dot{Q}_{SAE} , \dot{Q}_{EC} , l_u , η_{Ash} , x_{H_2OAd} , η_{H_2O} , a ak účinnosť je stanovená metódou tepelných strát, \dot{Q}_N .

Veličiny $H_{(N)CO_n}$ a \bar{c}_{pAd0} neobsahujú nijakú neistotu.

10.5 Výpočet neistoty

10.5-1 Neistota účinnosti stanovená metódou vstup-výstup

Použitím vzťahu (8.4-1) to vyplýva zo vzťahu (8.3-19):

$$\varepsilon_{\eta(N)B} = \sqrt{\left[\frac{\dot{m}_F H_{(N)tot}}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{mF}^2 + \varepsilon_{H(N)tot}^2 + \varepsilon_{AU}^2 \right) + \left[\frac{\dot{Q}_{(N)Z}}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{Q(N)Z}^2 + \varepsilon_{QN}^2 \right)} \quad (10.5-1N)$$

$$\varepsilon_{\eta(G)B} = \sqrt{\left[\frac{\dot{m}_F H_{(G)tot}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{mF}^2 + \varepsilon_{H(G)tot}^2 + \varepsilon_{AU}^2 \right) + \left[\frac{\dot{Q}_{(G)Z}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{Q(G)Z}^2 + \varepsilon_{QN}^2 \right)} \quad (10.5-1G)$$

Vzhľadom na jednotlivé neistoty v uvedených vzťahoch sa musí venovať pozornosť nasledujúcemu.

Vo väčšine prípadov netreba brať do úvahy \dot{Q}_Z , ak je buď malé vo vzťahu k \dot{Q}_{Ztot} , alebo je to nula. Pozri 10.4.3.1 a 10.4.3.2 pre ε_{mF} a 10.4.3.4 pre ε_{AU} .

Neistota užitočného tepelného výkonu, ε_{QN} , ako je definovaná vo vzťahu (8.3-1), je vyjadrená vzťahom (10.5-2).

$$\varepsilon_{QN} = \sqrt{\sum \left[\frac{\dot{m}_i \Delta h_i}{\dot{Q}_N} \right]^2 \left(\varepsilon_{mi}^2 + \varepsilon_{\Delta hi}^2 \right)} \quad (10.5-2)$$

kde ε_{mi} musí byť stanovené podľa 10.4.3.3 a $\varepsilon_{\Delta hi}$ podľa 10.4.2.3.

Neistota celkovej výhrevnosti, $\varepsilon_{H(N)tot}$, je:

$$\varepsilon_{H(N)tot} = \sqrt{\left[\frac{H_{(N)} / (1 - l_u)}{H_{(N)tot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{H(N)tot}^2 + \varepsilon_{Sam}^2 \right) + \left[\frac{J_{AF}}{H_{(N)tot}} \right]^2 \left[\varepsilon_{\mu A}^2 + \varepsilon_y^2 + \left[\frac{u_{MIA}}{t_A - t_r} \right]^2 \right]} \quad (10.5-3N)$$

$$\varepsilon_{H(G)tot} = \sqrt{\left[\frac{H_{(G)} / (1 - l_u)}{H_{(G)tot}} \right]^2 \left(\varepsilon_{H(G)tot}^2 + \varepsilon_{Sam}^2 \right) + \left[\frac{J_{AF}}{H_{(G)tot}} \right]^2 \left[\varepsilon_{\mu A}^2 + \varepsilon_y^2 + \left[\frac{u_{MIA}}{t_A - t_r} \right]^2 \right]} \quad (10.5-3G)$$

kde $\varepsilon_{H(N)}$, $\varepsilon_{H(G)}$ musia byť stanovené podľa 10.4.4.2, ε_{Sam} podľa 10.4.4.1, $\varepsilon_{\mu A}$ podľa 10.4.5.2 a u_{MIA} z tabuľky 10.4-1. Pozri vzťah (10.5-4) pre ε_y .

10.5.2 Neistota účinnosti stanovenej metódou tepelných strát

Nasledujúci aproximačný vzťah sa môže použiť na stanovenie relatívnej neistoty účinnosti, $\varepsilon_{\eta B}$, stanovenej metódou tepelných strát:

$$\varepsilon_{\eta(N)B} = \sqrt{\left[\frac{l_G}{l_B} \right]^2 \left[\varepsilon_{\mu G}^2 + \left(\frac{l_A}{l_G} \right) \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{H(N)tot}^2 + \varepsilon_{CpG}^2 + \left[\frac{u_{MIG}}{t_G - t_r} \right]^2 \right] + \left[\frac{l_{RC}}{l_B} \right]^2 0,5^2 + \left[\frac{l_{CO}}{l_B} \right]^2 \left[\frac{u_{MyCOd}}{y_{COd}} \right]^2 + \left[\frac{l_{SF} + l_L}{l_B} \right]^2 0,2^2} \quad (10.5-4N)$$

$$u_{y(G)B} = \sqrt{\left[\frac{l_G}{l_B} \right]^2 \left[c_{tG}^2 + \left(\frac{l_A}{l_G} \right) c_y^2 + c_{H(G)tot}^2 + c_{CpG}^2 + \left[\frac{u_{MIG}}{t_G - t_r} \right]^2 \right] + \left[\frac{l_{RC}}{l_B} \right]^2 0,5^2 + \left[\frac{l_{CO}}{l_B} \right]^2 \left[\frac{u_{MyCOd}}{y_{COd}} \right]^2 + \left[\frac{l_{SF} + l_L}{l_B} \right]^2 0,2^2} \quad (10.5-4G)$$

kde sa jednotlivé neistoty musia vypočítať takto:

$$e_{mG} = e_{mA}; \text{ pozri 10.4.5.2;}$$

$$e_y = u_{MyCO2d} / y_{CO2d} \text{ kde } y_{CO2d} \text{ je namerané alebo}$$

$$= u_{MyO2d} / (y_{CO2d} - y_{O2d}) \text{ je merané;}$$

$$e_{H(N)tot} \text{ pozri vzťah (10.5-3N);}$$

$$e_{H(G)tot} \text{ pozri vzťah (10.5-3G);}$$

$$e_{CpG} \text{ pozri 10.4.5.3;}$$

$$u_{MIG} \text{ pozri 10.4.2.2;}$$

$$u_{MyCOd} \text{ pozri 10.4.5.1;}$$

10.5.3 Neistoty nameranej účinnosti

Z neistôt stanovených v súlade s 10.5.1 alebo 10.5.2 neistota účinnosti, $u_{\eta/B}$, je získaná ako:

$$u_{M\eta/B} = \eta_B c_{\eta/B} \quad (10.5-5)$$

Záruka vzhľadom na účinnosť je splnená, ak

$$\eta_{Bg} < \eta_B + u_{M\eta/B} \quad (10.5-6)$$

kde η_{Bg} je zaručená účinnosť;

η_B nameraná účinnosť;

Vzťah (10.5-6) sa používa s podmienkou, že existovali zaručené hraničné podmienky počas preberacej skúšky. V opačnom prípade nameraná účinnosť sa musí najprv upraviť na zaručené podmienky (pozri kapitolu 8).

Príloha A (normatívna)**Štatistický výpočet spaľovania****A.1 Všeobecne**

Štatistický výpočet spaľovania je založený na empirickej závislosti pomeru hmotnostných tokov k výhrevnosti. V tomto kontexte hodnotenie vzoriek paliva z rôznych krajín po celom svete preukazuje spoločnú funkčnú spojitosť, pretože sa vykonalo veľké množstvo nezávislých meraní a viedla sa validácia hmotnostných bilancií, aby mal výsledok vysoký stupeň presnosti. Výskum zahŕňal vzorky s obsahom popola do 30 %.

Väčšinou sa štatistický výpočet spaľovania používa na prvý návrh elektrárne, validáciu elementárnej analýzy a výpočtu neistôt pri stanovení účinnosti, aby sa množstvá nezávislých hodnôt udržali nízke. V tejto norme je štatistický výpočet spaľovania použitý v kapitole 9, aby sa zjednodušil postup na stanovenie neistôt. Čo sa týka elementárnej analýzy, je to komplexnejšie.

A.2 Tuhé palivá

Pre nasledujúce štatistické vzťahy sa požaduje poznať obsah popola a vlhkosti v palive

s

$$y_F = 1 - y_{\text{Ash}} - y_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{a} \quad (\text{A.1})$$

$$H_{(N)}^* = H_{(N)} + 2,4425 y_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{v MJ/kg} \quad (\text{A.2})$$

$$\mu_{\text{Aod}} = -0,24119 y_F + 0,34210 H_{(N)}^* \quad (\text{A.3N})$$

$$\mu_{\text{Aod}} = -0,90230 y_F + 0,35073 H_{(G)} \quad (\text{A.3G})$$

$$\mu_{\text{God}} = -0,01293 y_F + 0,35217 H_{(N)}^* \quad (\text{A.4N})$$

$$\mu_{\text{God}} = -0,69349 y_F + 0,36150 H_{(G)} \quad (\text{A.4G})$$

$$V_{\text{God}} = -0,06018 y_F + 0,25437 H_{(N)}^* \quad (\text{A.5N})$$

$$V_{\text{God}} = -0,55174 y_F + 0,26078 H_{(G)} \quad (\text{A.5G})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = -0,17061 y_F + 0,08852 H_{(N)}^* \quad (\text{A.6N})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = -0,00046 y_F + 0,09075 H_{(G)} \quad (\text{A.6G})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}F} = -0,77174 y_F - 0,01007 H_{(N)}^* + y_{\text{H}_2\text{O}} \quad (\text{A.7N})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}F} = -0,79119 y_F - 0,01032 H_{(G)} + y_{\text{H}_2\text{O}} \quad (\text{A.7G})$$

A.3 Vykurovací olej

$$H_{(N)} \text{ (NCV) v MJ/kg}$$

$$H_{(G)} \text{ (GCV) v MJ/kg}$$

$$\mu_{\text{Aod}} = 0,43973 + 0,32426 H_{(N)} \quad (\text{A.8N})$$

$$\mu_{\text{Aod}} = 1,78457 + 0,27471 H_{(G)} \quad (\text{A.8G})$$

$$\mu_{\text{God}} = 3,44402 + 0,25401H_{(\text{N})} \quad (\text{A.9N})$$

$$\mu_{\text{God}} = 4,48259 + 0,21215H_{(\text{G})} \quad (\text{A.9G})$$

$$V_{\text{God}} = 1,76435 + 0,20060H_{(\text{N})} \quad (\text{A.10N})$$

$$V_{\text{God}} = 2,59630 + 0,16994H_{(\text{G})} \quad (\text{A.10G})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = 2,50314 + 0,01510H_{(\text{N})} \quad (\text{A.11N})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = 2,56579 + 0,01280H_{(\text{G})} \quad (\text{A.11G})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{OF}} = -2,00428 + 0,07384H_{(\text{N})} \quad (\text{A.12N})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{OF}} = -1,69803 + 0,06256H_{(\text{G})} \quad (\text{A.12G})$$

A.4 Zemný plyn

$H_{(\text{N})}$ (NCV) v MJ/kg

$H_{(\text{G})}$ (GCV) v MJ/kg

$$\mu_{\text{Aod}} = -0,06303 + 0,34516H_{(\text{N})} \quad (\text{A.13N})$$

$$\mu_{\text{Aod}} = -0,00389 + 0,31073H_{(\text{G})} \quad (\text{A.13G})$$

$$\mu_{\text{God}} = 1,01490 + 0,29979H_{(\text{N})} \quad (\text{A.14N})$$

$$\mu_{\text{God}} = 1,06627 + 0,26988H_{(\text{G})} \quad (\text{A.14G})$$

$$V_{\text{God}} = 0,64972 + 0,22553H_{(\text{N})} \quad (\text{A.15N})$$

$$V_{\text{God}} = 0,68836 + 0,20304H_{(\text{G})} \quad (\text{A.15G})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = 0,55157 + 0,04482H_{(\text{N})} \quad (\text{A.16N})$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{o}} = 0,55925 + 0,04035H_{(\text{G})} \quad (\text{A.16G})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{OF}} = -0,07793 + 0,04537H_{(\text{N})} \quad (\text{A.17N})$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{OF}} = -0,07016 + 0,04084H_{(\text{G})} \quad (\text{A.17G})$$

Literatúra

- [1] VDI 2048 *Inaccuracies at acceptance test measurements – Fundamental principles*. [Nepresnosti pri meraní pri preberacej skúške. Základné princípy].
- [2] VDE/VDI 3512-3 *Pressure measurement – Test assembly*. [Meranie tlaku. Skúšobná zostava].
- [3] VDI/VDE 3511-1 *Temperature measurement in industry – Principles and special methods of temperature measurement*. [Meranie teploty v priemysle. Princípy a špeciálne metódy merania teploty].
 VDI/VDE 3511-2 *Temperature measurement in industry – Contact thermometers*. [Meranie teploty v priemysle. Dotykové teploměry].
 VDI/VDE 3511-3 *Temperature measurement in industry – Measuring systems and measured quantity treatment for electrical contact thermometers*. [Meranie teploty v priemysle. Meracie systémy a úprava meranej veličiny pri elektrických dotykových teplomeroch].
 VDI/VDE 3511-4 *Temperature measurement in industry – Radiation thermometry*. [Meranie teploty v priemysle. Sálavá termometria].
 VDI/VDE 3511-5 *Temperature measurement in industry – Installation of thermometers*. [Meranie teploty v priemysle. Inštalácia teplomerov].
- [4] VDI 2066-1 *Particulate matter measurement – Measuring of particulate matter in flowing gases – Gravimetric determination of dust load – Fundamentals*. [Meranie jednotlivých látok. Meranie jednotlivých látok v pretekajúcich plynoch. Váhové stanovenie hmotnosti prachu. Základy].
- [5] VDI/VDE 2640-3 *Measurement of gas flow in circular – Annular or rectangular sections of conduits velocity area method*. [Meranie prietoku plynu v kruhových prierezoch. Kruhové alebo obdĺžnikové prierezy kanálov, metóda rýchlostného prierezu].
 VDI/VDE 2640-4 *Measurement of mean temperature in fluid flow*. [Meranie priemernej teploty v pretekajúcich látkach].
- [6] Eichordnung, Appendix 10: Eichfehlergrenzen von Waagen, as of 12 August 1988, BGBl.(German Federal Law Gazette) I, Z 5702 A, No. 43.
- [7] VDI/VDE 2042-2 *Calculation principles for the measurement of fluid flow using orifice plates, nozzles and venturi tubes – Equations and formulae*. [Princípy výpočtu merania pretekajúcej látky použitím clon, dýz a Venturiho trubíc. Vzťahy a vzorce].
 VDI/VDE 2042-3 *Calculation principles for measurement of fluid flow using orifice plates, nozzles and venturi tubes – Examples of calculations*. [Princípy výpočtu merania pretekajúcej látky použitím clon, dýz a Venturiho trubíc. Príklady výpočtov].
 VDI/VDE 2042-4 (Draft) *Design fundamentals for flow measurement with restrictors – Material values*. [(Návrh) Základy návrhu merania prietoku obmedzovačmi. Materiálové hodnoty].
- [8] VDI/VDE 2041 *Measurement of fluid flow with primary devices – Orifice plates and nozzles for special applications*. [Meranie prietoku látky základnými zariadeniami. Clony a dýzy na špeciálne aplikácie].
 DIN 19216 *Flow measurement – Installation layouts for differential pressure devices based on differential pressure method*. [Meranie prietoku. Montážne schémy na zariadenia diferenčného tlaku založené na metóde diferenčného tlaku].
- [9] VDI 2066-2 *Measurement of particulate matter – Manual dust measurement in flowing gases – Gravimetric determination of dust load – Tubular filter devices 4 m³/h, 12 m³/h*. [Meranie jednotlivých látok. Ručné meranie popolčeka v pretekajúcich plynoch. Váhové stanovenie hmotnosti popolčeka – Rúrkové filtračné zariadenia 4 m³/h, 12 m³/h].
 NF X44-052 *Sampling of aust in a stream of gas (General case)*. [Odoberanie vzoriek popolčeka v prúde plynu (Všeobecný prípad)].
 VDI 2066-3 *Measurement of particulate matter – Manual dust measurement in flowing gases – Gravimetric determination of dust load – Tubular filter devices 40 m³/h*. [Meranie jednotlivých látok. Ručné meranie popolčeka v pretekajúcich plynoch. Váhové stanovenie hmotnosti popolčeka – Rúrkové filtračné zariadenia 40 m³/h].

VDI 2066-4 *Measurement of particulate matter – Measuring of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of optical transmission*. [Meranie jednotlivých látok v pretekajúcich plynoch. Stanovenie hmotnosti popolčeka nepretržitým meraním optického prenosu]

VDI 2066-5 *Measurement of particulate matter – Dust measurement in flowing gases – particle size selective measurement by impaction method – Cascade impactor*. [Meranie jednotlivých látok. Meranie popolčeka v pretekajúcich plynoch – selektívne meranie veľkosti častíc stláčacou metódou. Kaskádový stláčací stroj]

VDI 2066-6 *Measurement of particulate matter – Measurement of particulate matter in flowing gases – Determination of dust load by continuous measurement of scattered light with the photometer KTN*. [Meranie jednotlivých látok. Meranie jednotlivých látok v pretekajúcich plynoch. Stanovenie hmotnosti popolčeka nepretržitým meraním rozptýleného svetla fotometrom KTN].

- [10] The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS); IF97 for water and steam properties; [Medzinárodná asociácia pre vlastnosti pary a vody (IAPWS); IF97 pre vlastnosti pary a vody]
- VDI Wärmeatlas. *Berechnungsblätter für den Wärmeübergang*. Berlin, Springer 1997.
- [11] DIN 51853 *Testing of fuel gases – Sampling*. [Skúšanie spalín. Odoberanie vzoriek].
- [12] DIN 51700 *Testing of solid fuels – Generalities and index of methods of tests*. [Skúšanie tuhých palív. Všeobecné názory a zoznam spôsobov skúšania].
- [13] ANSI PTC 4.1 ASME *Power test code for steam generators*. [ASME skúšobný predpis výkonu parných kotlov].
- [14] DIN 1871 *Gaseous fuels and other gases – Density and relative density under standard conditions*. [Plynné palivá a ďalšie plyny. Hustota a relatívna hustota pri normálnych podmienkach].
- [15] Brandt, F., *Brennstoffe und Verbrennungsrechnung (Fuels and thermodynamic calculations)*, FDBR Fachbuchreihe, Vol. 1, Essen: Vulkan Verlag, 1981. [Palivá a termodynamické výpočty].
- [16] DIN 1319-3 *Fundamentals of metrology – Part 3: Terminology relating to the uncertainty of measurement and the assessment of measuring instruments and measuring equipment*. [Základné koncepty v metrológii. Časť 3: Terminológia vzťahujúca sa na neistotu merania a posúdenie meracích prístrojov a meracích zariadení].
- [17] DIN 16160 *Thermometers – Concepts*. [Teplomery. Koncepty].
- [18] DIN 1943 *Thermal acceptance tests of steam turbines*. [Tepelné preberacie skúšky parných turbín].
- [19] Schmidt, E., *Thermodynamische Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf 0 bis 800 °C, 0 bis 1000 bar (Thermodynamic properties of water and steam at temperatures from 0 to 800 °C and pressures from 0 to 1 000 bar)*. Springer Verlag, 1982. [Termodynamické vlastnosti vody a pary pri teplotách od 0 °C do 800 °C a tlakoch od 0 do 1 000 bar].
- [20] EN 837-3 *Pressure gauges – Part 3: Diaphragm and capsule pressure gauges – Dimensions, metrology, requirements and testing*. [Meradlá tlaku. Časť 7: Membránové a puzdrové tlakomery. Rozmery, metrológia, požiadavky a skúšanie].
- [21] ISO/TR 5168 *Measurement of fluid flow – Evaluation of uncertainties*. [Meranie prietoku kvapaliny. Vyhodnocovanie neistôt].
- [22] ISO 6976 *Natural gas – Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition*. [Zemný plyn. Výpočet výhrevnosti, hustoty, relatívnej hustoty a Wobbeho indexu zo zloženia].

Dodatočná literatúra

- ISO 2309. *Coke – Sampling* [Koks – Odoberanie vzoriek].
- BS 1780. *Bourdon tube pressure and vacuum gauges*. [Tlakomery s pružnou rúrkou a vákuometre].
- BS 1041. *Temperature measurement*. [Meranie teploty].
- BS 1042. *Fluid flow in closed conduits*. [Prietok tekutiny v uzatvorených kanáloch].

BS 893

BS 6069 | *Dust and particulate emissions*. [Emisie popolceka a jednotlivých látok]

BS 3405

BS 7420. *Calorific values of fuels*. [Vyhrevnosť palív].BS 1017. *Sampling of coal and coke*. [Odoberanie vzoriek uhlia a koksu].ASME PTC 19 (all parts). *Instruments and apparatus*. [Prístroje a zariadenia].BS 1756. *Sampling and analysis of flue gases*. [Odoberanie vzoriek a analýza spalín].BS 3048. *Continuous sampling of flue gases*. [Nepretržité odoberanie vzoriek spalín].DIN 1301-1. *Units – Names, symbols*. [Jednotky, názvy, značky].DIN 1301-2. *Units – Submultiples and multiples for general use*. [Jednotky, násobky a diely na všeobecné použitie].DIN 1301-3. *Units – Conversions of units no longer to be used*. [Jednotky, prevod už nepoužívaných jednotiek].DIN 1314. *Pressure – Basic definitions, units*. [Tlak, základné definície, jednotky].DIN 1944. *Acceptance tests of centrifugal pumps*. [Preberacie skúšky odstredivých čerpadiel].DIN 5499. *Gross and net calorific values – Terms*. [Spalné teplo a vyhrevnosť, termíny].DIN 51603-1. *Liquid fuels – Fuel oils – Part 1: Domestic fuel oils EL – Specifications*. [Kvapalné palivá, vykurovacie oleje. Časť 1: EL – špecifikácie pre tuzemské vykurovacie oleje].DIN 51603-3. *Fuel oils – S fuel oil – Minimum requirements*. [Vykurovacie oleje, vykurovací olej S. Minimálne požiadavky].DIN 51603-4. *Types ZT and C fuel oils – Requirements and testing*. [Vykurovacie oleje typu ZT a C. Požiadavky a skúšanie].DIN 51730. *Testing of solid fuels – Determination of fusibility of fuel ash*. [Skúšanie tuhých palív, stanovovanie taviteľnosti popola].ISO 2309: 1980. *Coke – Sampling*. [Koks, odoberanie vzoriek].VDI/VDE 2640-3. *Measurement of gas flow in circular – Annular or rectangular sections of conduits velocity area method*. [Meranie prietoku plynu v kruhových prierezoch, kruhové alebo obdĺžnikové prierezy kanálov, metóda rýchlostného prierezu].VDI/VDE 2640-4. *Measurement of mean temperature in fluid flow*. [Meranie priemernej teploty v prietoku tekutín].VDI-Richtlinie 2045-2. *Acceptance and performance tests on turbo compressors and displacement compressors – Theory and examples*. [Preberacie a prevádzkové skúšky turbokompresorov a posuvných kompresorov, teória a príklady].VdTÜV MB 1453. *The VdTÜV-guidelines for feed water, boiler water and steam of steam generators with an admissible operating overpressure < 68 bar*. [Pravidlá VdTÜV pre napájaciu vodu, kotlovú vodu a paru parných kotlov s dovoleným pracovným pretlakom < 68 bar].VGB R 450 L. *VGB-guideline for boiler feed water, boiler water and steam of steam generators with a permissible operating pressure < 68 bar*. [Pravidlá VGB pre napájaciu vodu, kotlovú vodu a paru parných kotlov s prípustným pracovným pretlakom < 68 bar].

Dampfkesselverordnung (German Steam Boiler Plant Regulation). [Nemecký predpis na prevádzku s parným kotlom].

Eichordnung, Appendix 16. *Überdruckmeßgeräte (Pressure gauges)*. [Tlakomery].

Gesetz über Einheiten im Meßwesen (German Law on units in metrology). [Nemecký zákon o jednotkách v metrologii].

VDI 2066-1, *Particulate matter measurement – Measuring of particulate matter in flowing gases – Gravimetric determination of dust load – Fundamentals*. [Meranie jednotlivých látok. Ručné meranie popolčeka v pretekajúcich plynoch. Váhové stanovovanie hmotnosti popolčeka. Zaklady].