

Ing. Kamil KRPEC, Ph.D.
 Ing. Jiří HORÁK, Ph.D.
 Ing. František HOPAN, Ph.D.
 Ing. Petr KUBESA

VŠB – Technická univerzita
 Ostrava, Výzkumné energetické
 centrum

Recenzent
 Ing. Zdeněk Lyčka

Přepočet parametrů kotlů na tuhá paliva dle požadavků nařízení Komise EU 2015/1189

Conversion of Solid Fuel Boilers Specifications as Required by EU Commission Regulation 2015/1189

S příchodem nařízení Komise EU 2015/1189 o ekodesignu kotlů na tuhá paliva se začínají množit dotazy a nejasnosti ohledně přepočtu hodnot emisí a účinností, uváděných v protokolech ze zkušeben. Nařízení Komise EU zavádí nové hodnocení vlastností kotlů, a to sezónní účinnost a sezónní emise. Při výpočtu sezónní účinnosti je brána v potaz i spotřeba elektrické energie a případná výroba elektrické energie v kogeneračním kotli. V článku jsou uvedeny vzorce umožňující přepočet parametrů kotlů dle požadavků uvedeného nařízení a zároveň je uveden i vzorový příklad.

Klíčová slova: ekodesign, kotle, pevná paliva, emise, účinnost

With the advent of the EU Commission Regulation 2015/1189 on the ecodesign of the solid fuel boilers, there are beginning to emerge questions and ambiguities regarding the conversion of the efficiency and emission values reported in the protocols from the testing laboratories. The EU Commission Regulation introduces new evaluation of boilers specifications, which are seasonal efficiency and seasonal emissions. The calculation of the seasonal efficiency takes into account also the electricity consumption and potential production of electricity in a cogeneration boiler. The article mentions the formulas for the conversion of the boilers specifications according to the requirements of the mentioned Regulation. It also includes a model example.

Keywords: ecodesign, boiler, solid fuels, emissions, efficiency

ÚVOD

Díky informačním kampaním vedeným státními a krajskými úřady, případně i výrobci a prodejci kotlů, dochází ke zvyšování povědomí obyvatelstva o tom, že od 1. 1. 2020 budou moci být uváděny na trh pouze kotle, splňující parametry účinnosti a emisí znečišťujících látek dle požadavků nařízení Komise EU 2015/1189 [1] (zjednodušeně dále v textu „Ekodesign“). Tento předpis zavádí v hodnocení parametrů kotlů novinky, které doposud nebyly používány. Jedná se o „sezónní energetickou účinnost vytápění vnitřních prostorů“ a „sezónní emise vytápění vnitřních prostorů“. Cílem toho článku je, na vzorovém příkladu, ukázat, jak lze hodnoty uvedených parametrů dnes prodávaných kotlů přepočítat na hodnoty dle Ekodesignu.

SOUČASNÝ STAV

V současné době se při certifikaci kotlů hodnotí, zda splňují parametry „účinnost kotle“ a „emise“ (hodnotí se i jiné parametry, ale ty nejsou obsahem Ekodesignu). Nejzákladnějším dokumentem, používaným při certifikaci kotlů, je norma EN 303-5:2012 [2] (a její národní mutace), která definuje požadavky na jednotlivé třídy kotlů. V národních mutacích normy mohou existovat rozšiřující požadavky na účinnost nebo emise kotlů.

Účinnost kotle

Účinnost kotle, uváděná v %, je zde definována jako poměr využitelného tepla předaného vodě Q [W] k množství tepla přivedeného do spalovací komory palivem o dané výhřevnosti Q_b [W].

Vzorec pro výpočet účinnosti kotle:

$$\eta_k = \frac{Q}{Q_b} \cdot 100 \quad [-] \quad (1)$$

Z pohledu normy se účinnost hodnotí při jmenovitém tepelném výkonu kotle a při minimálním tepelném výkonu kotle. U kotlů se samočinnou dodávkou paliva (automatické kotle) nesmí minimální tepelný výkon překročit 30 % jmenovitého výkonu kotle. U kotlů s ruční dodávkou paliva se účinnost kotle při minimálním tepelném výkonu nehodnotí v případě, pokud výrobce vyžaduje, že kotel musí být vždy připojen k akumulačnímu zásobníku (minimální objem zásobníku je dán vzorcem uvedeným v normě).

Emise

Emise kotle se sledují stejně jako účinnost kotle při jmenovitém a minimálním tepelném výkonu kotle. Opět je zde výjimka pro kotle s ruční dodávkou paliva, u kterých výrobce vyžaduje instalaci s akumulačním zásobníkem – zde jsou hodnoceny pouze emise při jmenovitém tepelném výkonu. Hodnoceny jsou emise oxidu uhelnatého (CO), organických plyných sloučenin (OGC, TOC) a prachu. Základní jednotkou při vyjadřování emisí je mg/m_N^3 , přičemž emise jsou vztaheny k suchým spalínám za normálních stavových podmínek (0 °C, 101,3 kPa) a referenčnímu kyslíku 10 %. Některé národní mutace vztahují emise k jinému referenčnímu kyslíku (Německo – 13 % $\text{O}_{2\text{ref}}$), příp. používají jiné jednotky – mg/MJ (Rakousko).

EKODESIGN

Sezónní emise a sezónní účinnost představují vážený průměr hodnot dosažených při jmenovitém a minimálním tepelném výkonu (detailněji dále v textu), přičemž hlavní váhu (85 %) mají hodnoty dosažené při minimálním tepelném výkonu. Toto naznačuje, že se i u automatických kotlů počítá s tím, že jsou až 85 % provozního času provozovány při sníženém tepelném výkonu. U kotlů s ručním přikládáním paliva, které neumožňují nepřetržitý provoz při 50 % jmenovitého tepelného výkonu, jsou brány v potaz pouze hodnoty při jmenovitém tepelném výkonu.

Sezónní energetická účinnost vytápění vnitřních prostorů

Ekodesign se snaží přistupovat k problematice účinnosti kotlů komplexněji než norma EN 303-5:2012 [2] a do výpočtu zahrnuje i příspěvky zohledňující regulaci teploty, spotřebu pomocné elektrické energie a u kogeneračních kotlů i připočtení elektrické účinnosti. Zásadní změnou oproti uvedené normě je to, že všechny výpočty jsou vztahovány ke spalnému teplu paliva a ne k výhřevnosti jako doposud. Více o rozdílu mezi výhřevností a spalným teplem viz literatura [3].

Vzorec pro výpočet sezónní účinnosti je definován takto:

$$\eta_s = \eta_{son} - F_1 - F_2 + F_3 \quad [\%] \quad (2)$$

kde je:

- η_s sezónní energetická účinnost vytápění vnitřních prostorů [%],
- η_{son} sezónní energetická účinnost vytápění vnitřních prostorů v aktivním režimu [%],
- F_1 ztráta v důsledku upravených příspěvků regulace teploty (konstanta 3 %),
- F_2 záporný příspěvek ze spotřeby elektrické energie [%],
- F_3 kladný příspěvek z elektrické účinnosti u kogeneračních kotlů [%].

Hodnotu F_3 lze vypočítat takto:

$$F_3 = 2,5 \cdot \eta_{el,n} \quad [\%] \quad (3)$$

kde je:

- $\eta_{el,n}$ elektrická účinnost kogeneračního kotle (vztahovaná na spalné teplo) [%],
- 2,5 koeficient vyjadřující odhadovanou 40% průměrnou účinnost při výrobě energie v EU uvedený ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU.

V praxi se zřejmě příliš nebudeme setkávat s kogeneračními kotli na tuhá paliva, a tedy ve vzorovém příkladu nebude s koeficientem F_3 počítáno a nebude ani rozebírán výpočet hodnoty $\eta_{el,n}$.

Pro výpočet hodnot η_{son} a F_2 se kotle dělí na dva typy:

a) Kotle s automatickým přikládáním paliva a kotle s ručním přikládáním paliva, které lze provozovat při 50 % jmenovitého tepelného výkonu v režimu nepřetržitého provozu:

$$\eta_{son} = 0,85 \cdot \eta_p + 0,15 \cdot \eta_n \quad [\%] \quad (4)$$

kde je:

- η_p užitečná účinnost při užitečném minimálním tepelném výkonu [%],
- η_n užitečná účinnost při užitečném jmenovitém tepelném výkonu [%].

$$F_2 = 2,5 \cdot \frac{0,15 \cdot el_{max} + 0,85 \cdot el_{min} + 1,3 \cdot P_{SB}}{0,15 \cdot P_n + 0,85 \cdot P_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

kde je:

- P_p užitečný minimální tepelný výkon [kW],
- P_n užitečný jmenovitý tepelný výkon [kW],
- el_{max} elektrický příkon při jmenovitém tepelném výkonu [kW] *,
- el_{min} elektrický příkon při minimálním tepelném výkonu [kW] *,
- P_{SB} spotřeba elektrické energie v pohotovostním režimu [kW] **.

* *Neber se v potaz spotřeba elektrické energie záložního topidla (slouží pouze proti zamrznutí systému nebo v době, kdy je dodávka zdroje tepla z vnějšího zdroje přerušena) a spotřeba zabudovaného sekundárního zařízení na snižování emisí (např. elektrostatický odlučovač).*

** *Neber se v potaz spotřeba elektrické energie zabudovaného sekundárního zařízení na snižování emisí (např. elektrostatický odlučovač).*

b) Kotle s ručním přikládáním paliva, které nelze provozovat při 50 % jmenovitého tepelného výkonu (nebo tepelném výkonu nižším) a kotle kogenerační:

$$\eta_{son} = \eta_n \quad [\%] \quad (6)$$

$$F_2 = 2,5 \cdot \frac{el_{max} + 1,3 \cdot P_{SB}}{P_n} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

Sezónní emise vytápění vnitřních prostorů

Při výpočtu sezónních emisí jsou kotle rozděleny dle možnosti funkce při minimálním tepelném výkonu do stejných kategorií jako při výpočtu hodnoty F_2 a η_{son} :

a) Kotle s automatickým přikládáním paliva a kotle s ručním přikládáním paliva, které lze provozovat při 50 % jmenovitého tepelného výkonu v režimu nepřetržitého provozu:

$$E_s = 0,85 \cdot E_{s,p} + 0,15 \cdot E_{s,n} \quad [\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}] \quad (8)$$

kde je:

- $E_{s,p}$ emise prachu, OGC, CO a NO_x při minimálním tepelném výkonu [$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$],
- $E_{s,n}$ emise prachu, OGC, CO a NO_x při jmenovitém tepelném výkonu [$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$].

b) Kotle s ručním přikládáním paliva, které nelze provozovat při 50 % jmenovitého tepelného výkonu (nebo tepelném výkonu nižším) a kotle kogenerační:

$$E_s = E_{s,n} \quad [\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}] \quad (9)$$

Emise jsou vztaheny k suchým spalinám za normálních podmínek (0 °C, 101,3 kPa) a referenčnímu kyslíku 10 %. Oproti normě EN 303-5:2012 [2] jsou hodnoceny i emise oxidů dusíku (NO_x).

VZOROVÝ VÝPOČET

Pro lepší pochopení výpočtu uvádíme vzorový výpočet pro automatický kotel spalující dřevní pelety. Ke kompletnímu výpočtu je zapotřebí vstupních hodnot, které jsou nejčastěji uvedeny v protokolu ze zkoušek při uvádění kotle na trh.

Příkon kotle ve STAND-BY režimu: 0,004 kW (dle Ekodesignu P_{SB}).

Tab. 1 Nutné vstupní hodnoty pro výpočet

Tab. 1 Necessary input values for the calculation

	Jednotka	Jmenovitý výkon	Označení dle Ekodesignu	Minimální výkon	Označení dle Ekodesignu
Měřený tepelný výkon kotle	kW	14,5	P_n	4,2	P_p
Spotřeba paliva (m_{pal})	kg/h	3,38		0,98	
CO při 10 % O_2	$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$	68	$E_{s,n}$	338	$E_{s,p}$
OGC při 10 % O_2	$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$	8	$E_{s,n}$	6	$E_{s,p}$
NO_x při 10 % O_2	$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$	162	$E_{s,n}$	138	$E_{s,p}$
Prach při 10 % O_2	$\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$	28	$E_{s,n}$	25	$E_{s,p}$
El. příkon kotle	kW	0,320	el_{max}	0,105	el_{min}

Tab. 2 Parametry použitého zkušebního paliva

Tab. 2 Characteristics of the test fuel

Výhřevnost Q_i	17,02	MJ/kg
Obsah vodíku H_2	6,1	%
Obsah veškeré vody w_t	6,0	%

Výpočet sezónní energetické účinnosti vytápění vnitřních prostorů

Jak již bylo výše řečeno, pro potřeby výpočtu dle Ekodesignu se počítá s hodnotami, vztaženými na spalné teplo paliva. V případě, že v protokolu není uvedena hodnota spalného tepla paliva (což v ukázkovém případě není), je možno tuto hodnotu vypočítat:

$$Q_s = Q_i + \left(9 \cdot \frac{H_2}{100} + \frac{w_t}{100} \right) \cdot 2,453 =$$

$$= 17,02 + (9 \cdot 0,061 + 0,06) \cdot 2,453 = 18,51 \text{ MJ/kg}$$

kde Q_s je spalné teplo [MJ/kg].

Dále je nutno vypočítat hodnoty užitečných účinností vztažených na spalné teplo:

$$\eta_n = \frac{P_n \cdot 3,6}{m_{pal,n} \cdot Q_s} \cdot 100 = \frac{14,5 \cdot 3,6}{3,38 \cdot 18,51} \cdot 100 = 83,4 \%$$

$$\eta_p = \frac{P_p \cdot 3,6}{m_{pal,p} \cdot Q_s} \cdot 100 = \frac{4,2 \cdot 3,6}{0,98 \cdot 18,51} \cdot 100 = 83,4 \%$$

Z protokolu ze zkoušek při uvádění kotle na trh lze vyčíst, že původní hodnoty účinností, vztažených na výhřevnost paliva, byly 90,8 %, resp. 90,6 % (jmenovitý výkon, resp. minimální výkon).

Vidíme, že účinnosti vztažené na spalné teplo paliva vycházejí v našem případě o cca 7 % (bodů účinnosti) nižší než v případě, že je účinnost vztažena na výhřevnost paliva.

Z hodnot η_p a η_n je možno vypočítat hodnotu η_{son} dosazením do vzorce (4):

$$\eta_{son} = 0,85 \cdot 83,4 + 0,15 \cdot 83,4 = 83,4 \%$$

Výpočet hodnoty F_2 bude vypadat takto – dosazení hodnot do vzorce (5):

$$F_2 = 2,5 \cdot \frac{0,15 \cdot 0,32 + 0,85 \cdot 0,105 + 1,3 \cdot 0,004}{0,15 \cdot 14,5 + 0,85 \cdot 4,2} \cdot 100 = 6,2 \%$$

Tab. 3 Vypočítané hodnoty

Tab. 3 Calculated values

	Jednotka	Jmenovitý výkon	Minimální výkon	Ekodesign
η – účinnost (vztaženo na výhřevnost paliva)	[%]	90,8	90,6	
η – účinnost (vztaženo na spalné teplo paliva)	[%]	83,4	83,4	
η_s – sezónní energetická účinnost vytápění vnitřních prostorů	[%]			74
Emise CO	[mg/m ³] _N	68	338	298
Emise OGC (TOC)	[mg/m ³] _N	8	6	6
Emise NO _x	[mg/m ³] _N	162	138	142
Emise prachu	[mg/m ³] _N	28	25	25

Hodnotu F_1 bereme jako konstantu 3 %.

Hodnotu η_s vypočítáme pomocí vzorce (2), přičemž člen F_3 nebereme v potaz:

$$\eta_s = 83,4 - 3 - 6,2 = 74,1 \%$$

Podle požadavků Ekodesignu se hodnota η_s zaokrouhuje na nejbližší celé číslo, a tedy výsledná hodnota η_s je 74 %.

Výpočet sezónních emisí vytápění vnitřních prostorů

Při přepočtu emisí postupujeme dle vzorce (8) – příklad výpočtu uveden pro CO:

$$E_s(\text{CO}) = 0,85 \cdot 338 + 0,15 \cdot 68 = 298 \text{ mg/m}^3$$

Srovnání hodnot přepočtených podle Ekodesignu a hodnot z protokolu ze zkoušek při uvádění kotle na trh je uvedeno v tab. 3.

ZÁVĚR

Při přepočtu parametrů kotle dle požadavků Ekodesignu je nutno brát v potaz typ kotle, pro který je výpočet prováděn, a také pamatovat na to, že je výpočet účinnosti vztažen na spalné teplo a ne výhřevnost. Dále je nutno mít k dispozici hodnoty o elektrickém příkonu kotle a údaje o použitém palivu.

Jeden kotel může mít pro stejnou výkonovou úroveň různé hodnoty účinnosti. Např. pro výše uvedený případ pro jmenovitý výkon je hodnota účinnosti 90,8 a 83,4 %. Rozdíl je v tom, že v prvním případě byla hodnota příkonu počítána z výhřevnosti (historicky tento přístup u nás převládal) a ve druhém případě byla hodnota příkonu počítána ze spalného tepla (po zavedení kondenzačních kotlů nutnost, aby účinnost nebyla vyšší než 100 %). Navíc, velmi správně, Ekodesign přichází s pojmem „sezónní energetická účinnost vytápění vnitřních prostorů“. Pokud porovnáme hodnoty účinnosti, je proto nutné vědět, co přesně je to za hodnotu, abychom neporovnávali neporovnatelné.

Kontakt na autora: kamil.krpec@vsb.cz

Poděkování: Tento příspěvek byl vypracován v rámci projektu „Inovace pro efektivitu a životní prostředí – Growth“, identifikační kód LO1403 za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I.

Použité zdroje:

- [1] Nařízení komise (EU) 2015/1189 ze dne 28. dubna 2015, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign kotlů na tuhá paliva.
- [2] EN 303-5:2012. Heating boilers for solid fuels, manually and automatically stoked, nominal heat output of up to 500 kW – Terminology, requirements, testing and marking.
- [3] HORÁK J., KUBESA P. O spalování tuhých paliv v lokálních topeništích (1) aneb palivo, tvorba znečišťujících látek a spalování jako vztah muže a ženy. In: *TZB-info* [online]. Květen 2012, str. 1–11. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/8618-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-1> ■