

KURE ESANČIO AZOTO PERĖJIMO Į NO_x TYRIMAIRaminta Plečkaitienė¹, Kęstutis Buinevičius², Rūta Norinkevičiūtė³, Egidijus Černiauskas⁴

Kauno technologijos universitetas

El. paštas: ¹raminta.eko@gmail.com; ²kbuinevicius@gmail.com; ³xiterow@yahoo.com; ⁴cerniauskasegidijus@gmail.com

Santrauka. Azoto oksidų (NO_x) šalinimas iš degimo produktų yra pati brangiausia dūmų keliamos taršos mažinimo priemonė. Šio darbo tikslas – ištirti NO_x susidarymo dėsningumus, deginant daug azoto turinčias kuro rūšis, kad būtų galima sukurti metodus, mažinančius kure esančio azoto konversiją į azoto oksidus kuro degimo procesuose. Pateikiami trys sprendimai NO_x koncentracijoms mažinti: kuro deginimas kartu su kitu kuru, kuriame yra maži azoto kiekiai; kuro plovimas ir kuro deginimas, įdedant anglies priedų. Šių sprendimų dėka azoto kiekį baldinės medienos atliekose galima sumažinti apie 30 %, išplaunant kurą vandeniu. NO_x lygis dėl to gali būti sumažintas apie 20 %.

Reikšminiai žodžiai: azoto oksidai, NO_x konversija, biokuras, konversijos koeficientas.

Įvadas

Pastaruoju metu kuro ūkio sektoriuje vis daugiau dėmesio skiriama biomasei deginti. Biokuro naudojimo ekologiškumą lemia tai, kad degimo metu susidaręs anglies dioksidas priklauso gamtinio anglies apytakos ciklo srautui ir nedidina šiltnamio efekto (Wiedlich 1991), o sieros dioksido faktiškai nesusidaro (Lakasavičius *et al.* 1997). Šis junginys turi didžiausią įtaką lietaus rūgštėjimui (*Verein Deutscher...* 1983) ir lemia visas neigiamas pasekmes hidrosferai, augalijai ir materialinėms vertybėms (Ciganas, Raila 2010; Smith 1981; Gauri, Holdren 1981).

Azoto oksidų susidarymas gana nuodugnai išnagrinėtas ir cheminių degimo reakcijų pavidalu (Zeldovich 1946; Hill, Douglas Smoot 2000; Miller *et al.* 1998; Smoot, Hill 1998).

Siekiant mažinti NO_x kiekius, išmetamus su dūmais į aplinką, daugelis mokslininkų tyrė ir analizavo, kaip mažinti azoto oksidų koncentracijas, taikant įvairių metodiką (Buinevičius, Puida 2005; Puida, Buinevičius 1999, 1998; Puida 1998; Lapienienė, Šležas 2002; Buinevičius, Strakšys 2002; Melkūnas, Buinevičius 2007). Pavyzdžiui, buvo tiriama, kaip mažinti azoto oksidų dujas degimo procese, sudarant nestechiometrinio degimo sritis, t. y. zonuojant dujų degimą, suskirstant degimui reikalingo oro arba dujų srautą į dvi dalis (Puida 1998). Šis būdas leido sumažinti iki 35 proc. NO_x koncentraciją, išlaikant visiško kuro sudegimo sąlygas. Taip pat atlikti tyrimai, siekiant mažinti NO_x koncentracijų susidarymą, įpurškiant selektyvius reaktyvus (Buinevičius, Puida 2005; Plečkaitienė 2009). Šis metodas leido NO_x sumažinti 40 proc.

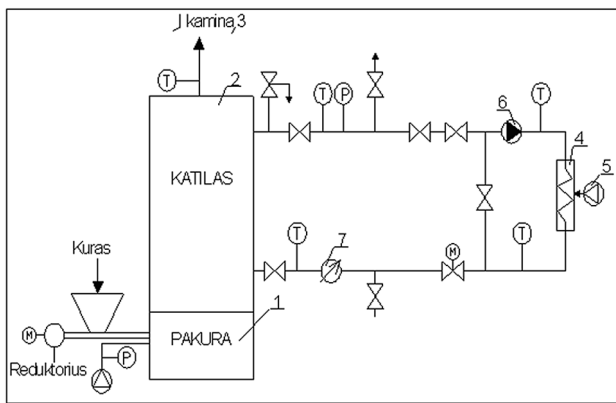
Ieškant kitų kuro alternatyvų, buvo tiriamas neįprastas kuras – mėsos ir kaulų miltai (Buinevičius 2009, 2008; Buinevičius, Kazilevičius 2004). Nustatyta, kad tik apie 0,8 proc. kure esančio azoto pereina į azoto oksidus. NO_x ir CO koncentracijos labai priklauso nuo temperatūros lygio pakuroje ir nuo kuro tiekimo bei ardelių judinimo mechanizmų veikimo tolygumo.

Visa tai rodo didelį susidomėjimą NO_x koncentracijų mažinimu, tačiau didėjant atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimui, reikia ieškoti papildomų NO_x mažinimo būdų. Todėl šio darbo tikslas ir yra ištirti NO_x susidarymo dėsningumus, deginant daug azoto turinčias kuro rūšis, siekiant sukurti metodus, kuriais kuro degimo procesuose būtų galima mažinti kure esančio azoto virtimą azoto oksidais.

Metodika

Pagrindiniu tiriamuoju kuru parinkta atliekinė baldų mediena (toliau – baldų atliekos) (2 pav.). Baldų atliekomis vadinsime smulkintas supresuotas ir lakuotas baldų plokštes, kurios dėl broko nebuvo realizuotos gamyboje. Baldų atliekos turi gana daug azoto (3,9 %), todėl naudojant šį kurą, siekiama nustatyti veiksnius, turinčius įtakos azoto oksidų koncentracijai degimo produktuose. Tyrimams naudojome KTU Šilumos atomo ir energetikos katedroje esantį degimo standą (1 pav.) su trimis skirtingomis pakuromis (3, 4, 5 pav.).

Virš pakuros 1 įrengtas vandens šildymo katilas 2, degimo produktai šalinami į kaminą 3. Dūmų atvamzdyje,



1 pav. Deginimo stendo principinė schema

Fig. 1. The main diagram of biomass combustion

esančiame tuoj pat už katilo, įrengtas atvamzdis dūmų analizei ir temperatūros matavimams, kurie atliekami dujų analizatoriumi *Ecoline 6000*. Katile sušilęs vanduo siurbliu 6 tiekiamas į aušinimo sistemą, kurią sudaro kaloriferio blokas 4 su aušinimo ventiliatoriumi 5. Oras, sušilęs kaloriferyje, šalinamas į lauką, o atvėsintas katilo cirkuliacinio kontūro vanduo grąžinamas į katilą. Cirkuliaciniame kontūre įrengti termodavikliai vandens temperatūrai prieš katilą ir už katilo matuoti, šilumos skaitiklis 7 katile pagamintos šilumos kiekiui matuoti ir kiti apsaugos bei reguliavimo įtaisai.

Kadangi atliekinė baldų mediena yra smulkios struktūros – tai tarsi pjuvenos, todėl buvo gana sunku rasti tinkamiausią degimo būdą. Buvo išbandyti keli pakuro variantai.

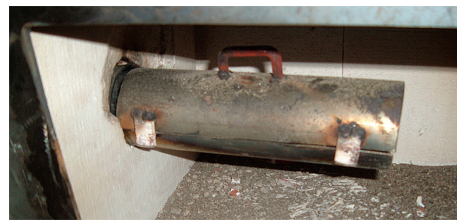
Pirmasis variantas – į degiklį tiekiamas oras paskirstomas į du srautus – viena dalis patenka po ardelėmis, kita – virš kuro sluoksnio. Tai pirmasis ir trečiasis pakuro variantai. Kadangi dėl smulkios deginamos medžiagos struktūros oras nupučia nesudegusį kurą nuo ardelių, nusprendėme jį uždengti metaliniu gaubtuvu. Šį uždengtą pakuro variantą toliau vadinsime pirmuoju (3 pav.).

Antrojo pakuro varianto (4 pav.) ardelės suvirintos pakopomis ir oras tiekiamas tik iš apačios.



2 pav. Atliekinė baldų mediena

Fig. 2. Wood waste of furniture



3 pav. Pirmasis pakuro variantas (I)

Fig. 3. The first version of the combustor (I)

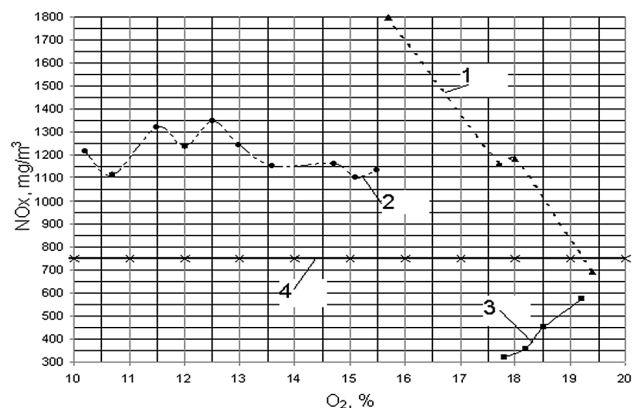


4 pav. Antrasis pakuro variantas (II)

Fig. 4. The second version of the combustor (II)

Rezultatai ir jų analizė

Grafike (5 pav.) pavaizduota išsiskyrusių azoto oksidų, deginant baldų atliekas, priklausomybė nuo deguonies, deginant kurą skirtingose pakurose: 1 kreivė rodo I varianto pakuroje degimo metu susidariusių NOx kiekius. Didžiausia NOx reikšmė buvo 1795 mg/m³. Degimo metu ir NOx, ir CO koncentracijos viršijo leistinas normas. 2 kreivė rodo degimą II varianto pakuroje. Didžiausia NOx reikšmė buvo 1352 mg/m³. 3 kreivė rodo III varianto pakuroje degimo metu išsiskyrusių teršalų kiekius. Didžiausia NOx reikšmė buvo išmatuota 572 mg/m³. Grafikas tik patvirtina tai, kad neuždengtoje pakuroje (III) deginant baldų atliekas nepavyko nustatyti didelio deguonies diapazono ir išgauti gero degimo, todėl NOx koncentracijos buvo nedidelės.



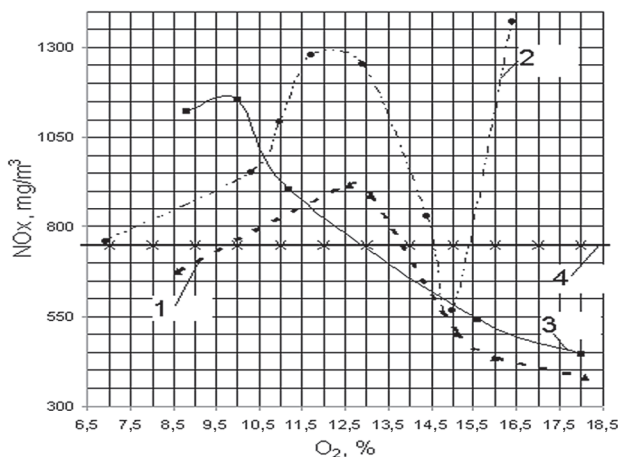
5 pav. NOx priklausomybė nuo deguonies, baldų atliekoms degant įvairiose pakurose

Fig. 5. NOx dependence on oxygen burning the waste of furniture in different combustors

Geriausiai degimo procesas vyko pakopinėje (II) pakuroje, kurioje buvo galima išmatuoti daug NOx reikšmių, esant skirtingiems deguonies kiekiams. Grafike taip pat matome leistinų koncentracijų ribą (4 kreivė).

Kad subalansuotume degimą ir sumažintume NOx kiekį dūmuose, baldų medieną maišėme per pusę su medienos granulėmis, kurios vadinamasis švarus kuras, lyginant su daugybe biokurui priskiriamų medžiagų. Nors azoto oksidai vis dar kai kuriais atvejais viršijo leistinas normas, tačiau degintame kure buvo gautas mažesnis kiekis azoto (2,015 %) ir visais pakurų atvejais buvo kokybiškesnis sudegimas. Taip pat matome (6 pav.), kad uždengus kurą (I pakuros variantas) ir dar šiek tiek pakoregavus deguonies kiekį pakuroje, galima gauti tinkamas NOx reikšmes, degant baldinės medienos ir medienos granuliu mišiniui.

Grafike (6 pav.) 1 kreivė rodo NOx išsiskyrimus deginant kurą I varianto pakuroje; 2 – II varianto pakuroje; 3 – III varianto pakuroje; 4 kreivė rodo NOx leistinų koncentracijų normą.



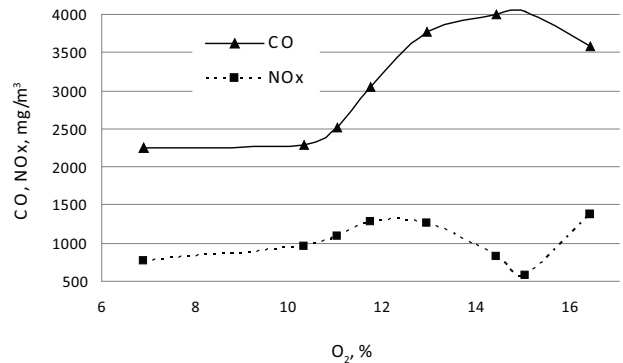
6 pav. NOx priklausomybė nuo deguonies, deginant medienos granuliu ir baldinės medienos mišinį skirtingose pakurose

Fig. 6. NOx dependence on oxygen burning the mixture of wood pellets and the wood of furniture in different combustors

Ištirus visus pakurų variantus, atsižvelgiant į gautus deginimo rezultatus, galime daryti išvadas, kad geriausius rezultatus būtų galima gauti, deginant baldinės medienos atliekas dviem pakopomis: pirmojoje pakopoje sumažinamas oro kiekis degimo zonoje (šioje zonoje susidarantis CO ardo NO dėl konkuruojančiųjų reakcijų); antrojoje pakopoje baigiama deginti CO. Toks degimas atitinka biokurui taikomas NOx emisijų normas.

Pasirinkus tinkamiausią pakuros tipą, buvo išbandyti trys būdai, kurie turėjo sumažinti azoto oksidų koncentracijas:

1. Kuro deginimas kartu su kitu vadinamuoju švari kuru, kuriame yra maži azoto kiekiai (7 pav.);



7 pav. Teršalų koncentracijų priklausomybė nuo deguonies, deginant medienos granuliu ir baldų atliekų mišinį (50:50 %), kai N = 2,01 %

Fig. 7. The dependence of pollutant concentrations on oxygen burning the mixture of wood pellets and the waste of furniture wood (50:50%), when N = 2,01%

2. Kuro plovimas vandeniu (8 pav.);
3. Kuro deginimas, įdedant anglies priedų (9 pav.).

Ankstesni tyrimai parodė, kad, deginant medienos granules ir grikių lukštus, išsiskiria mažai azoto oksidų, todėl šiuos kurus naudojome mišiniams su baldų atliekomis. Tai azoto kiekį kure sumažino 48 %. Iš 7 paveikslą matome, kad deginant baldų atliekų ir medienos granuliu mišinį, mažiausia NOx koncentracija siekė 569 mg/m³.

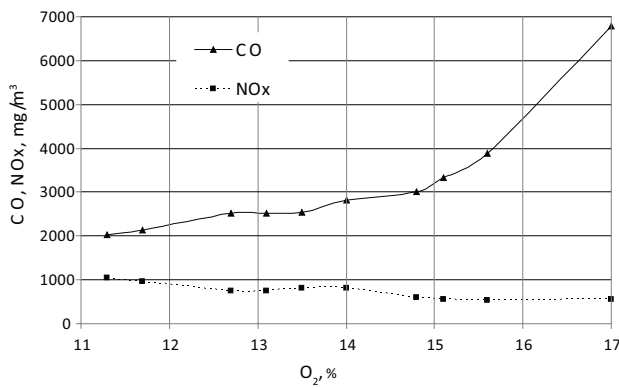
Baldinę medieną sumaišius su mažai azoto turinčiu grikių lukštu, gerokai sumažėjo azoto kiekis, tačiau kuras degė blogiau. Pavyzdžiui, tiek baldų atliekos, tiek grikių lukštai yra smulkios ir lengvos struktūros. Kuras sumaišius, tapo sudėtinga reguliuoti oro kiekį kūrykloje, nepavyko išgauti plataus deguonies diapazono. Kita vertus, deginant pramoniniu būdu, tinkamai suregulius kuro degimą, galima gauti gerą kurą. NOx koncentracijos, deginant minėtą kuro mišinį, svyravo nuo 200 iki 500 mg/m³.

Siekiant įgyvendinti antrojo būdo sąlygas, kuras plautas vandentiekio vandeniu, vėliau išdžiovintas natūraliu būdu. Tai sumažino azoto kiekį kure 38 %.

Kaip matome iš grafiko (8 pav.), išplavus kurą, baldų atliekų ir medienos granuliu mišinyje azoto kiekis sumažėjo beveik dvigubai. Tai patvirtina ir azoto oksidų koncentracijos. Mažiausia išmatuota NOx reikšmė, kai deginamos neplautos baldų atliekos su medienos granulėmis buvo 569 mg/m³, o deginant tą patį išplauto kuro mišinį, gauta mažiausia NOx reikšmė – 356 mg/m³.

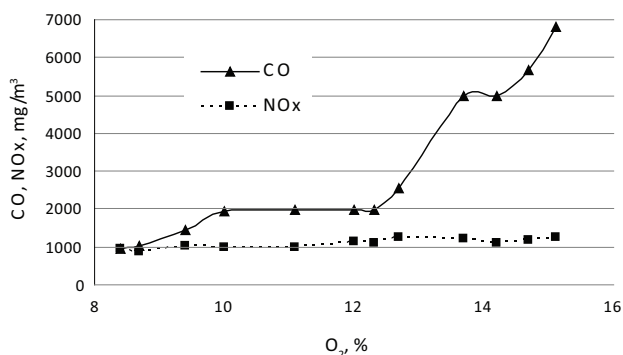
Kuro deginimas, įdedant medžio anglies priedų (9 pav.), taip pat turėjo sumažinti azoto oksidų kiekį, nes susidarantis CO ardo NO dėl konkuruojančiųjų reakcijų. Šiuo atveju mažiausia NOx koncentracija siekė 255 mg/m³.

Taip pat pateikiame degimo produktuose išmatuotas visų degintų kuro mišinių NOx reikšmes, atsižvelgiant į deguo-



8 pav. Teršalų priklausomybė nuo deguonies, deginant medienos granulių ir išplautų baldų atliekų mišinį (50:50 %), kai $N = 1,265 \%$

Fig. 8. The dependence of pollutant concentrations on oxygen burning the mixture of wood pellets and the washed waste of furniture (50:50%), when $N = 1,265\%$

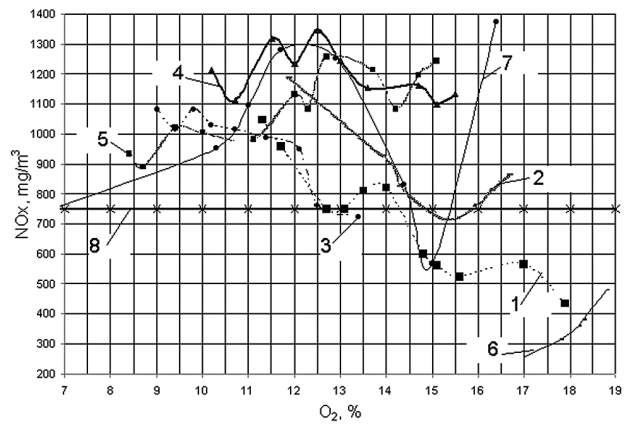


9 pav. Teršalų koncentracijų priklausomybė nuo deguonies, deginant baldų atliekų ir medžio anglies mišinį (80:20 %), kai $N = 3,9 \%$

Fig. 9. The dependence of pollutant concentrations on oxygen burning the mixture of furniture waste and charcoal (80:20%), when $N = 3,9\%$

nies kiekį, kurias galima palyginti su azoto kiekiu atskirose kuro rūšyse (10 pav.): 1 kreivė gauta, deginant medienos granulių ir plautos baldinės medienos mišinį (50:50 %), kai $N = 1,265 \%$; 2 – baldų atliekų, medienos granulių ir medžio anglies mišinys (45:45:10 %), kai $N = 1,814 \%$; 3 – plautų baldų atliekų, medienos granulių ir medžio anglies mišinys (45:45:10 %), kai $N = 1,139 \%$; 4 – baldų atliekos (100 %), kai $N = 3,9 \%$; 5 – baldų atliekų ir medžio anglies mišinys (80:20 %), kai $N = 3,9 \%$; 6 – grikių lukštų ir baldų atliekų mišinys (50:50 %), kai $N = 2,237 \%$; 7 – medienos granulių ir plautų baldų atliekų mišinys (50:50 %), kai $N = 2,015 \%$, 7 – NOx leistina norma. Iš grafiko matome, kad kuo daugiau kure yra azoto, tuo degimo produktuose yra didesnė NOx koncentracija.

Kure esančio azoto konversijos į azoto oksidus faktorius K_N apskaičiuojamas kaip kure esančio azoto dalis, pe-



10 pav. Azoto oksidų priklausomybė nuo deguonies, deginant biokurą, kai yra įvairūs azoto kiekiai

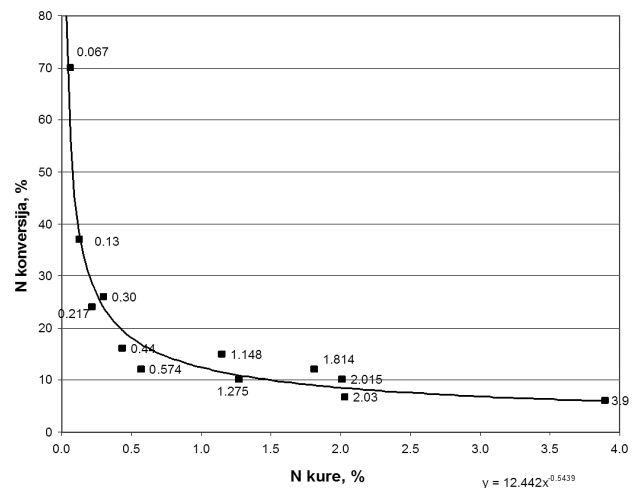
Fig. 10. The dependence of nitrogen oxides on oxygen burning biofuel having different quantities of nitrogen

rėjusi į azoto monoksidą. Azoto konversijos į azoto oksidus koeficientas apskaičiuojamas (Buinevičius 2009):

$$K_N = \frac{(V_d + (\alpha - 1) \cdot V_o) \cdot C_{NOx}}{328,6 \cdot N_K}, \quad (1)$$

čia K_N – kure esančio azoto konversijos faktorius, proc.; V_o – teorinis degimui reikalingo oro kiekis, m^3/kg ; V_d – teorinis degimo produktų tūris, m^3/kg ; α – oro pertekliaus koeficientas degimo produktuose. Jis priklauso nuo kuro rūšies, jo degimo būdo, kūryklos konstrukcijos ir kitų veiksnių; C_{NOx} – azoto oksidų koncentracija degimo produktuose, mg/m^3 ; N_K – azoto dalis kure, proc.; 328,6 – perskaičiavimo koeficientas.

11 paveiksle pateikta azoto konversijos priklausomybė nuo azoto kiekio kure. Norint palyginti, grafike atidėtos ir per kitus tyrimus gautos azoto konversijos koeficiento



11 pav. Kure esančio azoto dalis, perejusi į azoto oksidus, deginant biokurą, kuriame yra įvairūs kiekiai azoto

Fig. 11. Nitrogen part contained in fuel converted into nitrogen oxides burning having different quantities of nitrogen

reikšmės: taškas 2,03 gautas, deginant sausą kiaulių mėšlą; taškas 0,30 – deginant medienos granules su karbamido priedais; taškas 0,44 – deginant šiaudų ir mazuto granules; taškas 0,067 – deginant medienos granules; 0,13 – deginant kito gamintojo medienos granules; 0,217 – deginant medienos ir kraiko granules; 0,574 – grikių lukštai; taškas 1,275 gautas deginant išplautų baldų atliekų ir medienos granuliu mišinį; taškas 2,015 – deginant baldų atliekų ir medienos granuliu mišinį; taškas 3,9 gautas deginant baldų atliekas.

Iš 11 paveikslo matyti, kad kuo daugiau deginamame kure yra azoto, tuo mažesnė jo dalis pereina į azoto oksidus. Tyrimų rezultatų analizė parodė, kad kure esančio azoto perėjimą į NOx apytikriai galima apibendrinti lygtimi:

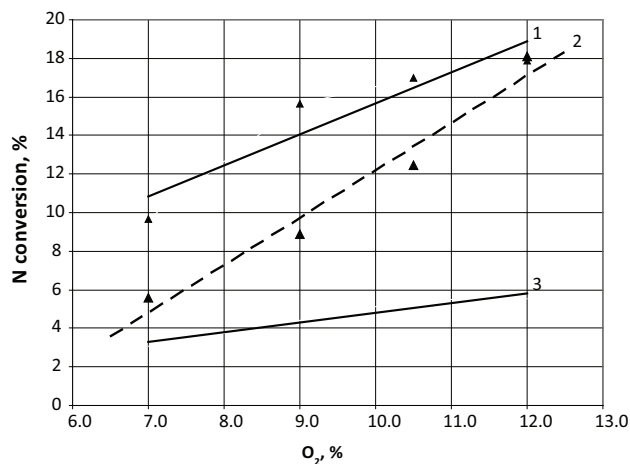
$$K_N = 12,44 \cdot N_K^{-0,544}. \quad (2)$$

K_N reikšmė buvo tyrimais nustatyta anksčiau, deginant kitas kuro rūšis – skystąjį kurą, gamtines dujas su dirbtiniais N priedais bei kietąsias atliekas:

$$K_N = 11,76 \cdot N_K^{-0,616}. \quad (3)$$

12 paveiksle pavaizduota azoto konversijos priklausomybė nuo tiekiamo deguonies kiekio kūrykloje, deginant skirtingą azoto kiekį turinčias medžiagas.

Nors, didinant deguonies kiekį kūrykloje, azoto kiekis kure didėja dvigubai, bet azoto konversija į azoto oksidus didėja tik iš dalies (12 pav.).



12 pav. K_N konversijos priklausomybė nuo deguonies: 1 – gauta, deginant medienos granuliu ir išplautų baldų atliekų mišinį, kai $N_K = 1,265\%$; 2 – gauta, deginant medienos granuliu ir baldų atliekų mišinį, kai $N_K = 2,01\%$; 3 – gauta, deginant baldų atliekų ir medžio anglies mišinį, kai $N_K = 3,9\%$

Fig. 12. The dependence of K_N conversion on oxygen: 1 – burning the mixture of wood pellets and the washed waste of furniture when $N_K = 1,265\%$; 2 – burning the mixture of wood pellets and the waste of furniture (50:50%) when $N_K = 2,01\%$; 3 – burning the mixture of the waste of furniture and charcoal (80:20%) when $N_K = 3,9\%$

Išvados

1. Mažiausia NOx koncentracija – 320 mg/m³ pasiekta, deginant kurą III varianto pakuroje, tačiau šiuo atveju gauta didelė CO koncentracija (viršija 6000 mg/m³). Didžiausia NOx koncentracija (1795 mg/m³) gauta, deginant kurą I varianto pakuroje, esant dideliame oro pertekliui ir aukštai CO koncentracijai (daugiau kaip 18 000 mg/m³).
2. Ištyrus visus pakurų variantus, atsižvelgiant į gautus deginimo rezultatus, galime daryti išvadas, kad geriausius rezultatus būtų galima gauti, deginant baldinės medienos atliekas dviem pakopomis – pirmoje pakopoje, esant sumažintam oro kiekiui degimo zonoje (šioje zonoje susidarantis CO ardo NO dėl konkuruojančiųjų reakcijų) ir antroje pakopoje, kurioje baigiama deginti CO. Toks degimas atitinka biokuroi taikomas NOx emisijų normas.
3. Azoto kiekį baldinės medienos atliekose galima sumažinti apie 30 proc. (nuo 3,9 iki 2,4 %), plaunant kurą vandeniu. NOx lygis dėl to gali būti sumažintas apie 35 %.
4. Tai, kad dalis azoto gali būti pašalinama plovimo vandeniui būdu rodo, kad baldų plokštėse esantys cheminiai priedai su azoto junginiais iš dalies yra smulkintos medienos paviršiuje.
5. Baldų atliekų deginimas mišinyje su mažai azoto turinčiomis biokuro rūšimis leidžia iš dalies išspręsti NOx mažinimo problemą.
6. Biokure esančio azoto konversijos į NOx faktoriaus reikšmės yra artimos kaip ir degant kitų rūšių kurą – skystąjį, dujas, atliekas.

Literatūra

- Buinevičius, K. 2008. Mėsos ir kaulų miltų biokuras – naujos galimybės ir deginimo patirtis, *Šiluminė technika* 3: 12–13.
- Buinevičius, K. 2009. Teršalų emisijų deginant kaulamiltčius tyrimai, *Žemės ūkio inžinerija* 41(1/2): 112–125.
- Buinevičius, K.; Kazilevičius, E. 2004. Mėsos kaulų miltų ir techninių riebalų panaudojimas šiluminei energijai gauti, in *Mechanikos inžinerija: jaunujų mokslininkų konferencija*. Kaunas, 105–106.
- Buinevičius, K.; Puida, E. 2005. Reduction of NOx concentrations in boiler flue gas by injecting selective reagents, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13(2): 91–96.
- Buinevičius, K.; Strakšys, D. 2002. Dūmų recirkuliacijos naudojimas NOx mažinimui energetiniuose katiluose, in *Mechaninės technologijos – 2002: jaunujų mokslininkų konferencija*. Kaunas. 72 p.
- Ciganas, N.; Raila, A. 2010. Analysis of heating value variations in stored wood. Engineering for rural development, *JEELM* 186–191.

- Gauri, L. K.; Holdren, G. C. 1981. Pollutant effects on the stone monuments, *Environmental Science and Technology* 2(2): 386–390. doi:10.1021/es00086a001
- Hill, S. C.; Douglas Smoot, L. 2000. Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems, *Progress in Energy and Combustion Science* 26(3): 417–458. doi:10.1016/S0360-1285(00)00011-3
- Lakasavičius, A.; Belous, O.; Čepulis, I.; Kusas, D. 1997. *Chemical and Economical Aspects of Wood Waste Utilization. US-Baltic Workshop*. Environmental Chemistry. Proceeding. Vilnius: Chemijos institutas.
- Lapienienė, A.; Šležas, R. 2002. Degiklio žiočių formos NOx susidarymui besisukančioje metano ir oro liepsnoje, *Energetika* 1: 9–18.
- Melkūnas, R.; Buinevičius, K. 2007. Katalizatorių panaudojimas CO ir NOx koncentracijų mažinimui, in *Šilumos energetika ir technologijos: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, LEI.
- Miller, J. A.; Melius, C. F.; Glarborg, P. 1998. *Some chemical kinetics issues in reburning: the branching ratio of the HCCO+NO reaction*. The Twenty-Seventh Symposium (International) on Combustion. The Combustion Institute, Pittsburg, 235–243.
- Plečkaitienė, R. 2009. Azoto oksidų išmetimų mažinimas, įpurškiant selektyvius reaktyvus, in *The 13th anniversary of Lithuanian Young Scientists Conference on Science – Lithuania's Future Guides, Environmental Engineering*, 25–30.
- Puida, E. 1998. NOx susidarymo slopinimas deginant dujas, in *Aplinkos inžinerija*. Vilnius. ISSN 1648-6897.
- Puida, E.; Buinevičius, K. 1998. Azoto oksidų mažinimas dvi-laipsnio degimo metu, laipsniškai į degimo kamerą įvedant dujas. Lietuvos mokslas ir pramonė, in *Šilumos energetika ir technologijos: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas, 71–76.
- Puida, E.; Buinevičius, K. 1999. Oro susukimo mentelių kampo įtaka NOx susidarymui dviejų pakopų dujų degime. Lietuvos mokslas ir pramonė, in *Šilumos energetika ir technologijos: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas, 153–158.
- Smith, W. H. 1981. *Air Pollution and Forests*. New York: Springer. 379 p.
- Smoot, L.; Hill, S. C. 1998. NOx control through reburning, *Progress in Energy and Combustion Science* 24(5): 385–408. doi:10.1016/S0360-1285(97)00022-1
- Verein Deutscher Ingenieure, Kommission Reinhaltung der Luft: *Säurehaltige Niederschläge – Entstehung und Wirkungen auf terrestrische Ökosysteme*. 1983. Düsseldorf: VDI.
- Wiedlich, W. 1991. *Kiwis aus Sibirien? Treibhauseffect. Ozonloch und Umweltpolitik*. Berlin. 270 p.
- Zeldovich, Ia. B. 1946. Okislenie azota pri gorenii i vzryvakh, *Doklady AN SSSR* 51(3): 213–216.

STUDY ON THE CONVERSION OF FUEL NITROGEN INTO NO_x

R. Plečkaitienė, K. Buinevičius, R. Norinkevičiūtė, E. Černiauskas

Abstract

The aim of this work is to investigate NO_x regularities combusting fuels having high concentration of nitrogen and to develop methods that will reduce the conversion of fuel nitrogen into NO_x. There are three solutions to reducing NO_x concentration: the combustion of fuel mixing it with other types of “clean” fuel containing small amounts of nitrogen, laundering fuel and the combustion of fuel using carbon additives. These solutions can help with reducing the amount of nitrogen in the wood waste of furniture by about 30% by washing fuel with water. Therefore, NO_x value may decrease by about 35%.

Keywords: nitrogen oxides, NO_x conversion, biofuels, conversion factor.