

Biblid: **0350-2953 (2017) 43(3): 131-140**

UDK: 631.3; 62;

Originalni naučni rad

Original scientific paper

**ANALIZA I IZBOR METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE KINETIKE
SAGOREVANJA POLJOPRIVREDNE BIOMASE
ANALYSIS AND SELECTION OF METHODOLOGY FOR DETERMINATION
OF THE AGRICULTURAL BIOMAS COMBUSTION KINETICS**

Aleksandar Eric¹, Stevan Nemoda¹, Mirko Komatina², Dragoljub Dakić³, Branislav Repić¹

¹Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča"

Laboratorija za termotehniku i energetiku, 11351 Beograd, Mike Petrovića Alasa 12-14

²Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 11120 Beograd, Kraljice Marije 16

³Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta,

11120 Beograd, Kraljice Marije 16

E-mail: erica@vinca.rs

SAŽETAK

U cilju dobijanja pouzdanih rezultata o globalnoj kinetici procesa sagorevanja biomase u formi bala urađena je analiza eksperimentalnog određivanja kinetike sagorevanja rastresite biomase u vertikalnom cevnom reaktoru, sa praćenjem promene mase uzorka. Pretpostavljena su dva moguća načina sagorevanja balirane biomase (klipni i šaržni), za koje su postavljene odgovarajuće teorijske osnove. Analizom i poređenjem sa eksperimentalnim rezultatima izabran je klipni model sagorevanja, koji je pokazao najbolje slaganje sa eksperimentalnim rezultatima. Ovaj model sagorevanja korišćen je u daljim analizama uticaja viška vazduha na kinetiku sagorevanja, kao i uticaja recirkulacije na istu veličinu. Eksperimenti su obavljani posebno konstruisanoj i izrađenoj aparaturi, a u cilju dobijanja projektnih parametara kinetike sagorevanja različitih vrsta biomase. Rezultati pokazuju da količina vazduha utiče na globalnu kinetiku procesa sagorevanja. Ova zavisnost je potvrđena na dve vrste biomase pšeničnoj slami i kukuruzovini, koje predstavljaju najčešće korišćenu poljoprivrednu biomasu u energetske svrhe. Dobijeni rezultati su značajni prilikom izrade novih postrojenja koja rade po principu cigaretnog sagorevanja, kao i u procesu izrade matematičkih modela za numeričku simulaciju cigaretnog sagorevanja, sa posebnim osvrtom na uticaj recirkulacije na globalnu kinetiku.

Ključne reči: Biomasa, kinetika, vertikalno cevno ložište.

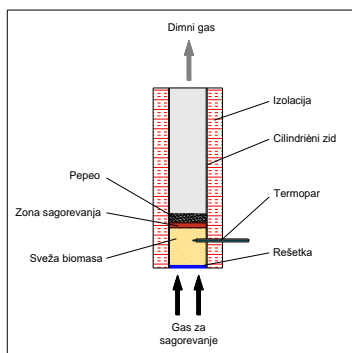
1. UVOD

Sagorevanje balirane biomase po cigaretnom principu je nova i nedovoljno istražena tehnologija (Eric, 2010, Repić et al., 2013, Bech et al., 1996, Miltner et al., 2007). U cilju izučavanja procesa sagorevanja balirane biomase u Laboratoriji za termotehniku i energetiku Instituta „Vinča“ osmišljeno je, konstruisano i izrađeno više eksperimentalnih postrojenja sa cigaretnim sagorevanjem. Najveće i najznačajnije postrojenje je industrijsko-demonstracioni kotao snage 1,5 MW u okviru Poljoprivrednog kombinata „Beograd“ sa sagorevanjem sojine slame za grejanje 1 ha plastenika (Eric, 2010, Repić et al. 2013).

Sagorevanje se obavlja tako što gorivo (balirana biomasa) ulazi u ložište kontinualno, pri čemu se u bali formiraju zone sušenja, devolatilizacije i sagorevanja. Složenost transportnih procesa koji se odvijaju u pomenutim zonama je povećana činjenicom da se oni odvijaju u poroznom sloju. Sagorevanje volatila i koksnog ostatka se odvija na vrhu bale gde se formira zona sa najvišom temperaturom. Ova zona pogoduje procesu sagorevanja, ali je u isto vreme nepovoljna sa aspekta topljenja pepela biomase. Proces topljenja pepela je naročito izražen kod poljoprivredne biomase, pre svega kod pšenične slame, gde počinje na temperaturama nižim od 800°C (Radojević i dr, 2010, Marinković i dr, 2011). Da bi se ova neželjena pojava sprečila potrebno je sniziti maksimalnu temperaturu u ložištu ili smanjiti veličinu zone sa visokom temperaturom. Niža temperatura sagorevanja pogoduje sprečavanju topljenja pepela, ali je nepovoljna sa stanovišta formiranja ugljen monoksida. Stoga je veoma važno postići optimalnu maksimalnu temperaturu u ložištu, prihvatljivu sa stanovišta obe neželjene pojave. U tom cilju je neophodno izvršiti niz eksperimenata kako bi se sagledali optimalni uslovi sagorevanja.

U cilju izučavanja procesa prenošenja količine toplote i mase neophodno je određivanje odgovarajućih kinetičkih parametara sagorevanja. Za određivanje kinetike sagorevanja balirane biomase osmišljena je i konstruisana posebna eksperimentalna aparatura, koja omogućava simulaciju uslova sagorevanja sličnih onim u realnim ložištima sa cigaretnim sagorevanjem. Uslovi ispitivanja u cevnom reaktoru su u dovoljnoj meri slični uslovima u cigaretnom ložištu, da se sa dovoljnom tačnošću mogu izvoditi zaključci o kinetici cigaretnog sagorevanja. Principijska šema procesa sagorevanja je prikazana na Sl. 1.

Predmetna eksperimentalna aparatura je prvenstveno primenjena na analizu postupka procesa sagorevanja uzorka balirane biomase i u skladu sa time, na formiranje metoda za eksperimentalno određivanje globalne brzine reakcije sagorevanja balirane biomase.



Sl. 1. Eksperimentalni cevni reaktor
Fig. 1. Experimental tube reactor

Mogu se pretpostaviti dva moguća postupka odvijanja procesa sagorevanja rastresite biomase u vertikalnom, cevnom ložištu (Sl. 1.) Po jednom od mogućih postupaka, sagorevanje se odvija postepeno od gornje površine (na kojoj se inicira paljenje) i zatim se zona sagorevanja, nalik klipu ili cigareti, postepeno spušta ka dnu reaktora, dok se po drugom scenariju proces sagorevanja odvija po celoj zapremini (šaržno), pri čemu se konverzija goriva u vremenu odvija po celoj zapremini istovremeno, uz promenu brzine sagorevanja u vremenu,

zbog promene odnosa količine vazduha i goriva. U oba potencijalna slučaja brzina sagorevanja je kompleksna veličina, tj. sadrži brzine nekoliko procesa koji sačinjavaju ukupan postupak konverzije biomase (odn. promene mase goriva), kao što su: izdvajanje vlage (sušenje), devolatilizacija i sagorevanje koksnog ostatka. Prema šaržnom postupku navedeni procesi se odvijaju sukcesivno po celoj šarži u reaktoru, dok se kod klipnog (cigaretnog) procesa sve komponente konverzije goriva odvijaju gotovo istovremeno u diferencijalnom prostoru zone sagorevanja, koja se određenom brzinom spušta prema dnu reaktora. Da bi se utvrdilo koji od ova dva moguća načina (klipno ili šaržno sagorevanje) tačnije opisuje realne procese u toku sagorevanja potrebno je postaviti odgovarajuće izraze za brzinu sagorevanja i postavljene izraze verifikovati analizom eksperimentalnih rezultata dobijenih merenjem promene mase goriva u reaktoru.

2. MATERIJAL I METOD

Brzina hemijske reakcije je, prema osnovnoj definiciji, broj molova reaktanta (goriva) koji se konvertuje u vremenu i određenoj zapremini (Levenspiel, 1999). Naravno, izraz za brzinu složene reakcije, kao što je sagorevanje biomase, koja obuhvata procese sušenja, devolatilizacije i reakcije oksidacije, potrebno je da se bazira na promeni ukupne mase goriva, što se može posmatrati na sledeći način:

$$r_M = -\frac{dC}{d\tau} = -\frac{dm}{d\tau} \frac{1}{MV} \left[\frac{\text{kmol}}{\text{s m}^3} \right] \quad (1)$$

Ukoliko se iz izraza isključi molska masa (M), jer se radi o složenim procesima, tada se izraz za ukupnu brzinu reakcije konverzije šarže rastresite biomase, može prikazati kao:

$$r = -\frac{dm}{d\tau} \frac{1}{V} = -\frac{dm}{d\tau} \frac{\rho}{m_o} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s m}^3} \right] \quad (2)$$

gde su: m i m_o – preostala i početna masa goriva u reaktoru, respektivno; τ – vreme, V – zapremina reaktora, koju zauzima gorivo (biomasa); ρ – gustina goriva (uniformna).

Izraz za brzinu reakcije čvrstog goriva obično ne sadrži zapreminu, odn. gustinu, jer se pretpostavlja da je određeno čvrsto gorivo uvek iste gustine ($r=dm/d\tau$). Međutim, kod rastresitog goriva i gustina može imati uticaj na vrednost brzine sagorevanja. Osim toga, eksperimentalno određivanje globalne brzine reakcije sagorevanja biomase nema primenu samo kod projektovanja i razvoja ložišta na biomasu, već je značajno i za potrebe numeričke simulacije procesa u ovim ložištima, a kod komercijalnih CFD paketa brzina reakcije se definiše u skladu sa izrazima (1) i (2).

2.1. Klipni (cigaretni) način sagorevanja

Kod klipnog načina (Sl. 2) zona sagorevanja (dV) se spušta prema dnu biomase šarže (m_o), ali se može posmatrati i obrnuto: da se biomasa (m) kreće protokom \dot{m} prema zoni sagorevanja, gde se konvertuje usled hemijskih reakcija, u okviru dV . Promena masenog protoka u klipnu usled sagorevanja (odn. konverzija protoka biomase) se može izraziti kao:

$$\frac{dm}{dt} = -r dV \quad (3)$$

Ukoliko se uvede veličina stepena reagovanja, koja se može definisati na sledeći način:

$$X = (m_o - m) / m_o \quad (4)$$

tada deljenjem imenioca i broioca desne strane jednačina (4) sa τ izraz (4) dobija sledeći oblik $X = (\dot{m}_o - \dot{m}) / \dot{m}_o$, a njegovim diferenciranjem dobija se da je $d\dot{m} = -\dot{m}_o dX$, pa se uvrštavanjem promenljive X u izraz (3) dobija:

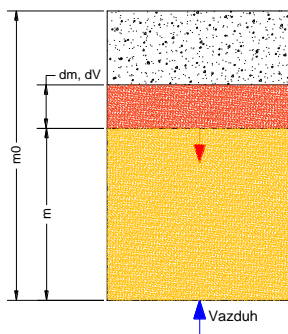
$$\dot{m}_o dX = r dV \quad (5)$$

Integraljenjem izraza (5) dobija se:

$$\int_0^V \frac{dV}{\dot{m}_o} = \int_0^X \frac{dX}{r} \quad (6)$$

Uzimajući u obzir da je brzina reakcije sagorevanja r kod klipnog modela konstantna za svaku diferencijalnu zapreminu (dV) ukoliko je šarža homogena i istog sastava po celoj zapremini, jer tada zona sagorevanja nailazi uvek na isti odnos goriva i oksidatora (pri konstantnom vertikalnom protoku vazduha), iz izraza (6) se dobija da je:

$$\frac{V}{\dot{m}_o} = \frac{X}{r}$$



Sl. 2. Šema klipnog sagorevanja
Fig. 2. Piston combustion scheme

Pošto je $\dot{m}_o = \rho V / \tau$ tada se promena stepena reagovanja u vremenu, kod klipnog modela sagorevanja biomase, može prikazati na sledeći način:

$$X = r / \rho \cdot \tau$$

(7)

Brzina reakcije r se sastoji iz više komponenti: izdvajanja vlage, devolatilizacija, sagorevanje koksnog ostatka itd. Ipak sumarna brzina konverzije goriva je konstantna tokom spuštanja zone sagorevanja (dV) ka dnu reaktora, jer uvek sadrži „sveže“ gorivo i isti odnos vazduha i goriva. U skladu sa time je i promena stepena reagovanja po vremenu u ovom modelu reaktora – linearna. Zamenom zavisnosti $X=f(m)$ (4) može se odrediti promena preostale mase goriva u reaktoru po vremenu:

$$\frac{m}{m_o} = \left(1 - \frac{r}{\rho} \tau \right)$$

(8)

2.2. Šaržni način sagorevanja

Ukoliko bi se pretpostavilo da gorivo sagoreva po celoj masi istovremeno, tada se može primeniti sledeći izraz za konverziju mase goriva u posmatranom reaktoru:

$$\frac{dm}{d\tau} = -r \cdot V$$

(9)

Integraljenjem jednačine (9) dobija se:

$$\tau = \int_{m_o}^m \frac{dm}{-r(m)V}$$

(10)

U ovom slučaju se pretpostavlja da se brzina reakcije ne menja po vremenu, jer se sagorevanje odvija po celoj zapremini reaktora, a pošto masa goriva m pada u vremenu (pri konstantnom protoku vazduha) samim tim se menja odnos goriva i oksidatora, od koga direktno zavisi brzina reakcije. Ako se pretpostavi da je globalna reakcija sagorevanja rastresite biomase reakcija prvog reda, tj. ako se uzme da brzina reakcije zavisi od količine goriva na sledeći način: $r=k \cdot m$, gde je k – konstanta brzine reakcije, tada zavisnost (9) može da se prikaže u sledećem obliku:

$$\frac{dm}{-k \cdot m} = V d\tau$$

Integraljenjem ovog izraza dobija se:

$$\int_{m_o}^m \frac{dm}{m} = -kV \int_0^\tau d\tau \Rightarrow \ln m - \ln m_o = -kV\tau \Rightarrow \frac{m}{m_o} = e^{-kV\tau}$$

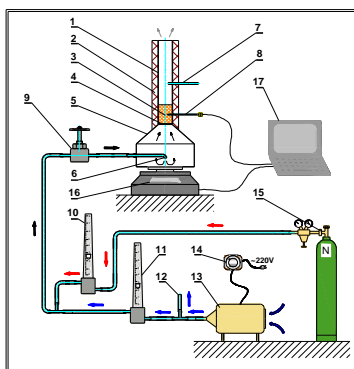
(11)

Kako se iz izraza (11) vidi zavisnost promene mase uzorka, za slučaj šaržnog sagorevanja, ima eksponencijalnu zavisnost od vremena, za razliku od linearne zavisnosti kod klipnog

sagorevanja. Analizom zavisnosti promene mase uzorka (goriva) prilikom sagorevanja može se utvrditi koji od predloženih modela sagorevanja uzorka balirane biomase odgovara realnim procesima.

2.3. Eksperimentalna instalacija

Predloženi eksperimentalni postupak omogućava kontinualno merenje promene mase uzorka balirane biomase u toku sagorevanja u reaktoru sa vertikalnim prostrujavanjem vazduhom, uz iniciranje sagorevanja na gornjoj površini uzorka. Aparatura je prikazana na Sl. 3 i sastoji se od tri dela. Radni deo je cev prečnika 72 mm i visine 435 mm (poz. 1), na čijem donjem delu se nalazi rešetka (4) koja sprečava propadanje biomase u distributivnu komoru (5). Radni deo je izolovan materijalom debljine 50 mm (2). Uzorak biomase (3) se stavlja na rešetku i presuje do željene gustine. Gustina je birana tako da odgovara gustini bale biomase u realnim uslovima. Fluid za sagorevanje se uvodi u komoru (5) preko uvodne cevi (6). Distribucija fluida se vrši linijom koja se sastoji od rotametara (10 i 11) pomoću kojih se određuje odnos vazduha i azota. Vazduh se obezbeđuje ventilatorom (13), a azot iz boce (15). Ukupan protok fluida se reguliše ventilom (9). Sistem za akviziciju podataka je treći deo, aparature koji se sastoji od elektronske vage (16), termopara (8) i računara za akviziciju podataka (17). Podaci o promeni mase i temperature se snimaju na svakih 30 s.



Sl. 3. Šema eksperimentalne instalacije
Fig. 3. Scheme of experimental installation

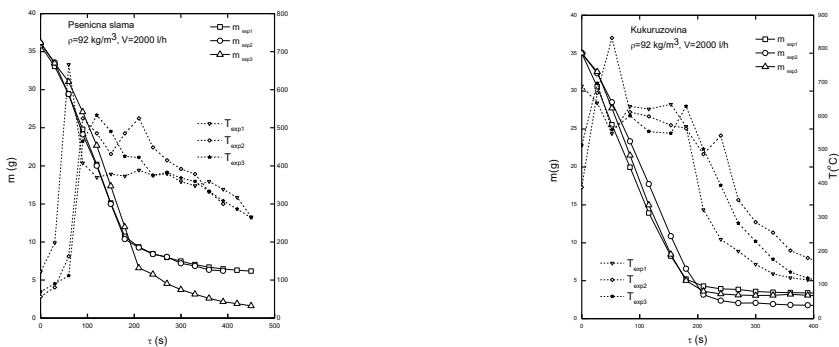
3. REZULTATI I DISKUSIJA

U cilju provere koji od predstavljenih dva načina sagorevanja najviše odgovara realnom procesu sagorevanja uzorka balirane biomase, ovde su prikazani eksperimentalni rezultati sagorevanja pšenične slame i kukuruzovine u atmosferi čistog vazduha, bez recirkulacije. Postupak i uslovi sagorevanja su opisani ranije. Dobijeni rezultati su prikazani na Sl. 4., gde je na ordinati prikazana trenutna masa uzorka, a na apscisi vreme trajanja sagorevanja. Dijagrami prikazuju rezultate sa po tri seta ponovljenih eksperimenata (exp. 1-3) sa sagorevanjem pšenične slame i kukuruzovine u cevnom reaktoru.

Klipni način sagorevanja: Prema klipnom (cigarettnom) načinu sagorevanja promena mase uzorka u cevnom reaktoru ima linearan karakter (izraz 8), što se vrlo dobro slaže sa

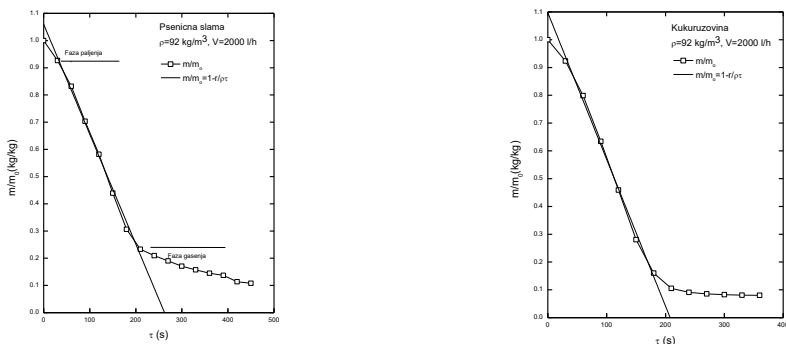
izvedenim eksperimentima. Dijagramima sa Sl. 5. je ilustrovano slaganje predviđene zavisnosti, u skladu sa klipnim modelom, sa rezultatima eksperimenata. Ovi dijagrami prikazuju promenu preostale mase goriva u vremenu, kao i temperature u ložištu, za po tri seta eksperimenata sa sagorevanjem pšenične slame i kukuruzovine u cevnom reaktoru. Kao što se sa Sl. 5. vidi, eksperimentalne zavisnosti $m=f(\tau)$ odgovaraju izrazu (8), ako se izuzmu oblasti na početku i kraju posmatranog vremenskog intervala, koje odgovaraju režimima paljenja i gašenja goriva. Pored toga, eksperimenti pokazuju da je srednja temperatura u reaktoru konstantna, tokom glavnog procesa sagorevanja, što odgovara pretpostavci klipnog sagorevanja, jer se tada uslovi sagorevanja, u zoni sagorevanja, koja se određenom brzinom spušta ka dnu reaktora, ne menjaju u vremenu.

Kod oba eksperimenta gustina biomase je $\rho=92 \text{ kg m}^{-3}$ i početna masa goriva $m_0=0,036 \text{ kg}$, dok je zapreminski protok vazduha različit i iznosi 1500 NI h^{-1} za pšeničnu slamu, odnosno 2000 NI h^{-1} za kukuruzovinu. Analizom dijagrama sa Sl. 4., uz primenu izraza (8), dobijene su srednje vrednosti brzine reakcije $r_{\text{wheat}}=0,360 \text{ kg/(m}^3 \text{ s)}$ i $r_{\text{corn}}=0,437 \text{ kg/(m}^3 \text{ s)}$, koji su reprezent brzine cigaretnog sagorevanja pšenične slame i kukuruzovine za zadate uslove sagorevanja u cevnom ložištu.



Sl. 4. Sagorevanje pšenične slame i kukuruzovine u cevnom ložištu

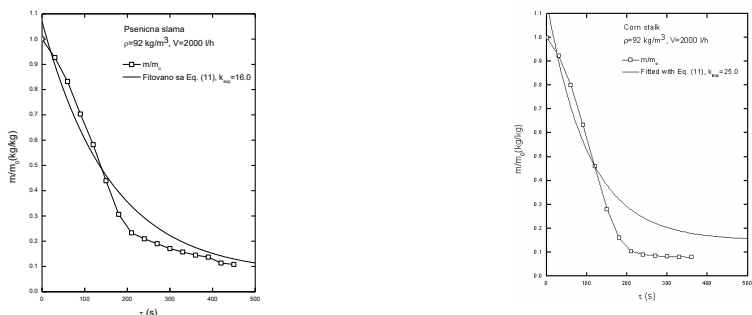
Fig. 4. Wheat straw and corn stalk combustion in tubular reactor



Sl. 5. Sagorevanje pšenične slame i kukuruzovine – klipni model

Fig. 5. Wheat straw and corn stalk combustion – piston model

Šaržni model sagorevanja biomase: Da bi se eksperimentalni rezultati (Sl. 4.) poredili sa šaržnim modelom sagorevanja (jedn. (11)), potrebno je odrediti konstantu globalne brzine reakcije sagorevanja balirane biomase (k), za date uslove, koja se može dobiti na osnovu eksperimentalnih podataka o promeni mase goriva, određene zapremine i za dati vremenski period. Za eksperimente, čiji su rezultati prikazani na Sl. 4., početna masa uzorka je $m_0=36$ g, a početna zapremina goriva je $0,00039$ m³. Na osnovu ovih podataka može se formirati dijagram zavisnosti preostale mase goriva u reaktoru od vremena prema izrazu (11), koji su dati na Sl. 6., gde ordinata predstavlja stepen neizreagovanosti (kg/kg) (odnos preostale mase goriva sa početnom masom), a na apscisi je vreme (s). Dobijeni dijagrami pokazuju očigledno neslaganje izaza (11) sa eksperimentalno dobijenom zavisnošću $m=f(\tau)$, pa se može zaključiti da skoro celokupna količina goriva, kod razmatranog eksperimenta, sagoreva u skladu sa klipnim tj. cigaretnim modelom konverzije poroznog goriva.



Sl. 6. Sagorevanje pšenične slame i kukuruzovine – šaržni model

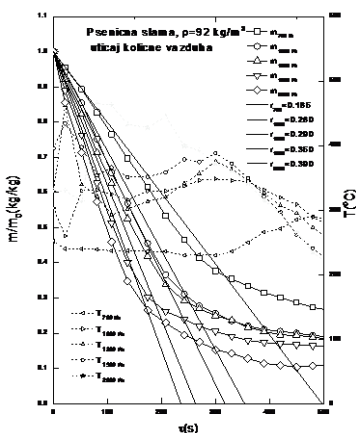
Fig. 6. Wheat straw and corn stalk combustion – batch model

Uticaj količine vazduha na brzinu procesa sagorevanja: Eksperimentalnim ispitivanjima na predstavljenoj aparaturi analiziran je, takođe, uticaj količine vazduha na brzinu procesa sagorevanja rastresite biomase, pšenične slame, tako što su izvedeni eksperimenti, opisanim postupkom, sa više različitih protoka vazduha, koji prostrujava uzorak u vertikalnom cevnom reaktoru. Koeficijenti viška vazduha za date protoke vazduha su određeni na osnovu količina goriva i vazduha, kao i na osnovu poznatog elementarnog i tehničkog sastava goriva. Da bi se odredio efektivni odnos vazduha i goriva, za svaki eksperiment je određivana izreagovana masa goriva i vreme trajanja reakcije.

Dobijeni rezultati su obrađeni prema modelu klipnog sagorevanja, a rezultati su prikazani na Sl. 7. Kako se iz rezultata ovih eksperimenata vidi, brzina vazduha, tj. brzina prostrujavanja uzorka goriva, ima značajan uticaj na globalnu brzinu reakcije sagorevanja pšenične slame, pri čemu se koeficijent viška vazduha nije značajno menjao sa porastom protoka vazduha (do 40%). Ovde treba naglasiti da treba detaljnije uzeti u obzir uticaj brzine strujanja fluida (protoka vazduha), zbog konvektivnih komponenti kod fenomena prenosa, tj. kontakta goriva i oksidatora.

4. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza dva načina sagorevanja rastresite biomase u vertikalnom cevnom reaktoru, u cilju određivanja globalne kinetike procesa. Analizirani su klipni i šaržni načini sagorevanja, a u tom cilju osmišljena je i izrađena eksperimentalna instalacija. U eksperimentima su korišćene dve vrste biomase, pšenična slama i kukuruzovina. Na osnovu analize i slaganja sa eksperimentalnim rezultatima pokazano je da klipni model najbolje odgovara realnim uslovima procesa sagorevanja rastresite biomase u cevnom ložištu. Izabrani način određivanja kinetike sagorevanja je primenjen na analizu uticaja viška vazduha i brzine prostrujavanja uzorka na brzinu procesa sagorevanja (kinetiku) pšenične slame. Eksperimentom je potvrđeno da povećanje viška vazduha i brzine prostrujavanja goriva u reaktoru utiču na povećanje brzine reakcije. Povećanje je vršeno do vrednosti koeficijenta viška vazduha koje približno odgovaraju realnim uslovima od $\lambda \sim 2$. Rezultati dobijeni ovim istraživanjem su značajni pri konstruisanju novih ložišta. Pri tome je recirkulacijom moguće rešiti osnovni problem sagorevanja rastresite biomase, a to je problem topljenja pepela. Osim toga dobijeni rezultati mogu biti od značaja i prilikom matematičkog modeliranja sagorevanja, kako stacionarnih, tako i nestacionarnih transportnih procesa.



Sl. 7. Uticaj količine vazduha na brzinu sagorevanja pšenične slame
Fig. 7. The effect of air flow on wheat straw reaction rate

5. LITERATURA

- [1] Bech N, Wolff L, Germann L. (1996). Mathematical Modeling of Straw Bale Combustion in Cigar Burners. *Energy & Fuels* 10: 276-283.
- [2] Erić A. (2010). Termomehantički procesi pri sagorevanju baliranog sojinog ostatka u potisnom ložištu. Ph.D. diss, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd.
- [3] Levenspiel O. (1999). *Chemical Reaction Engineering Third Edition*. Indianapolis, USA: John Wiley & Sons.

- [4] Marinković A, Repić B, Dakić D, Mladenović M, Nemoda S. (2011). Eksperimentalno određivanje uticaja aditiva na karakteristike pepela poljoprivredne biomase. Savremena poljoprivredna tehnika 37(2): 175-184.
- [5] Miltner M, Miltner A, Harasek M, Friedl A. (2007). Process simulation and CFD calculations for the development of an innovative baled biomass-fired combustion chamber. Applied Thermal Engineering 27: 1138–1143.
- [6] Radojević A, Repić B, Dakić D, Erić A. (2010). Analiza i ispitivanje pepela poljoprivredne biomase i potencijalnih aditiva. Savremena poljoprivredna tehnika 36(4): 357-365.
- [7] Repic B, Dakic D, Eric A, Djurovic D, Marinkovic A, Nemoda S. (2013). Investigation of the cigar burner combustion system for baled biomass. Biomass and Bioenergy 58: 10-19.

ANALYSIS AND SELECTION OF METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF THE AGRICULTURAL BIOMAS COMBUSTION KINETICS

Aleksandar Erić, Stevan Nemoda, Mirko Komatina, Dragoljub Dakić, Branislav Repić

SUMMARY

The paper presents results of experimental investigation performed in order to examine kinetics of loose biomass combustion in vertical tube reactor. The investigation conducted included continuous measurement of the fuel mass loss rate, with two biomass combustion models (piston and batch model) proposed, each relying on appropriate theoretical postulates. Results obtained indicated that piston combustion model had shown better agreement between theoretical and experimental data and was therefore used to further analyse effects of excess-air on the combustion kinetics. Experiments were conducted on specially designed and constructed apparatus that enabled kinetic parameters to be determined for the combustion of different types of biomass. Results obtained have indicated that quantity of air affects kinetics of biomass combustion. Experiments were conducted with two different types of agro-biomass, namely wheat straw and corn stalks, which are most commonly used for energy generation. Results achieved are deemed particularly important when it comes to design of new plants that utilize “cigar” firing combustion system, but also for development of numerical models used to simulate combustion of biomass bales.

Key words: Biomass, kinetics, vertical tubular combustion chamber.

Napomena: Rad je realizovan u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije „Razvoj i unapređenje tehnologija za energetske efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnost kogeneracije“, Ev. broj projekta III42011.