

PRODUKCIJA CO I CO₂ PRI SAGOREVANJU BIOBRIKETA OD BIOMASE

FORMATION TO THE CO/CO₂ AT THE COMBUSTION OF BIOBRIQUETTES FROM BIOMASS

Dr Dragan MITIĆ, Batrić MILANOVIĆ, dipl. inž., Predrag STANKOVIĆ, dipl. inž.,
mr Emina MIHAJLOVIĆ, mr Slobodanka JANKOVIĆ
Fakultet zaštite na radu, Univerzitet u Nišu, 18000 Niš, Čarnojevićeva 10/a

REZIME

Za procenu emisije polutanata kao i matematičko modeliranje procesa sagorevanja biomasa u obliku biobriketa od velikog interesa je poznavanje produkcije CO/CO₂. Veći deo rezultata, dostupnih u literaturi, odnosi se na produkciju CO/CO₂ i to uglavnom za heterogeni deo sagorevanja uglja. Za biomase su, međutim, karakteristični: veliko prisustvo volatila i mali procenat fiksno vezanog ugljenika. Iz tih razloga je kod biobriketa validnije modeliranje homogenih reakcija. U ovom radu su prikazani rezultati emisije ispitivanja produkcije CO/CO₂ za sagorevanje nekih vrsta biobriketa. Takođe je izvršena analiza rezultata i date su analitičke zavisnosti produkcije CO/CO₂.

Ključne reči: biobriketi, biomasa, energija, produkcija CO/CO₂.

SUMMARY

It is necessary to be acquainted with the formation of CO/CO₂ for the purpose of assessment of pollutant emissions as well as the mathematical modelling of the process of biomass (biobriquettes) combustion. Most of the results refer to the CO/CO₂ formation and the heterogenous part of coal combustion in particular. Biomass is, however, characterised by the presence of a lot of volatile materials and a small percentage of the fixedly bound carbon. That is why it is better to model the homogenous reactions with biobriquettes. This paper is a presentation of the results of CO/CO₂ formation in the combustion of some biobriquettes. The results have been analysed and the analytical dependences of CO/CO₂ formation were given.

Key words: biobriquette, biomass, energy, CO/CO₂ formation.

UVOD

Za potrebe matematičkog modeliranja kao i praktične inženjerske proračune od posebno važnog interesa je modeliranje produkcije nastalog CO₂ i CO. U tom slučaju postoje istraživanja koja su navedena u referencama [3, 5, 2]. Međutim, oba istraživanja se odnose na heterogene reakcije sagorevanja koksno ostataka. Za biomase je međutim, karakteristično veliko prisustvo volatila i malo Cfix. To pokazuje i indeks reaktivnosti IR za biomase [6, 1]. Iz tih razloga za biomase nije validno modeliranje CO₂/CO za heterogene reakcije već za homogene, ili ukupno sagorevanje ugljenika. U ovom istraživanju je urađeno upravo takvo modeliranje.

Uobičajan način za prikazivanje konverzije ugljenika u njegove okside je u obliku odnosa CO₂/CO [mol/mol] u literaturi opštepoznat kao Rc (Rc-ratio, c - ugljenik - misli se na deobu ugljenika po pitanju produkata CO i CO₂). Pretpostavka je da je njegova funkcionalna zavisnost od temperature eksponencijalnog tipa.

MATERIJAL I METOD RADA

Eksperimentalni radovi na briketiranju, sagorevanju i obradi eksperimentalnih rezultata su rađeni u laboratoriji za sagorevanje na FZNR u Nišu. Materijal upotrebljen za ovo istraživanje korišćen u obliku osnovnih osvojenih vrsta biobriketa praktično se može definisati kroz četiri sledeća tipa:

1. teški biobriketi bez upotrebe vezivnog sredstva (serija uzoraka 301 - 311),
2. biobriketi sa papirnom pulpom kao vezivnim sredstvom (serija uzoraka 101 - 123),
3. nova vrsta biobriketa sa polucelulozom kao vezivnim sredstvom (serija uzoraka 201 - 212) i
4. specijalni biobriketi.

Takođe je sagorevan čist komadni ugalj "Soko" i "Borovica" radi komparacije.

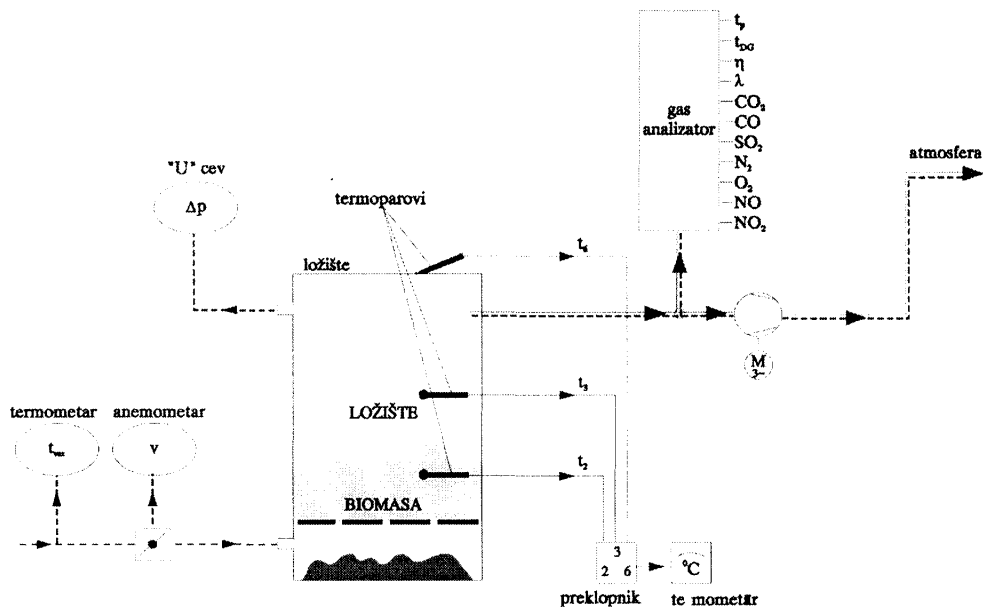
Sematski prikaz ložišta, na kome je vršeno sagorevanje i merne opreme dat je na slici 1.

Za eksperimentalno ložište iskorišćen je kostur peći za individualno grejanje tip "Plamen1" domaće proizvodnje. Izvršena je adaptacija tako što su na peć ugrađeni sledeći priključci za mernu opremu:

- dva priključka za termoparove na desnoj bočnoj strani ložišta prečnika 34,5/28 mm i to na 10 cm od rešetke za merenje temperature u sloju briketa i na 27,5 cm za merenje temperature u zoni sagorevanja volatila;
- jedan priključak za merenje podpritiska u gornjoj zoni ložišta tj. zoni sagorevanja volatila;
- jedan priključak za uvođenje primarnog vazduha cevi ϕ 42,4 x 2,6 x1 m sa regulatorom protoka. Na cevi je ugrađen termometar za merenje temperature ulaznog primarnog vazduha kao i digitalni anemometar za merenje protoka primarnog vazduha.

Dimenzije ložišnog prostora su 175 x 250 x 445 mm. Izolacija je izvršena umetanjem teške vatrostalne opeke debljine 40 mm, proizvod "Šamot" - Arandelovac tako što je ubačena u postojeću oplatu. Donji deo ložišta je omeđen livenom konstrukcijom rešetke, pepeljare i grubom armaturom vrata pepeljare kao i revizionih vrata ložišta. Na vratima su ugrađeni regulatori primarnog i sekundarnog vazduha koji u ovom slučaju nisu korišćeni, već su zaptiventi. Gornji deo ložišta je izveden kao adaptirana varena konstrukcija, tako da su u nju inkorporirani: vrata za loženje i priključak za dimne gasove ϕ 120 mm.

Temperatura oplata je merena kontaktnim termometrom u četiri tačke počev od rešetke na svakih 100 mm naviše. Eksperimentalno ložište je dimnim kanalom povezano sa ventilatorom. Prečnik dimnog kanala ispred ventilatora iznosi ϕ 120 mm. Ventilator je povezan sa haubom za odvod dimnih gasova dimnim kanalom pravougaonog poprečnog preseka 180 x 118 mm. Parametri mereni u eksperimentu, kao i oprema koja je korišćena su dati u tabeli 1.



Sl. 1. Šema laboratorijskog ložišta i mernih mesta za sagorevanje biobriketa
Fig. 1. Scheme of laboratory firebox and measurement points for biobriquette combustion

Tabela 1. Merna oprema
Table 1. Measurement equipments

R. b.	Parametar/merenje	Dimenz.	Oprema
1	Brzina vazduha	[m/s]	Testo 435, merni opseg 0,2 - 40 m/s (preračunavanje na protok)
2	Temperatura ulaznog primarnog vazduha	[°C]	Thermocouple, type K, NiCr7023 IEC 584-1, Mi 7023, sonda je tip AT0702 ISKRA Kranj, merni opseg - 50 do 800 °C
3	Pritisak dimnih gasova u nadložišnom prostoru	[mmVS]	"U" cev
4	Temperatura u ložištu	[°C]	Termopar tip "S", klase 2 56096/93, PtRh-Pt sa kompenzacionim kablom PtRh-Pt10%, opseg 0-1500 °C
5	Temperatura u zoni sagorevanja volatila	[°C]	Termopar tip "K", NiCr-Ni, 109/84357/6 sa kompenzacionim kablom NiCr-Ni, opseg merenja 0 - 1200 °C
6	Temperatura na kućištu ložišta	[°C]	Termopar tip "K", NiCr-Ni, sa kompenzacionim kablom NiCr-Ni, opseg merenja 0 - 1200 °C
7	Očitavanje temperature u ložištu, volatilima i na kućištu ložišta	[°C]	Termometar, tip Ch5610 Wohlen, merni opseg 0 do 1200 °C koji je preko preklopnika vezan na kompenzacione kablove
8	Sadržaj: O ₂ ; CO ₂ ; CO; NO; NO ₂ ; SO ₂ ; t _p ; t _{DC} ; λ; η	[%] [mg/m ³] [°C] -	Gas analizator, tip GAZOTEST TU4215-001-17763771-95, Rusia, Gas analizator, tip Digitron Green Line, Nemačka,
9	Masa briketa	[kg]	Kućna vaga, laboratorijska vaga
10	Masa materijala za briket	[kg]	Kućna vaga, laboratorijska vaga
11	Masa ugljene prašine	[kg]	Laboratorijska vaga
12	Masa krečne prašine	[kg]	Laboratorijska vaga

REZULTATI EKSPERIMENTA

Zbog prevelikog obima koji bi zauzelo tablično prikazivanje numeričkih vrednosti rezultata u ovom radu oni neće biti prikazani tebelarno, već smo na slikama. Za koncipiranje analitičkog izraza molarnog odnosa produkcije ovih oksida usvojen je izraz dat jedančinom $1/\lambda$. Ovaj model je verifikovan eksperimentalnim rezultatima. Određivanju konstanti C_1 i C_2 pristupilo se na osnovu čvornih eksperimentalnih tačaka. Radi se o transcendentnoj zavisnosti, i zbog toga je metod najbolje aproksimacije drugačiji.

$$R_c = C_1 e^{\frac{C_2}{T}} \quad (1)$$

Ovo je pretpostavljena uopštena eksponencijalna zavisnost. Za dve različite temperature indeksa i i j biće:

$$\frac{R_c(T_i)}{R_c(T_j)} = \frac{e^{\frac{C_2}{T_i}}}{e^{\frac{C_2}{T_j}}} = c_{i,j} \quad (2)$$

nakon logaritmovanja sledi:

$$C_2 = \frac{L_n(c_{i,j})}{\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_j}} \quad (3)$$

gde je:

Ti - $i=1..N$, CO_{2i} [%] - $i=1..N$ i CO_i [mg/m³] - $i=1..N$,
odnosno:

$$R_c \left[\frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol CO}} \right] = 12492.192 \frac{\text{CO}_2 \left[\frac{\% \text{vol}}{\text{mg/m}^3} \right]}{\text{CO}} \quad (4)$$

Aritmetičkim urednjavanjem odnosa c_{ij} po svim kombinacijama indeksa i, j , sledi:

$$C_2 = \frac{1}{\binom{N}{2}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left[\frac{\ln \left(\frac{Rc_i}{Rc_j} \right)}{\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_j}} \right] \quad (5)$$

Nakon ovako određenog koeficijenta C_2 , odredi se koeficijent C_1 :

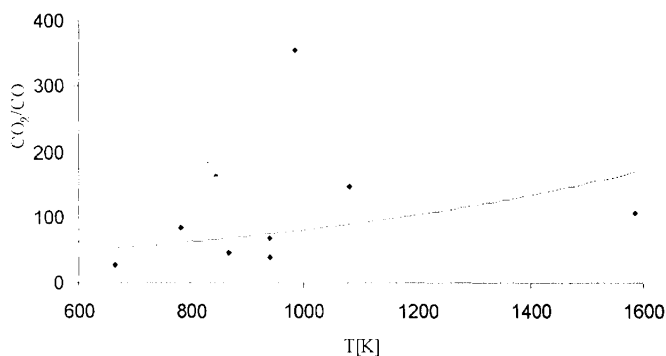
$$C_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{Rc_i}{\left(\frac{C_2}{T_i} \right)} \quad (6)$$

U daljem tekstu su prikazani rezultati modeliranja produkcije R_c (CO_2/CO) za sve uzorke briketa koji su sagorevani, kao njihov uporedni pregled.

Prikaz rezultata i modela za sagorevanje komadnog uglja "Soko" i "Borovica" dati su na slici 2. Analitička zavisnost ima oblik:

$$Rc_i = 2587137979.56652e^{\frac{15159}{T}} \quad (7)$$

za temperaturni opseg T (665-1685 K). Takođe su na slici prikazani i rezultati eksperimentalnih merenja.



Sl. 2. Odnos produkovanog CO_2/CO za uzorke komadnog uglja "Soko" i "Borovica" uzorci br. 100, 200 i 300

Fig. 2. Ratio of produced CO_2/CO for samples of "Soko" and "Borovica" piece of coal no. 100, 200 and 300.

Na slici 3. prikazana su analitička zavisnost i rezultati eksperimentalnih merenja produkcije CO_2/CO u funkciji temperature T [K], za sagorevanje briketa sastava: papirna pulpa/ugalj "Soko"/sor bent. Zavisnost Rc ima oblik

$$Rc_i = 1220.4 \cdot 10^{10} e^{\frac{16688.9}{T}} \quad (8)$$

za T (632-1767 K).

Na slici 4. prikazani su analitička zavisnost i rezultati eksperimentalnih merenja produkcije CO_2/CO u funkciji od temperature T [K], za sagorevanje biobriketa sastava:

- poluceluloza/ugalj "Borovica"/sor bent,
- bukova piljevina/ugalj "Borovica"/sor bent i
- pšenična slama/sor bent.

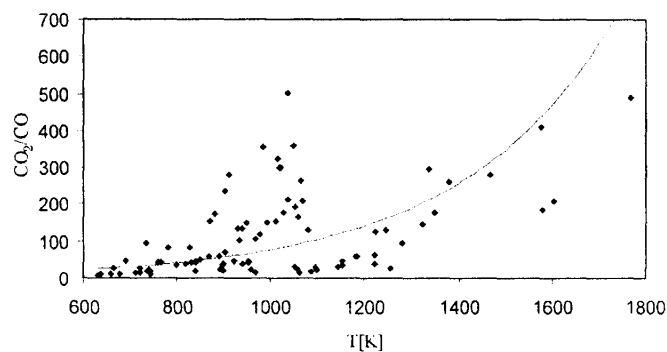
Zavisnost Rc ima oblik

$$Rc = 127416 e^{\frac{5440.92}{T}} \quad (9)$$

za T (512-2200).

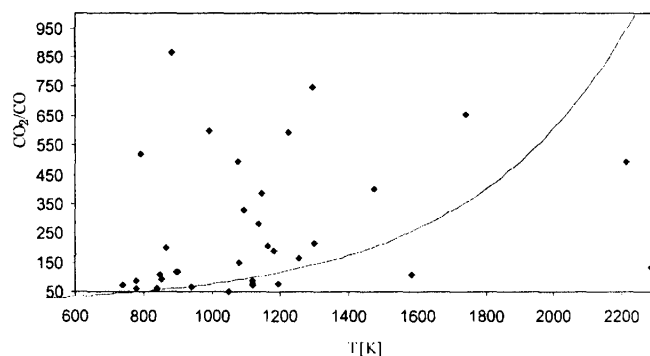
ZAKLJUČCI

Odnos ugljendioksida i ugljenmonoksida u produktima sagorevanja je posebno važna stavka za inženjerske proračune i matematičko modeliranje u bilansu energije procesa, zbog sagledavanja gubitaka usled hemijske nepotpunosti sagorevanja. Obzirom da ovaj odnos nije bio poznat za ispitivane tipove briketa, analiziran je kao podloga za buduće korekcije i usavršavanje modela. U ovom radu su izloženi uslovi, materijal i metod dobijanja za tri slučaja:



Sl. 3. Odnos produkovanog CO_2/CO za uzorke kompozitnih biobriketa papirna pulpa/ugalj "Soko"/sor bent uzorci br. 101 - 123 [1]

Fig. 3. Ratio of produced CO_2/CO for samples of composite biobrikettes paper pulp/coal "Soko"/ samples no. 101-123 [1]



Sl. 4. Odnos produkovanog CO_2/CO za uzorke kompozitnih biobriketa bez vezivnih sredstava biomasa / ugalj "Soko"/sor bent uzorci br 201 - 212 [1] i kompozitnih biobriketa poluceluloza / ugalj "Borovica"/sor bent uzorci br 301 - 311

Fig. 4. Ratio of produced CO_2/CO for samples of composite biobrikettes without binder biomass/coal "Soko"/ samples no. 201-212 and composite biobrikettes halfcelulose/coal "Borovica"/ samples no. 301-311

1. eksperimentalna kriva dobijena za sagorevanje komadnog uglja "Soko" i "Borovica",

2. eksperimentalna kriva dobijena sagorevanjem uzoraka kompozitnih biobriketa sastava papirna pulpa/ugalj "Soko"/sor bent (serija 101 - 123)

3. eksperimentalna kriva dobijena sagorevanjem kompozitnih biobriketa sastava poluceluloza / ugalj "Soko" / sor bent (serije 201-212) i biomasa / ugalj "Borovica" / sor bent (serije 301-311).

Ispravnost izvedenih korelacija za Rc u mnogome zavisi od savršenosti mešanja volatila i vazduha u gornjoj zoni ložišta. Zato ove korelacije važe za uslove eksperimentalnog ložišta kako je ovde opisano. Takođe treba napomenuti da su izdvojeni i posebno analizirani slučajevi kompozitnih biobriketa u kojima učestvuju fosilna goriva sa značajnim učešćem C_{fix} .

LITERATURA

- [1] Milanović B.: "Fundamentalna istraživanja biobriketa i zaštita od požara objekata za njihovu proizvodnju i eksploataciju", magistarski rad, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2000.
- [2] Mitić, D.: "Biomase i biobriketi Srbije-potencijalna ekološka goriva", monografija, JUPTEP-Nov i JSITZ-Niš, Novi Sad, 1998.
- [3] Mitić, D., Manoilov, A.: Interni izveštaj laboratorije za sagorevanje i termotehniku FZNR Niš (Tehničke analize biomasa Srbije), br. 16. / 17.03. 1997.
- [4] Mitić, D., Mihajlović, Emina, Nešić, B., Milanović, B., Janković, Slobodanka: Metodologija istraživanja mogućnosti izrade raznih vrsta biobriketa, PTEP-JUPTEP, Novi Sad, 3 (1999) 1-2, s. 29-32.

- [5] Mitić, D., Mihajlović, S., Stamenković, S.: Interni izveštaj laboratorije za sagorevanje i termotehniku FZNR Niš (Uporedni pregled tehničkih analiza biomasa Srbije), br. 54. / 16.06. 97.
- [6] Mitić, D., Nešić B. Janković Slobodanka: "Identifikacija zapaljivosti poljoprivrednih i šumskih biomasa na osnovu

indeksa reaktivnosti", Zbornik radova 5 jugoslovenskog i 2 međunarodnog savetovanja zaštite od požara, s. 6 (475-480), ZOP 98, Novi Sad, 1998.

Primljeno: 25.3.2000.

Prihvaćeno: 4.4.2000.

Biblid: 1450-5029 (2000) 4; 3-4, p. 75-78
UDK: 631.363:636.085.54

Pregledni rad
Review paper

TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE ODLIKE MEŠALICA I MEŠAONA KONCENTROVANE STOČNE HRANE

TECHNICAL - TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MIXERS AND FEED MIXERS FOR CONCENTRATED FEED

Dr Vlado POTKONJAK, Ponjičan ONDREJ, dipl. ing.
Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8

REZIME

U radu su obrađeni tipovi mešalica stočne hrane. Razmatrani su tehničko-tehnološki parametri mešalica na osnovu naučno-stručnih ekspertiza. Dat je kritički osvrt na pojedine tipove mešalica i njihovu proizvodnju u sadašnjim uslovima kod nas. Razmotren je teoretski pristup projektovanju manjih mešaona stočne hrane.

Ključne reči : koncentrovana stočna hrana, mešalice, mešaone stočne hrane.

SUMMARY

The types of feed mixer are elaborated and presented. They are considered technical-technological parameters of mixers using former scientific - expertly analysis. Critical regard is given for single mixer types and their production in existing conditions by us. It's considered the theoretical approach by projecting of smaller feed mixers.

Key words: concentrated feed, mixers, feed mixers.

UVOD

Na malim seoskim domaćinstvima još uvek je zastupljen postupak mešanja koncentrovane stočne hrane ručno - lopatom, pri čemu se uzimaju gotove predsmese (premixsi) i dodaju se, obično kukuruznoj prekrupi. To je izraženo u žitorodnim krajevima pri svinjogojskoj proizvodnji. Vlasnici malih živinarskih farmi mešanje često obavljaju mešalicama za beton. Pri ovome je često zastupljen visok utrošak živog rada a kvalitet mešanja, odnosno homogenost mešavine, zavisi od znanja i savesnosti radnika. Prema ispitivanjima (Brčića, 1964) ustanovljeno je, da mešanje hrane u vertikalnoj mešalici u trajanju od samo 3 min daje bolje rezultate u pogledu kvaliteta mešanja nego dvokratno mešanje lopatom. Intenziviranje stočarske proizvodnje u poslednjih nekoliko godina, uslovilo je osnivanje malih i srednjih mešaona stočne hrane u privatnoj svojini, namenjenih za proizvodnju koncentrovane stočne hrane za sopstvene potrebe, a najvećim delom za tržište.

Glavni tehnološko - hranidbeni zahtev za mešalice je da se dobije što homogenija mešavina od većeg broja komponenti. ko se osnovnim komponentama dodaju vitamini, antibiotici i mikroelementi, pri čemu se neki dodaju u odnosu 1:100.000, takve komponente je nemoguće izmešati klasičnim mešalicama. Zato se ovakve komponente spremaju u predsmesama, koje vlasnici mešalica ili mešaona kupuju gotove, pa se onda dodaju osnovnim komponentama i mešaju u klasičnim mešalicama radi dobijanja kompletne krmne smeše.

REZULTATI SA DISKUSIJOM

U praksi se koriste tri glavne vrste mešalica : vertikalne, horizontalne i mešalice višestrukog dejstva.

Vertikalne mešalice

Verikalne mešalice predstavljaju osnovni tip mešalica, a koje se danas u našim uslovima najviše koriste u manjim mešaonama

stočne hrane. Po vertikalnoj osi postavljen je puni transporter sa punom spiralom, koji može biti u oklopu ili bez njega. Broj obrtaja puža treba da iznosi 100-150 min⁻¹, premda je kod većine proizvođača znatno veći. Veći broj obrtaja je kod oklopljenog puža. Pužni transporter diže materijal iz donjeg u gornji deo mešalice, a na vrhu (kraju) spirale materijal se razbacuje prema oklopu mešalice usled centrifugalne sile, pada na niže dok ga ne zahvati vertikalni puni transporter. Mešanje komponenti obavlja se usled različitog koeficijenta trenja pojedinih komponenti o spiralu puta pri čemu neke komponente zastaju a neke se brže pomeraju, te pri slobodnom padu uz oklop teže komponente brže padaju a lakše sporije. Prema tome, ne ostvaruje se visok intenzitet mešanja.

Prednost vertikalnih mešalica ogleda se u sledećem: relativno mala pogonska snaga, rade sa 80-85% popunjenosti zapremine, zauzimaju manju podnu površinu za postavljanje. Kao loše osobine mogu se navesti sledeće: intenzitet mešanja je slab, lošije se mešaju komponente koje su zastupljene u manjem odnosu, uspešno se mešaju samo suve komponente, masne komponente se teško mešaju jer se stvorene grudve ne mogu razbiti. Mešanje traje relativno dugo i to 15-30 min/t, otežano je čišćenje posebno u slučaju punog transportera u oklopu.

Dodavanje masnih komponenti moguće je efikasno ostvariti samo ako se one dovedu u tečno stanje i rasprše po masi koja se meša. Pri ovome mora se obezbediti ravnomerno raspršivanje. Takvo idejno rešenje razvijeno je u Institutu za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu a realizovano u fabrici Pobeda - Mašinac, Petrovaradin (slika 1). U eksploataciji pokazao se, prema mišljenju korisnika, veoma efikasan, iako za sada nema egzaktnih podataka o ravnomernosti raspodele masne komponente u ukupnoj masi suvih komponenti.

Na osnovu ovog osnovnog idejnog rešenja, ispitnog i funkcionalno dokazanog u laboratorijskim uslovima, razvio se čitav niz rešenja kod "novonastalih proizvođača" vertikalnih mešalica, pri čemu se pojavljuju problemi sa ovakvim uređajem kod korisnika mešalica. Osnovni problem je u improvizaciji navedenog rešenja kod pojedinih proizvođača mešalica.