

Povećanje toplinskog stupnja korisnosti industrijskih kotlovnica kod izgaranja vlažnih krutih goriva primjenom fluidne sušionice*

Boris Golik, dipl. ing.
SOUR »MONTING« Zagreb,
RO »MONTPRODUKT«
Biro za procesnu opremu
OOUR Delnice

UDK 634.0.83:634.0.839.8

Priljeno: 14. travnja 1980.

Prihvaćeno: 29. kolovoza 1980.

Stručni rad

Sažetak

U članku se iznosi način rada industrijskih kotlovnica srednjih i malih kapaciteta u kojima se upotrebljavaju veoma vlažna kruta goriva, kao što su šumski, drvni, poljoprivredni, neki industrijski i komunalni otpaci, zatim treset i lignit. Prethodno usitnjena, ona se suše u fluidnoj sušionici koristeći otpadne dimne plinove, pri čemu se postiže toplinski stupanj korisnosti od 0,95 prema maksimalno 0,80 kod suvremenih kotlovnica bez primjene fluidne sušionice. U prilogu su dane tablice i shema rada.

Ključne riječi: industrijske kotlovnice — vlažna kruta goriva — fluidna sušionica.

INCREASE OF THERMAL EFFICIENCY IN INDUSTRIAL BOILER-ROOMS BY COMBUSTION OF WET SOLID FUELS USING FLUID DRIERS

Summary

This report deals with the operation method of medium and small capacity industrial boiler-rooms by utilization of very wet solid fuels such as: forest, wood, agricultural and some industrial waste, city refuse, peat and lignite. Preliminary comminuted, the fuels dry in the fluid drier utilizing waste flue gases by which is obtained the thermal efficiency of 0,95 in comparison with the maximum thermal efficiency of 0,80 in contemporary boiler-rooms without utilization of fluid driers. Enclosed are the tables and scheme of work.

Key words: industrial boiler-rooms — wet solid fuels — fluid drier.

1. SPECIFIČNOSTI I PROBLEMATIKA UPOTREBE VEOMA VLAŽNIH MATERIJALA KAO GORIVA

Kod direktnog izgaranja vlažnih i jako vlažnih krutih goriva sa sadržajem vode iznad 40%, kao što su biomasa, šumski, poljoprivredni, drvni, neki industrijski i komunalni otpaci, zatim treset i lignit, nailazimo na niz poteškoća i raznih specifičnosti u odnosu na upotrebu normalno ili optimalno vlažnih krutih goriva. Neke od tih specifičnosti su:

— ložište treba biti posebne konstrukcije i prilagođeno za određeni raspon vlažnosti. Takva ložišta su znatno skuplja;

— u ložištu se obavlja i sušenje, što je nepovoljno;

— vodena para direktno se miješa s produktima izgaranja, bitno povećavajući njihovu količinu i volumen, a time uzrokuje znatni pad toplinskog stupnja korisnosti kotlovnice i narušava proces izgaranja;

— vlažna i jako vlažna goriva, kao biomasa i sve vrste otpadaka, pokvarljiva su i podložna truljenju. Kao takvi neprikladni su za skladištenje i čuvanje u nativnom obliku;

— jako vlažni materijali ne mogu se uvijek rabiti kao goriva za proizvodnju toplinske energije. Često se oni uništavaju u posebnim uređajima i postrojenjima za kremiranje bez iskorišćavanja topline.

* Referat sa Savjetovanja o novim izvorima energije i racionalnom korištenju postojećih. Opatija 1979. godine.

Takva goriva je preporučljivo i ekonomski opravdano, a najčešće i potrebno, prije izgaranja pripremiti sušenjem i usitnjivanjem za njihovo pravilno izgaranje. Sušiti treba do optimalne vlažnosti za izgaranje, a za uskladištenje do ravno-

težne vlažnosti. Time se najefikasnije izbjegnu navedene poteškoće i specifičnosti. Vlažni se materijali osuše i postanu prikladni za izgaranje u ciklonskom ložištu, ili duže skladištenje i transport nakon briketiranja.

MASA I TOPLINSKE VRIJEDNOSTI VLAŽNIH KRUTIH GORIVA
WEIGHT AND CALORIC VALUE OF WET SOLID FUELS

Tablica I
Table I

Vlažnost goriva		masa goriva za 1 kg suhe gorive tvari kg	masa vode koja se isuši na 1 kg _{sgt} kg	efektivna donja ogrjevna moć goriva H _d		Iskorišćenje efektivne topline goriva kotlovnice bez fluidne sušionice		Iskorišćenje efektivne topline goriva kod kotlovnice s fluid. sušionicom	
na ukupnu masu %	na suhu tvar %			na suhu gor. tvar kcal/kg	na vlaž. gorivo kcal/kg	η	kcal/kg _{sgt}	η	kcal/kg _{sgt}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	1,00	0,00	4 400	4 400	0,8	3 520	0,95	4 180
5	5,3	1,053	0,053	4 358	4 139	0,8	3 486	0,95	4 140
10	11,1	1,11	0,11	4 312	3 885	0,8	3 450	0,95	4 096
15	17,6	1,18	0,18	4 256	3 607	0,8	3 405	0,95	4 043
20	25,0	1,25	0,25	4 200	3 360	0,8	3 360	0,95	3 990
25	33,4	1,33	0,33	4 136	3 101	0,78	3 226	0,95	3 930
30	43,0	1,43	0,43	4 056	2 836	0,76	3 082	0,95	3 853
35	54,0	1,54	0,54	3 968	2 577	0,74	2 936	0,95	3 770
40	66,6	1,67	0,67	3 864	2 313	0,72	2 782	0,95	3 671
45	82,0	1,82	0,82	3 744	2 057	0,70	2 621	0,95	3 557
50	100,0	2,00	1,00	3 600	1 800	0,68	2 448	0,95	3 420
55	122,0	2,22	1,22	3 424	1 542	0,65	2 226	0,95	3 253
60	150,0	2,50	1,50	3 200	1 280	0,62	1 984	0,95	3 040
65	186,0	2,86	1,86	2 912	1 018	0,59	1 718	0,95	2 766
70	233,0	3,33	2,33	2 536	761	0,55	1 395	0,95	2 409
75	300,0	4,00	3,00	2 000	667	0,50	1 000	0,95	1 900
80*	400,0	5,00	4,00	1 200	300	-	-	-	-
85*	566	6,67	5,67	- 136	- 20	-	-	-	-

* Treba otpresati vodu

VRSTE VLAŽNIH GORIVA I NJIHOVI TEHNIČKI PODACI
TYPES OF WET FUELS AND THEIR TECHNICAL DATA

Tablica II
Table II

Redni broj	Vrsta vlažnog goriva	Vlažnost			Donja ogrjevna moć H _d kcal/kg	Efektivna donja ogrjevna moć H _d kcal/kg	Toplina potrebna za sušenje		Nasipna masa	
		nativna %	Ravnotežna %	Optimalna %			kcal/kg	% od ukupne H _d	nativnog goriva kg/m ³	suhog goriva kg/m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Biomasa	75	14	18	1 100	500	600	54,5	450	180
2.	Biomasa	80	14	18	880	240	640	72,7	500	180
3.	Granje drveća	60	15	18	1 760	1 280	480	27,3	550	280
4.	Svježa kora	60	13	18	1 760	1 280	480	27,3	550	200
5.	Prosuš. kora	45	13	18	2 430	2 060	360	14,9	320	200
6.	Piljevina	55	15	18	1 980	1 540	440	22,2	520	300
7.	Iglice ekstr.	70	14	18	1 320	760	560	42,4	500	200
8.	Ekstr. drvo	70	15	18	1 320	760	560	42,4	600	380
9.	Lignin hidr.	70	17	20	1 320	760	560	42,4	650	420
10.	Kukuruzovina	45	14	18	2 420	2 060	360	14,9	200	150
11.	Treset	75	18	20	1 200	600	600	50,0	650	300
12.	Treset ocijeđ.	55	18	20	2 050	1 610	440	21,5	500	300
13.	Lignit	50	18	22	2 400	2 000	400	16,0	850	600

2. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI NEKIH VLAŽNIH GORIVA

Vlažna goriva, koja se najčešće susreću u praksi, navedena su zajedno s njihovim osnovnim tehničkim karakteristikama u tablici I. Od tehničkih karakteristika navodi se prirodna vlažnost, ravnotežna vlažnost, optimalna vlažnost za izgaranje, ukupna i efektivna donja ogrjevna moć (H_d) i nasipna masa svježih i suhих nabriketiranih goriva. Optimalna vlažnost za briketiranje kreće se za sve sirovine od 18 do 25%, a gornja granična vlažnost, koja zaustavlja truljenje i pojavu plijesni kod skladištenja, iznosi 14 do 16%.

Neke od tih potencijalnih energetskih sirovina tretiraju se kao bezvrijedni otpaci. Oni samo uz preradu po određenoj tehnologiji postaju vrijedna goriva, koja mogu uspješno zamijeniti klasična tekuća, kruta ili plinovita goriva. Njihova je upotreba moguća u industrijskim kotlovnica, kotlovnica centralnog grijanja i u kućanstvu.

Donja ogrjevna moć organskih gorivih tvari (H_d) biomase i biljnih otpadaka iznosi oko 18422 kJ/kg (4400 kcal/kg). Ta je vrijednost uzimana kod računanja podataka iznesenih u tablici I i II. Za točnije poznavanje tih vrijednosti bila bi potrebna istraživanja. Efektivna ogrjevna moć uglavnom ovisi o vlažnosti nativnog goriva, a te su vrijednosti navedene u tablicama I i II. Pri tom je obračunata realno potrebna toplina za isušivanje vode od 800 kcal/kg_w (3350 kJ/kg_w), bez obzira da li se sušenje obavlja u ložištu ili u posebnoj sušionici. Stvarna efektivna ogrjevna moć goriva ovisi još o količini mineralnih tvari (pepela) i kemijskom sastavu organske tvari. Te korekcije nisu obuhvaćene u tablicama.

Iz podataka iznesenih u tablici I vidljivo je da vlažne energetske sirovine, odnosno goriva s vlažnošću iznad 70%, ne bi imalo smisla pripremati za izgaranje samo sušenjem. U takvim slučajevima preko 50% od ukupne energetske vrijednosti troši se na isušivanje vode. Takvim materijalima s visokom vlažnošću može se efikasno sniziti sadržaj vode drugim racionalnijim procesno-tehničkim metodama do vlažnosti od oko 55 do 60%, što iznosi preko 50% od ukupne količine vode koju treba odstraniti (poglavlje 4).

Kod kontinuiranog predušenja vlažnog goriva u fluidnoj sušionici samo dimnim plinovima, u sklopu neke kotlovnice, do optimalne vlažnosti od npr. 15%, iz bilanci materijala i topline izračunata je vlažnost od 51% za nativno gorivo kao maksimalna. Pri tome se pretpostavlja da toplinski stupanj korisnosti kotla iznosi 0,80 i kotlovnice s fluidnom sušionicom 0,95. Za vlažnost veću od 51%, potrebno je dovesti dodatnu količinu topline za predušenje ili direktno iz ložišta zaobići kotao, ili namjernim vođenjem pogona kotlovnice kod nižeg toplinskog stupnja korisnosti ispod 0,80, tj. uz povišenu izlaznu temperaturu dimnih plinova iza kotla.

3. KRATKI PRIKAZ SUVREMENIH KOTLOVNIČA SREDNJIH I MALIH KAPACITETA ZA IZGARANJE VLAŽNIH KRUTIH GORIVA

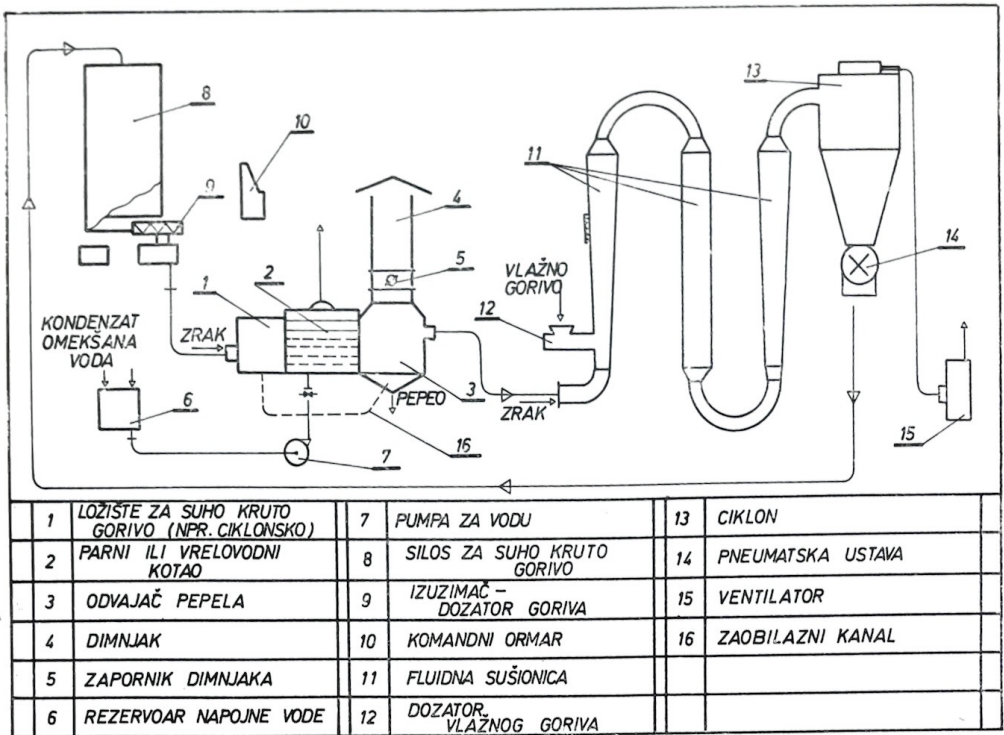
Danas u eksploataciji i na tržištu ima raznih konstrukcija i tehničkih rješenja, od kompletnih industrijskih kotlovnica do krematorija za spaljivanje vlažnih materijala, odnosno otpadaka. Za nas su posebno interesantna ložišta tih uređaja. Ložišta se konstrukcijski međusobno razlikuju od stepenastog roštilja s podesivim ili stalnim nagibom do raznih kupastih izvedbi s ubacivanjem vlažnih goriva u sredinu takvih ložišta. Osnovna karakteristika, a i slabost svih tih ložišta, jest da se u njima, osim izgaranja, obavlja i sušenje. Time se javljaju poteškoće koje su kritički ranije iznesene. U pogonu takvih postrojenja javljaju se i neke druge poteškoće, kao otežano održavanje stalne vatre istog intenziteta i teško postizanje deklariranog kapaciteta. Ti se problemi u pogonu najčešće rješavaju dopunskim dodavanjem tekućih, plinovitih ili suhих krutih goriva. Dalje ozbiljne pogonske poteškoće uzrokuje smrzavanje vlažnih sirovina zimi u silosima, zbog čega dolazi do zastoja dopreme vlažnog goriva u ložišta kotlovnica. Najveći broj takvih uređaja danas radi u drvnoindustrijskim poduzećima. Oni su podignuti u doba niskih cijena tekućih goriva, kada su se vlažni otpaci i iz ekonomskih razloga često smatrali balastom iz redovne proizvodnje. To se vidi po cijeni, jer se još i danas takvi materijali daju besplatno ili se ne obračunavaju.

Danas, kada se u svijetu i kod nas, pod djelovanjem energetske krize i visokih cijena tekućih goriva, situacija bitno izmijenila, na otpatke i vlažne gorive sirovine gleda se drukčije. Zbog toga se osjeća potreba za razvojem prikladne tehnike i tehnologije za efikasno i racionalno izgaranje, odnosno primjenu krutih goriva iz takvih sirovina.

4. TEHNIKA I TEHNOLOGIJA PRIPREME VLAŽNIH KRUTIH GORIVA ZA NJIHOVO USPJEŠNO IZGARANJE I DORADU

Za uspješnu upotrebu energetskih sirovina, kao što su biomasa, razni vlažni otpaci, pa i mlađa fosilna kruta goriva (treset i lignit), potrebno je iz njih ukloniti suvišnu vodu prikladnim procesno-tehničkim načinom i operacijama. Na izboru imamo: isušivanje, dezintegraciju, prešanje, centrifugiranje, gravitacijsko cijeđenje, prirodno sušenje i umjetno sušenje. Ovi načini se od slučaja do slučaja, u ovisnosti o vrsti, vlažnosti, kapacitetu i načinu upotrebe ili dorade goriva, primjenjuju bilo pojedinačno ili nekoliko njih zajedno u odgovarajućem slijedu tehnoloških operacija.

Ovdje se razmatra samo primjena umjetnog sušenja fluidizacijom onih vlažnih goriva koja se tim načinom mogu oplemeniti i čija upotreba kod nas postaje aktualna.



Slika 1. Shema kotlovnice s fluidnom sušionicom za sušenje vlažnih goriva

Picture 1. Sheme of boiler-room with fluid drier for drying wet fuels

Sušenje fluidizacijom odabrano je kao prikladno zbog nekoliko tehničko-ekonomskih prednosti, koje taj način sušenja u tim uvjetima primjene pružaju u odnosu na druge načine sušenja

To su:

- mogućnost iskorišćivanja otpadne topline dimnih plinova kotlovnice što kotlogradnja ne može postići;
- jednostavne su konstrukcije s malo pokretnih dijelova i stoga podobnije i jeftinije od drugih alternativnih tehničkih rješenja. Fluidne sušionice prikladnije su od ložišta-sušionica;
- zauzimaju male površine natkrityh prostora, a mogu se montirati u visinu i na nenatkritym prostoru. Osušeni se produkt zajedno sa sušenjem može transportirati (na primjer u silos);
- osušeno gorivo prikladno je za izgaranje u jednostavnijim i jeftinijim ciklonskim ložištima, pa se i time indirektno smanjuju investicije u kotlovsko postrojenje;
- ložište kotla može ujedno služiti kao generator topline za fluidnu sušionicu;
- za to sušenje nije potrebno trošiti dodatna konvencionalna tekuća, plinovita ili kruta goriva, jer se toplinska energija za sušenje osigurava u potpunosti tim istim gorivom.

Fluidna sušionica uključuje se u tehnološku shemu rada industrijskih kotlovnica na način ka-

ko je to prikazano na slici 1. U ložištu (1) parnog ili vrelovodnog kotla (2), koje može biti ciklonsko, izgara optimalno osušeno i usitnjeno gorivo. Pepeo se odvaja u odvajaču pepela (3), a dimni plinovi uvode u fluidnu sušionicu (11), odnosno alternativno preko dimnjaka (4), i zapornika (5) izlaze u slobodan prostor. U slučaju pripreme jako vlažnog goriva, dovodi se u fluidnu sušionicu dodatna količina topline direktno iz ložišta obilaznim kanalom (16). Vlažno gorivo dozira se u fluidnu sušionicu (11) pomoću dozatora (12), a osušeno izuzima iz ciklona pneumatskom ustavom (14) i prebacuje direktno u silos (8). Ventilator (15) isisiva iskorišćene plinove iz fluidne sušionice u atmosferu.

Kod proračuna mogućnosti uklapanja fluidnih sušara u kotlovnice manjih i srednjih kapaciteta, uzimaju se ovi tehnički parametri:

- toplinski stupanj korisnosti parnog ili vrelovodnog kotla kod upotrebe suhog usitnjelog krutog goriva iznosi 0,80;
- temperatura dimnih plinova na izlaznoj dimnoj strani kotla iznosi od 250 do 300°C;
- temperatura nosioca topline na ulazu u fluidnu sušaru prije kontakta sa sirovinom koja se suši treba da iznosi:

za sirovine nižih vlažnosti najmanje 300°C
za sirovine jako vlažne do 750°C

- temperatura izlaznih plinova iz fluidne sušionice 75 do 100°C;
- utrošak topline na jedinicu mase isušene vode (bez obzira gdje se sušenje obavlja)

$$800 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_w};$$
- toplinski stupanj korisnosti kotlovnice s fluidnom sušionicom na toplinsku energiju sadržanu u već osušenom gorivu do 0,95.

5. POJEDINAČNI PRIMJERI PREDSUŠENJA VLAŽNOG KRUTOG GORIVA S FLUIDNOM SUŠIONICOM

U šumarstvu, poljoprivredi te drvnoj i procesnoj drvnoj industriji postoji čitav niz potencijalnih energetskih sirovina i otpadaka koji se sušenjem mogu uspješno oplemeniti i tako prevesti u vrijedna kruta goriva. Postupcima oplemenjivanja vlažnih krutih goriva sušenjem i po potrebi briketiranjem, omogućuje se imaoocima tih sirovina snabdijevanje krutim gorivom prvenstveno za vlastite potrebe. Viškovi goriva, naročito u ljetnim mjesecima, doraduju se briketiranjem radi skladištenja za povećane zimske potrebe, druge korisnike i tržište. Niže se navodi nekoliko primjera, čiji su sirovinski potencijali na milijune tona obnovljene sirovine godišnje, kao:

5.1 Kora crnogoričnog i bjelogoričnog drva.

Radi povećanja produktivnosti rada u šumarstvu, kontinuirane proizvodnje i snabdijevanja drvnom sirovinom tokom čitave godine, počelo se u posljednje vrijeme uvoditi mehaničko koranje trupaca i celuloznog drva. To se koranje obično provodi centralizirano na posebnim linijama koje su najčešće locirane u blizini pilana ili tvornica celuloze. Radi toga se kora na tim lokacijama pojavljuje kao otpadak u znatnim količinama podjednako tokom čitave godine. Jedan od načina njena iskorišćivanja jest upotreba kao goriva. Odgovarajuća linija za doradu kore uz industrijske kotlovnice predstavlja realno i prihvatljivo rješenje za mnoge ili većinu privrednih organizacija. Da bi se to moglo realizirati, potrebno je, kroz odgovarajuće rekonstrukcije ili novogradnje, kotlovnice ili samostalne objekte opremiti strojevima za usitnjavanje, fluidnom sušionicom, linijom za proizvodnju briketa, izraditi ciklonska ložišta s automatskim loženjem, podići silose za usitnjenu suhu koru i, po potrebi, sezonska skladišta za briketirano gorivo. Napad kore iznosi kod koranja jelovih trupaca oko 15 vol.%, a kod tanjih sortimenata drva i više.

5.2 Šumski drvni otpaci.

U šumske drvene otpatke ubrajamo granje, ovršinu, panjeve, drvnu masu prorjeda i sanitarne

sječe. Ti šumski otpaci mogli bi se u primarnoj šumskoj proizvodnji iverati radi lakšeg prikupljanja, transporta i manipulacije. Iverje se zatim može upotrijebiti kao gorivo. Takva sječka prelaže se u oplemenjeno kruto gorivo na sličnoj tehnološkoj liniji kakva je spomenuta u točki 5.1, bilo da je uz neku industrijsku kotlovnicu ili kao samostalna linija. Takvim gorivom može se zamijeniti ogrjevno drvo za potrebe kućanstva, odnosno konvencionalna tekuća i plinovita goriva. Ova obimna sirovinska baza najčešće se ne koristi, pa ta biomasa propada i trune u šumi.

5.3 Piljevina

Piljevina iz pilana, s prosječnom vlažnošću od 50 do 60%, najčešće se koristi kao gorivo za loženje kotlovnica u drvnoindustrijskim poduzećima. Te su kotlovnice najčešće sa stepenastim ložištima, u kojima može izgarati vlažna piljevina. Takva upotreba piljevine energetski je dosta neracionalna, jer se sušenje obavlja u ložištu, pa se zbog toga postiže niski toplinski stupanj korisnosti tih kotlova od svega $\eta = 0,6$ do $0,7$.

Racionalnijoj upotrebi tih drvnih otpadaka često se ne poklanja dovoljna pažnja. To se naročito može reći za ljetno razdoblje, kada su potrebe u toplinskoj energiji smanjene, a napad piljevine i drugih drvnih otpadaka veći. Rekonstrukcijom takvih kotlovnica, ili podizanjem novih, na koncepcijama kako je to navedeno, uz uvođenje fluidne sušionice i linije za briketiranje, postiglo bi se znatno bolje iskorištenje efektivne toplinske energetske vrijednosti i lakši rad za pogonsko osoblje. Višak goriva iz ljetnog razdoblja mogao bi se preraditi u gorive brikete za potrebe kućanstva ili za povećane zimske potrebe tih industrija. Na taj način bi se piljevinom i drugim drvnim otpacima mogla zamijeniti konvencionalna tekuća, plinovita i kruta goriva. Napad piljevine iz pilana iznosi 5 do 7 vol.% propiljenih trupaca.

5.4 Kukuruzovina.

Radi cjelovitosti informiranja navodi se i kukuruzovina koja postaje masovan poljoprivredni otpadak i nema svoju pravu upotrebnu vrijednost kao sirovina. Po jednom hektaru kukuruza tih otpadaka ima i do 10 tona. Tehnološka linija za oplemenjivanje kukuruzovine u kruto gorivo s fluidnom sušionicom i briketirnicom mogla bi proizvoditi kruto gorivo za različite potrebe. Nepovoljna je okolnost kod ove sirovine njena mala nasipna masa i zbog toga visoki transportni troškovi od mjesta proizvodnje do mjesta prerade.

5.5 Ostale vlažne energetske sirovine.

U industriji se često pojavljuju kao otpaci razne vrste vlažnih sirovina koje se potencijalno mogu koristiti kao gorivo. I kod uporabe tih otpadaka glavni interes bio bi pokriće vlastitih ener-

getske potrebe tih industrija. Problematika je tu slična ili podjednaka kao kod ostalih vlažnih otpadaka, ali i specifična. Ekstrahirane iglice javljaju se u skromnim količinama, a isto tako ostatak kod proizvodnje tanina ekstrakcijom iz nekih vrsta drva. Hidrolizni lignin je potencijalni masovni otpadak, ali ta industrija kod nas nije razvijena. I kod prerade tih otpadaka kao i sirovina za proizvodnju krutih goriva fluidna sušionica nalazi svoju primjenu. Treset kao vrlo vlažno fosilno gorivo redovno se prethodno suši prije izgaranja. Fluidna sušionica je prikladno rješenje i za to predušenje.

LITERATURA

- [1] RIVKIN, S. L.: Termodinamičeskie svojstva gazov. »Gosenergoizdat«, Moskva, 1962.
- [2] VANGAFTIK, N. B.: Spravočnik po teplofizičeskim svojstvama gazov i židkosteju. Gos. izdat. fiziko-matematičeskoj literaturi, Moskva, 1963.
- [3] GULIC, G.: Goriva — izgotretine. Priprema goriva i odstranjivanje pepela. TPK Zagreb, Beograd 1964.
- [4] GULIC, G.: Sagorjevanje čvrstih, tečnih i plinskih goriva u parnim kotlovima. Tvornica parnih kotlova Zagreb, Beograd 1964. i 1970.
- [5] SOKOLOV, P. V.: Projektirovanie sušiljnih ustanovok dlja drevesini. »Lesnaja promišljenost«, Moskva 1965.
- [6] BEKER, M. E.: Suška termočuvstviteljnih materialov vo vzvešenom sostojanii. »Zinatne«, Riga 1966.
- [7] TOMČUK, R. J.: Drevesnaja zelenj i ejo ispolzovanie. »Lesnaja promišljenost«, Moskva 1966.
- [8] * * * : Studija korišćenja otpadaka iz šumske i drvnoindustrijske proizvodnje u S.R. Hrvatskoj. Institut za drvo, Zagreb 1975.
- [9] * * * : VDI — Wärmeatlas. Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1977.
- [10] RIED, ROBER C. and al.: The Properties of Gases and Liquids. McGraw-Hill, New-York 1977.
- [11] RABINOVIC, M. I.: Teplovie procesi v fontanirujušćem sloe. »Naukova dumka«, Moskva 1977.
- [12] VALUSIN, V. Ju.: Osnovi visokotemperaturnoj suški kormov. »Kolcs«, Moskva 1977.
- [13] MENDES, M. de J.: Über die Berechnung von Stromtrocknern. VT »Verfahrenstechnik«, 12, (1978), Nr. 12, str. 791—794.
- [14] GOLIK, B.: Informacija o primjeni fluidne sušare u drvnoj i procesnoj industriji. Referat na Međunarodnom naučno-tehničkom savjetovanju o sušenju drva, Opatija 1978.
- [15] BASKAKOV, A. P.: Procesi teplo i masoobmena v kipjaščem sloje. »Metalurgija«, Moskva 1978.
- [16] LIKOV, A. V.: Teplomasoobmen. Spravočnik. Izdanje II. »Energija«, Moskva 1978.
- [17] GOLIK, B.: Tehnika i tehnologija sušenja i sušenja-granuliranja usitnjenih, rastresitih i pastoznih proizvoda. Referat, Simpozij o procesima, ekonomici procesa, opremi i automatizaciji u procesnoj industriji, Zagreb 1979.
- [18] * * * : Energetičeskoje toplivo SSSR. Spravočnik. »Energija«, Moskva 1979.

Recenzent: doc. dr Stanislav Sever