САГОРЕВАЊЕ БИОМАСЕ У ВЕРТИКАЛНОМ ЦИКЛОНСКОМ ПРЕДЛОЖИШТУ ПАРНОГ КОТЛА

COMBUSTION OF BIO-MASS IN STEAM BOILER VERTICAL CYCLONE FOREFURNACE

Др Титослав Живановић, дипл. инж., и Драган Туцаковић, дипл. инж., Машински факултет, Београд, и Бранко Никчевић, дипл. инж., "Термоелектро–Термопројект", Београд

Изградњом вертикалног циклонског предложишта, постављеног испод ложишта постојећег парног котла са угаоним цевима, ложеног мазутом или угљем, омогућило би се алтернативно сагоревање биомасе и течног горива за производњу топлотне енергије.

Реконструкција би обухватила изградњу новог ложног уређаја (вертикално циклонско предложиште за сагоревање љуске сунцокрета, исецкане сламе и сл.) са пратећом опремом, као и адаптацију постојећег парног котла, у циљу постављања предложишта испод главног ложишта.

By putting the vertical cyclone forefurnace under the furnace of the existing steam boiler with angled tubes, which uses liquid fuel and coal for producing steam, it would be possible combusting both the liquid fuel and the bio-mass for producing the steam for heating.

The reconstruction would mean making a new forefurnace with accompanying equipment for combusting the bio-mass and adaptation the existing steam boiler in order to make possible putting the furnace under the main furnace.

Кључне речи: *биомаса; сагоревање; ложиште; вертикално циклонско предложиште; парни котао*
Key words: *bio-mass; combustion; furnace; vertical cyclone forefurnace; steam boiler*

1. Увод

Биомаса се до сада, као чврсто гориво, сагоревала у слоју (на равној решетки, у вертикалном и флуидизованом слоју) и у лету (у циклонским, затим вертикалним ложиштима за сагоревање у лету и тако даље). За сагоревање љуске сунцокрета, исецкане сламе или кукурузовине, најпогоднија су циклонска ложишта и вертикална ложишта за сагоревање у лету.

Као горива, по топлотној моћи, биомаса одговара домаћим мрким и мрколигнитским угљевима. Карактеристично је да има веома сличан састав сагорљиве масе (табела 1). Предност пољопривредних остатака (биомасе) је што су обновљиви сваке године, а недостатак им је релативно велика запремина у односу на масу (без припреме 35–70 kg/m^3, млевена 80–150 kg/m^3 и пресована 400–800 kg/m^3).

Доња топлотна моћ биомасе зависи првенствено од садржаја њене влаге

(W), и нижа је (до 30%), у реалним условима њеног сагоревања, од доње топлотне моћи сагорљиве масе. За супституцију течног горива, у циљу производње топлотне енергије, потребно је сагорети 2,5 пута више биомасе.

Табела 1.

Назив		Ознака	Јединица мере	Биомаса		
				Љуска сунцокрета	Слама	Кукурузовина
	Угљеник	C^g	%	52,5	46,9	48,2
	Водоник	H^g	%	6,6	5,7	6,4
	Кисеоник	O^g	%	39,7	46,8	44,0
	Азот	N^g	%	1,1	0,5	1,3
	Сумпор	S^g	%	0,1	0,1	0,1
Доња топлотна моћ сагорљиве масе		H_d^g	kJ/kg	20 280	16 690	18 150

2. Парни котао са угаоним цевима

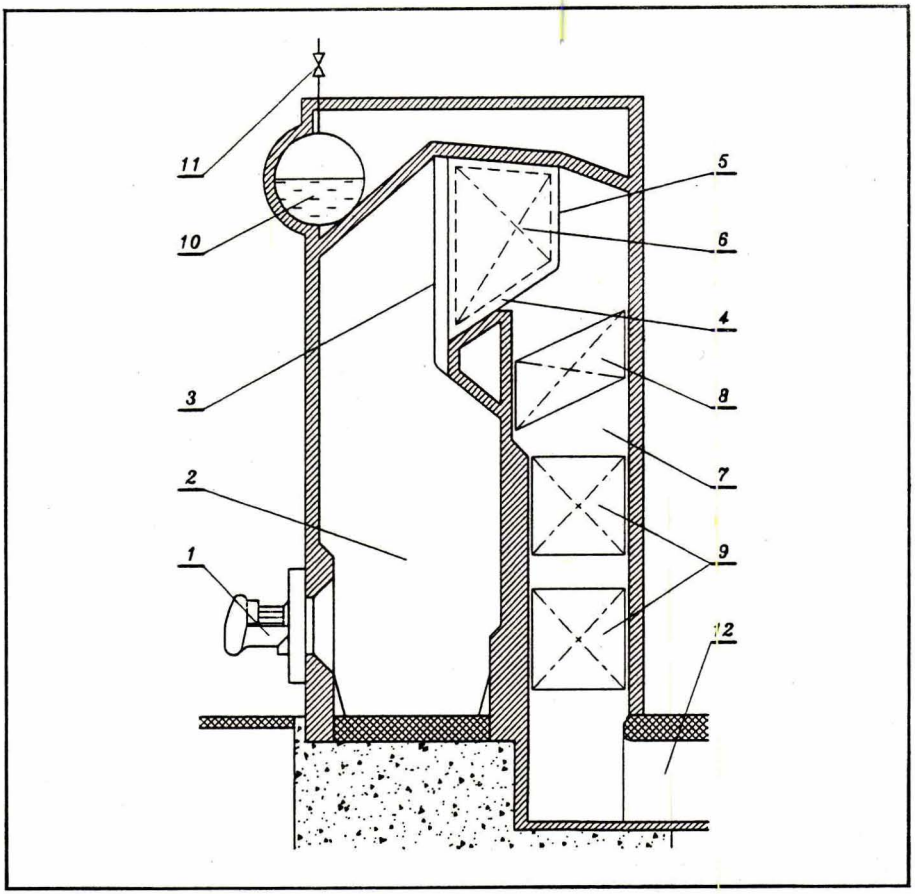
За производњу сувозасићене паре, у циљу добијања топлотне енергије за потребе грејања, често се срећу котларнице које у свом саставу имају парне котлове са угаоним цевима за сагоревање течног горива или за сагоревање угља у слоју на равној решетки.

2.1. Парни котао са угаоним цевима за сагоревање течног горива

Парни котао са угаоним цевима за производњу сувозасићене паре сагоревањем течног горива, који је погодан за реконструкцију у циљу алтернативног сагоревања мазута и биомасе, има следеће карактеристике:

– продукција сувозасићене паре	3,47	kg/s
– притисак сувозасићене паре	14	bar
– температура сувозасићене паре	195	°C
– доња топлотна моћ мазута	39 780	kJ/kg

Диспозиција овог котла види се на слици 1. На предњем зиду ложишта постављен је горионик (1) за течно гориво. Ложиште (2) је екранисано цевима на предњем и на бочним зидовима. Екрани задњег зида ложишта, у горњем делу, праве такозвани "нос" и на излазу из ложишта формирају два реда цеви прве цевне решетке (3). Гасни међуканал (4) је екранисан по плафону и већим делом по бочним зидовима. Коси мост (под међуканала) екранисан је цевима задњег зида ложишта који на његовом крају чине један ред цеви друге цевне решетке (5). Између две цевне решетке постоји, код овог котла, празан простор у који се по потреби, када котао производи прегрејану пару, поставља један ступањ прегрејача паре (6),



Слика 1. 1 горионик; 2 ложиште – озрачени испаривач; 3. прва цевна решетка; 4. гасни међуканал; 5. друга цевна решетка; 6. прегрејач паре (код парног котла за производњу прегрејане паре); 7. конвективни гасни канал; 8. конвективни (регистарски) испаривач; 9. загрејач воде; 10. котловски добош; 11. главни парни вентил; 12. димни канал – излаз из котла

који је представљен испрекиданим линијама.

У каналу конвективних грејних површина (7) смештен је, у његовом горњем делу, конвективни испаривач (8), или такозвани регистарски испаривач. Регистарски испаривач са екранима у ложишту и међуканалу и цевним решеткама чини укупну грејну површину потребну за испаравање радног флуида. Иза њега, по току гасова, постављена су два пакета загрејача воде (9) који су израђени од глатких цеви постављених у шаховски поредак.

Продукти потпуног сагоревања, димни гасови, крећу се навише кроз ложиште котла (2), где се хладе, и напуштају га преко цеви прве цевне

решетке. Гасови затим скрећу у хоризонтални међуканал (4), улазе у скретну комору и, мењајући смер, струје наниже кроз конвективни гасни канал (7). У конвективном каналу се хладе до коначне температуре са којом, помоћу вентилатора за димне гасове, напуштају котао кроз димни канал (12).

Напојна вода се напојном пумпом уводи у загрејач воде, у коме се врши процес њеног загревања, одакле се преструјним цевима доводи до котловског добоша (1). Из добоша се хладним спусним цевима већег пречника, постављеним по угловима ложишта, напајају ложишни екрани који представљају озрачени испаривач котла. Сваки екрански зид ложишта укључен је у посебно циркулационо коло, у коме се одиграва процес промене фазе пријемника топлоте. Конвективни испаривач, који је такође укључен у посебно циркулационо коло, напаја се хладним спусним цевима постављеним изван оплате котла. Након процеса испаравања засићена пара се сакупља у горњим колекторима испаривача, који су повезани са парним делом котловског добоша, где се врши њена сепарација и одакле се пара одводи у главни парни вентил (11).

Хладне спусне цеви постављене по угловима ложишта и конвективног гасног канала, представљају носећу конструкцију овог котла (поред челичне конструкције која носи озид) о коју је завешен његов цевни систем. Због такве конструкције котао је добио име – парни котао са угаоним цевима.

2.2. Парни котао са угаоним цевима за сагоревање угља у слоју

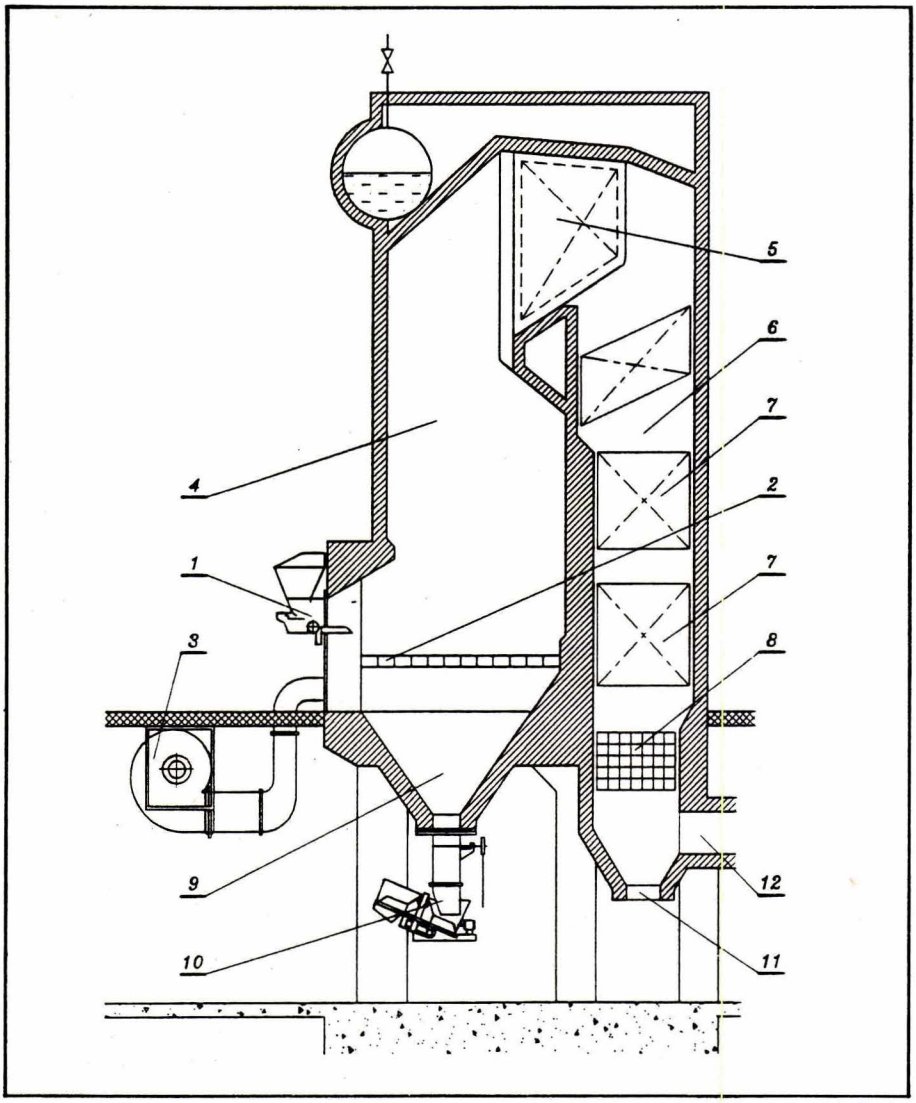
Парни котао са угаоним цевима за сагоревање мрког угља у слоју, такође погодан за реконструкцију у циљу алтернативног сагоревања мазута и биомасе, има следеће карактеристике:

– продукција сувозасићене паре	2,22	kg/s
– притисак сувозасићене паре	14	bar
– температура сувозасићене паре	195	^{o}C
– доња топлотна моћ мазута	15 900	kJ/kg

и представљен је на слици 2.

Угаљ се пнеумомеханичким убацивачима (1), који су постављени на предњем зиду ложишта и којих има два, набацује на двоструку равну решетку (2). За његово убацивање у ложиште – на решетку, поред механичког убацивача, користи се део ваздуха, који се иза вентилатора (3) дели, и чији мањи део служи за пнеуматско убацивање ситнијих честица угља, а већи део ваздуха се удувава у ложишни левак (9), испод решетке (2), за сагоревање и хлађење решетница. Решетка је снабдевена хидрауличким уређајима за превртање решетница, да би се по потреби могла очистити. Шљака и пепео се, после чишћења решетке, уклањају из ложишног левка уређајем за њихово одвођење (10).

Продукти сагоревања се кроз ложиште (4) крећу навише, затим скрећу у хоризонтални гасни међуканал (5), после кога поново скрећу у конвективни гасни канал (6), где су смештене конвективне грејне површине.



Слика 2. 1. пнеумомеханички убацивач; 2. дводелна преврљива равна решетка; 3. вентилатор за ваздух и пнеумотранспорт; 4. ложиште; 5. гасни међуканал; 6. конвективни гасни канал; 7. други ступањ загрејача воде; 8. први ступањ загрејача воде; 9. ложишни левак за шљаку и пепео; 10. уређај за одвођење шљаке и пепела; 11. левак за летећи пепео; 12. димни канал – излаз из котла

Поред глаткоцевног загрејача воде (други ступањ загрејача, поз. 7), код овог котла постоји и ливени оребрени загрејач воде (први ступањ за-

грејача, поз. 8). Димни гасови на крају конвективног канала скрећу у димни канал (12). Летећи пепео из продуката сагоревања се таложи, услед скретања гасова, у левак (11) и уклања се повремено из котла.

3. Реконструкција парног котла за алтернативно сагоревање течног горива и биомасе

Реконструкција парног котла са угаоним цевима подразумева постављање вертикалног циклонског предложишта испод главног ложишта котла и представљена је на слици 3.

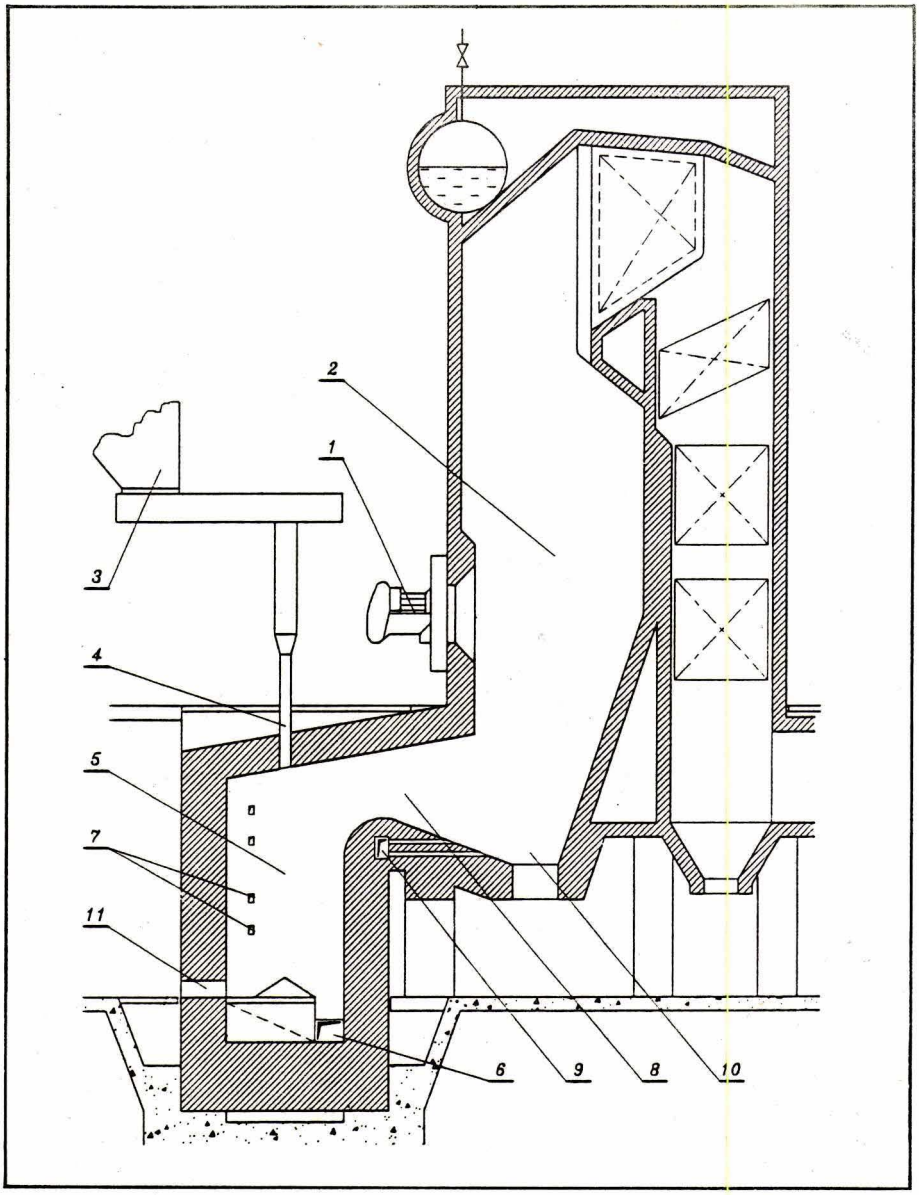
За алтернативно сагоревање течног горива и биомасе предвиђен је горионик за мазут (1) и горионик за биомасу (4), који је постављен на средини плафона предложишта. Из коша (3), помоћу додавача, биомаса слободним падом, кроз горионик, улази у вертикално циклонско предложиште (5). Ту се, услед вртложења ваздуха, и сама вртложи, чиме се повећава време задржавања честица биомасе у ложишном простору и могућност да она потпуно сагори.

Примарни ваздух се доводи у под предложишта, кроз канал (6), који је постављен тангенцијално у односу на предложиште. На тај начин се остварује ово вртложење око купе постављене на поду, која је саосна са горионицом за биомасу. По висини предложишта постављено је више млазница за секундарни ваздух који је потребан за што потпуније сагоревање биомасе. На излазу из предложишта продукти сагоревања скрећу у међуканал (8) који представља везу између предложишта и главног ложишта (2). На крају међуканала, испод главног ложишта, налази се левак за пепео (10), на чијој је левој бочној изводници постављен канал са млазницама за терцијарни ваздух (9). Продукти сагоревања улазећи у ложиште котла (2), размењују топлоту и хладе се, а затим и са његовим грејним површинама по току гасова, како је то објашњено на сликама 1 и 2.

За одвођење шљаке и пепела, поред левка за пепео (10), предвиђен је и отвор (11) на поду предложишта, кроз који се повремено врши уклањање остатака сагоревања биомасе.

4. Закључак

- За реконструкцију парног котла предвиђеног за сагоревање мазута (слика 1), у циљу алтернативног сагоревања течног горива и биомасе, потребно је урадити следеће: изместити парни котао са угаоним цевима у циљу адаптације простора за постављање предложишта; изградити вертикално циклонско предложиште са уређајима за складиштење и транспорт биомасе до горионика и горионик; поставити нове вентилаторе за примарни и секундарни ваздух са одговарајућим каналима за увођење примарног, секундарног и терцијарног ваздуха у предложиште и међуканал; поставити вентилатор за димне гасове; обезбедити чишћење предложишта и главног ложишта; задржати у потпуности систем за сагоревање течног горива.
  С обзиром да биомаса има мању топлотну моћ од течног горива, њеним



Слика 3. 1. горионик за мазут; 2. ложиште; 3. кош за биомасу; 4. горионик за биомасу; 5. вертикално циклонско предложиште; 6. канал за примарни ваздух; 7. канал за секундарни ваздух; 8. гасни међуканал – прелазни део од предложишта до главног ложишта; 9. канал за терцијарни ваздух; 10 ложишни левак за пепео; 11. отвор за одвођење шљаке и пепела

сагоревањем у предложишту парног котла смањиће се продукција сувозасићене паре за око 20%.

- За реконструкцију парног котла предвиђеног за сагоревање угља у слоју (слика 2), у циљу алтернативног сагоревања течног горива и биомасе, потребно је: изградити вертикално циклонско предложиште са пратећом опремом и поставити га испод главног ложишта (овај део реконструкције је код котла за сагоревање угља у слоју једноставније урадити, с обзиром на постојећи простор испод котла); поставити нове вентилаторе за ваздух са одговарајућим каналима; обезбедити чишћење предложишта и главног ложишта; поставити систем за складиштење, транспорт и сагоревање течног горива са пратећом опремом; уклонити равну решетку за сагоревање угља и ливени оребрени загрејач воде.

Како је биомаса као гориво слична мрком угљу, њеним сагоревањем ће продукција парног котла остати иста, док ће се сагоревањем течног горива продукција повећати за 25%.

Литература

[1] **Живановић, Т., Туцаковић, Д.**: *Могућност коришћења биомасе за производњу енергије*, зборник радова "Енергетика Београда", Београд, 1993.

[2] **Радовановић, М.**: *Горива*, Машински факултет, Београд, 1994.

[3] **Живановић, Т., Никчевић, Б.**: *Schwierigkeiten bei der Verbrennung von Sonnenblumenschalen im vertikalen Zyklonvorfeuerungsraum eines Dampfkessels,* XXVII Kraftwerkstechnischen kolloquiums, Дрезден, 1995.

[4] **Никчевић, Б. и др.**: *Реконструкција парног котла у фабрици уља "Сунце" у Сомбору*, "Термоелектро–Термопројект" д.д., Београд, 1994.