

Тенденции в развитието на съвременните котли на биомаса

Грета Събева

Никола Станков

Резюме: Способността на автоматичните котли на биомаса да регулират спрямо моментния топлинен товар е едно от основните им предимства пред ръчно управляваните котли. Точното регулиране на съотношение въздух/ гориво осигурява оптимално изгаряне. Автоматизацията на котела следи за съотношението въздух/ гориво, налягането на парата (при парни котли), температурата на водата (при водогрейни котли), температурата и кислородното съдържание на отработените газове, разхода на гориво, системата за подаване на гориво и отвеждане на пепелта.

Trends in the development of modern biomass boilers

Greta Sabeva

Nikola Stankov

Abstract: The ability of automatic biomass boilers to control the instantaneous heat load is one of their main advantages over manually operated boilers. The precise regulation of air / fuel ratio ensures optimum combustion. Automation of the boiler monitors the air / fuel ratio, steam pressure (for steam boilers), water temperature (for water boilers), temperature and oxygen content of the exhaust gas, fuel consumption, fuel supply system and ash dischargers.

В последните години се забелязва значителен напредък в производството на котли, изгарящи дървесина. Котлите на дървесина се модернизират в технически съоръжения с електронно управление. Те са програмируеми, с висока ефективност и предоставят висока степен на автоматизация. Тенденциите в развитието на съвременните модели котли на биомаса са насочени към повишаване на коефициента на полезно действие над 90% [1].

- Котли за изгаряне на пелети: $\eta \geq 90.0$
- Котли за изгаряне на твърди горива (но не пелети), с автоматизирано подаване на горивото: $\eta \geq 85.0$
- Котли за изгаряне на твърди горива (но не пелети), с ръчно подаване на горивото: $\eta \geq 80.0$

Високата ефективност е едно от предимствата на най-новите котли за изгаряне на дървесина. Основните недостатъци при старите котли с директно изгаряне на дърва са големия разход на гориво и ниската им ефективност, поради загубата на топлина през корпуса на котела или чрез димните газове. При тези котли ефективността на процесите не надвишава 50-60% като неоползотворената топлина се изхвърля в околната среда и създава екологични проблеми.

От конструирането на първите котли на дървесина до днес, конструкцията на тези котли претърпява значително развитие. С цел повишаване на ефективността напоследък има тенденция за увеличаване броя на ходовете на димните газове за по-пълно усвояване на топлината. Разделянето им на двуходови и триходови котли се базира на траекторията на пламъка и движението на димните газове в котела.

За осъществяване на ефективен горивен процес е необходимо да се осигури поддържането на достатъчно висока температура в зоната на горене, подаването на достатъчно количество въздух и необходимото време за осъществяване на пълното изгаряне на горивото. От основно значение за постигането на висока ефективност на процеса е подаване на точното количество въздух/гориво необходим за горенето [2].

Недостатъчното количество въздух води до непълно горене, вследствие на което в димните газове се съдържа значително количество въглеродни окиси. При подаване на повече въздух от необходимото част от топлината се губи с димните газове. Точното определяне на необходимото количество въздух гарантира ефективен горивен процес. За целта се използва ламбда сонда. Автоматичните отоплителни инсталации са оборудвани с интелигентна измервателна и регулираща техника, която оптимизира целия процес на производство на топлина. Работата на котела трябва да бъде контролирана от програмируем контролер (PLC) [1]. Управлението на количеството на въздух, подаван към горивната камера позволява пълното изгаряне и поддържане на ниски емисии в димните газове. При автоматичните отоплителни инсталации на дървесина ясно се разграничават складът (силоза), горивната камера, камерата за реализиране на пиролизата и топлообменникът. Поради тази причина се наблюдават добри показатели на горене.

Основни оперативни функции на котела

Предпоставка за изграждане на автоматично управление на котлите на биомаса е наличието на лесно транспортируемо гориво. Горивото се подава в горивната камера с помощта на автоматизирано съоръжение [3]. По този начин се осигурява точно дозиране и подаване на гориво директно в горивната камера. Предимството на пелетите е, че те могат да бъдат подавани в горелката на малки порции и по този начин да се оптимизира процеса на горене и получаването на топлинната енергия и разходите на гориво.

Автоматизираната подаващата система може да е [3] :

- механично устройство или хидравлично бутало за дървесни трески;
- механично или пневматично устройство за дървесни пелети.

При някои инсталации пелетите падат под силата на тежестта от разположен по-високо голям междинен дневен резервоар, който се зарежда ръчно например веднъж седмично. При по-големи наклони и при наличието на завои по маршрута се избира пневматично устройство, което може да е смукателна тръба. Механичното устройство е шнеков транспортър, той трябва да бъде къс, за да се избегне задръстването му. При необходимост се монтират поредица от къси шнекови устройства. Между шнековете се предвиждат отвесни канали, за да се предотврати обратното горене. Друг начин за осигуряване на безопасност е поставянето на елемент с дюза. Следи се температурата на шнека преди горивната камера [3]. Ако тя се повиши над определена стойност, съоръжението се наводнява през съответната дюза. За да се предотврати препълване на горивната камера, трябва да се монтира контролер за нивото. Котелът има две светлинни бариери за контрол на натрупването на жар. Чрез сензор, монтиран директно на подаващата тръба, опасността от обратно горене се открива още в начална фаза и се възпрепятства с кратковременно увеличаване на мощността (увеличаване на подаването на материал) [7]. Така се запазва нормалният режим на работа с максимално възможна безопасност при топлоснабдяването.

Котлите на биомаса могат да се разделят на два вида според горелката, която се използва за изгарянето на пелети и чипс :

- модели с вградена в тях горелка
- модели с външна горелка

Моделите с външна горелка са предназначени за монтиране на вече инсталирани водогрейни котли и други съоръжения. Горелката оползотворява дървесни пелети и друга биомаса, като получената топлинна енергия се усвоява от топлообменната повърхност на котелното тяло, към което е монтирана или друг консуматор на топлинната енергия.

Котли с външна горелка

Подаването на горивото от бункера към горелката е напълно автоматизирана система която се управлява от модуляцията на котела. Пелетите/чипса падат свободно от

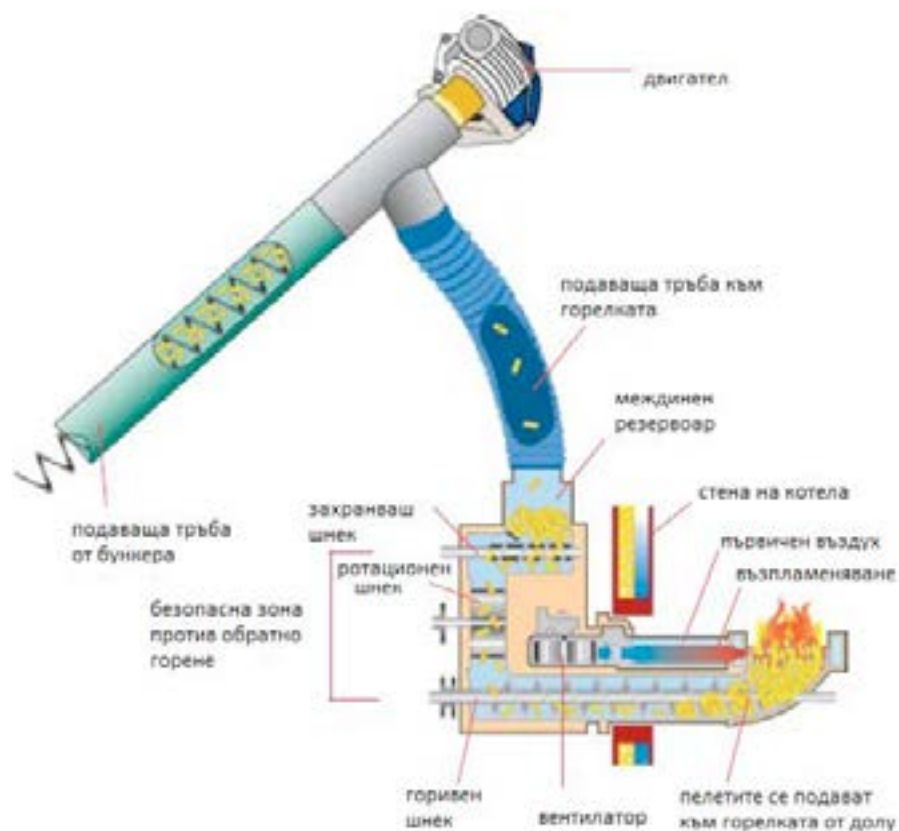
подаващата тръба върху междинния резервоар – фиг.1 [5]. От междинния резервоар на горелката, преминаването на горивото се регулира чрез ротационно устройство. Ротационното устройство позволява само една малка част материала да влезе в горивния шнек в даден момент. Целта на тази зона за безопасност е да се предотврати пожар от обратно горене в подаващата система на горелката.

Основните модули на горелката са:

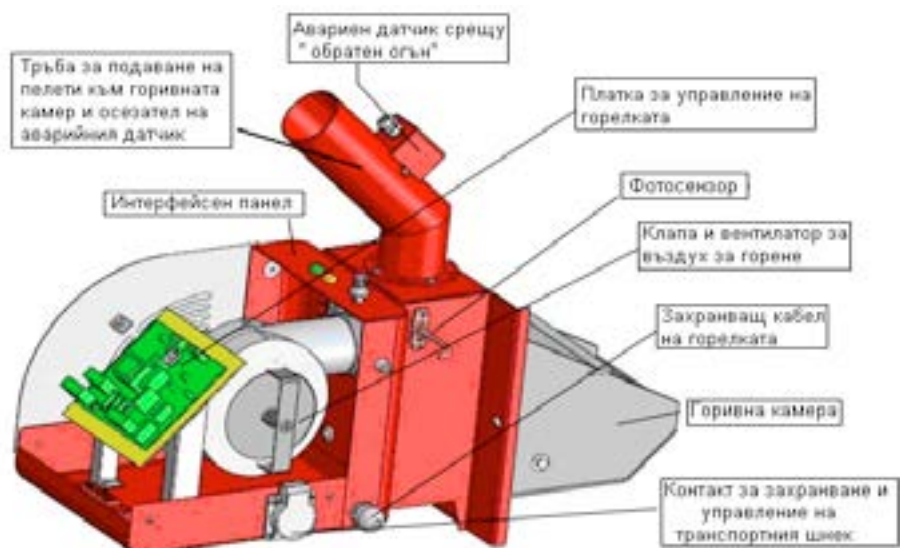
- Външен шнек за транспорт на горивото от бункер до основния модул;
- Гъвкава тръба;
- Основен модул.

Горелката е оборудвана с [6]:

- микропроцесорен контролер, който управлява работата на модулите на горелката;
- вентилатор за подаване на въздух за горене с датчик, чрез който се следи честотата му на въртене;
- електрически нагревател, чрез който се разпалва горивото;
- шнек за автоматизирано подаване на горивото от бункер към горелката;
- горивна камера, в която се реализира оптимизиран горивен процес;
- демонтируема скара, така че да осигури лесно почистване на горивната камера;
- фотосонда за динамично следене на горивния процес;
- интерфейсен панел със светлинна индикация;
- потенциометър за плавно регулиране на топлинната мощност на горелката в широк диапазон;



Фиг.1 Разрез на външна горелка



Фиг. 2 Разрез и елементи на основния модул на горелката от серията "GP";

Контролерът на горелката за водогрейни котли осигурява точно поддържане на зададената температура в отоплителната система, като контролира количеството подавано гориво. Температурата на топлоносителя в права и обратна посока се измерва чрез използване на датчици. Също така блокът за управление може да регулира производителността на горелката по зададена температура на въздуха в помещението.

Котли с вградена в тях горелка

Има реализирани различни технологии за оползотворяване на енергията на биомасата. Най-популярната от тях е скарното горене. Този процес се счита че е неутрален по отношение на отделянето в атмосферата на парникови газове – въглероден двуокис. Процесът на изгаряне на дървесината протича основно в 3 фази (сушене, разлагане, изгаряне), които зависят от температурата на горивния процес. При подаване на дървесината в горивната камера се осъществява нагряване на тази материя до достигане на такава температура, че започва изпарението на влагата. При процеса на изпарение температурата на горивото се запазва постоянна (най-често при атмосферни условия това е температура 100°C) до пълното изпарение на съдържащата се вода, която се отделя под формата на водна пара. След процес на сушене, при температура около 150°C дървесината е подложена на термично разлагане. Тази температура е достатъчна за да се отделят летливите газове от горивото. Игарянето се състои в пълното окисляване на газовете и това е фаза, която започва при 500°C и 600°C и продължава при температури около 1000°C [3,4]. Процесът на горене се обуславя от следните определящи фактори [3] :

- температура – При недостатъчно високи температури в горивната камера се получава непълно изгаряне на горивото, водещо до неизгорели въглеводороди и най-вече въглероден окис, които се отделят като вредни емисии през димоотвода. Това намалява ефективността на съоръжението, а също така може да причини вреди на самата инсталация и да доведе до нежелано замърсяване на въздуха. Също така не е препоръчително температурата, при която се реализира горивния процес да е над 1400°C, защото при такива условия започва формирането на вредности – азотни окиси (NO, NO₂, N₂O), които са реален замърсител на околната среда.

- време – друг важен параметър, чрез които се реализира възможността на горимите компоненти и кислорода от въздуха да се смесят и окислят.

- турбулентност – това е показател за степента на неравномерност на потоците от горими вещества и въздуха и интензивността на тяхното смесване, за да се осигури възможността за осъществяване на химическите реакции и отделяне на топлинна енергия.

Подаване на първичен въздух в котлите

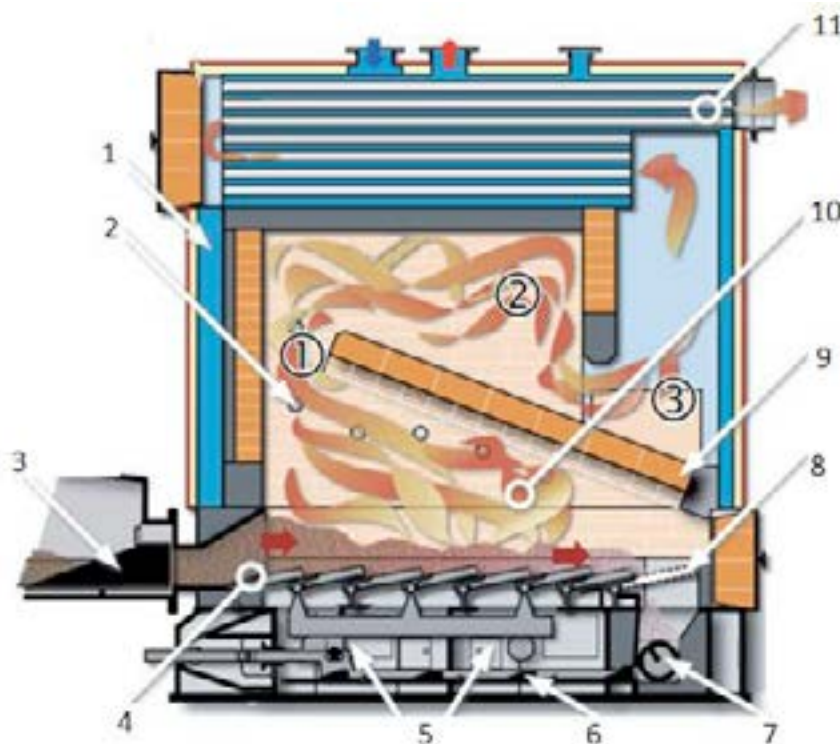
Въздухът за горене в горивната камера може да се раздели на първичен и вторичен, за да се подобри окислението на горимите газове и ефективността на горенето [3,4].

Първичният въздух може да се подаде в зоната на влизане на горивото в камерата, под самото гориво [7,8]. При запалването и загряването на горивото, този въздух е от съществено значение за повишаване на температурата на горене, за да се отделят газовете от тлеещата дървесина. При новите модели котли се използват вентилатор (задвижван от електродвигател) за подаване и контрол на запалването и процеса на горене.

Точното дозиране на въздуха, при всяка мощност, се извършва чрез изменение на оборотите на вентилатора, което става чрез автоматизирано управление. Управлението на количеството на въздуха, подаван към горивната камера позволява пълното изгаряне и поддържане на ниски емисии в димните газове.

Вторичният въздух се подава загрят след горивната камера. С помощта на измервателни уреди може да се определи точно необходимото количество въздух, който е необходим за горенето. Те измерват съдържанието на кислород, въглеродороди и температурата.

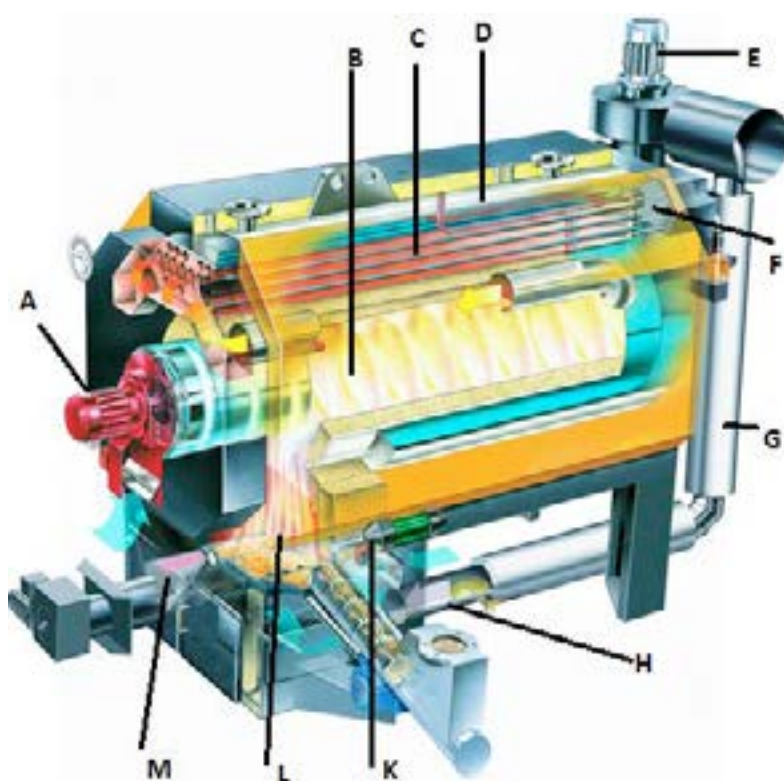
На фиг. 3 е показан триходов котел на австрийският производител Биндер оползотворяващ дървесина [7]. Горивната камера на котела е „потопена“ всестранно с водни ризи, което значително намалява топлинните загуби и повърхностната температура на котела. Стабилното изгаряне при малки емисии и максимален к.п.д. при всички степени на натоварване на котела се осигурява чрез свободната циркулация на горивния газ, получен от дървесното гориво чрез термично разграждане. Горещите газове минават през 3-ходовия теплообменник, който отнема допълнително топлината от тях. В ротационната зона 1 позволява оптимално смесване на неизгорелите димни газове. Най-горещата част на горивната камера е турболентната зона 2, където се осигурява пълно окисление на СО в СО₂. В последната зона 3, турболентните димни газове се успокояват и след това се изхвърлят през комина, летливата пепел се спуска и се установява.



Фиг.3. Разрез на котел

1- водна риза ; 2- Вторична подаване на въздух, ламбда контрол, с оптимално разположени дюзи за отлично смесване; 3- защита от обратно горене; 4- движещи се скари; 5 - Основен притока на въздух, ламбда контролирани, в зависимост от натоварването разпространение на горенето и горивната зона; 6-Пепелна стъргалка; 7- шнек, за отстраняване на пепелта в централния съд; 8- Скарен екран, предпазващ от увреждане причинено от отломки към пепелния шнек; 9- Радиациона арка, с оптимизиран въздушен поток; 10 Горивна камера- стохиометрично проектирана три зона система; 11- Почистване на топлообменника с пневматичен удър.

Котлите Pyrot фиг. 4 са с ротационно горене изгарящи биомаса [8]. Подаващ шнек придвижва постоянно горивото до движеща се скара, на която се извършва горенето (с точно управлявано подаване на първичния въздух). Непрекъснатото преминаване на горивото в газово състояние се извършва при отсъствие на кислород. Горивните газове (Syngas) се изкачват в ротационната горивна камера, където посредством ротационен вентилатор се смесват с вторичен въздух. Така се гарантира пълноценно изгаряне.



Описание на котела:

A Вторичен въздух, регулиран с ротационен вентилатор;
 B Ротационна горивна камера;
 C Топлообменник на котела;
 D Предпазен топлообменник;
 E Вентилатор за отработените газове с ламда сонда и сензор за температура;
 F Пневматично почистване;
 G Рециркулация на отработените газове, регулируема;
 H Първичен въздух, регулируем;
 K Вентилатор за запалване;
 L Движеща се с цялата си площ скара;
 M Изпразване на пепелта.

Фиг. 4 Разрез на котел Pyrot

Устройства за запалване

Повечето котли са снабдени с автоматични електронни устройства за запалване – снабдени са с електрически нагреватели. Някои от базовите модели са предназначени за ръчно запалване [3,4].

Електрическо запалване

Проектирано с цел да се добави елемент на автоматизация, този тип устройство представлява малък електрически елемент, разположен в близост до горелката и се управлява в режим на включване и изключване (най-често автоматично от модула за управление, възможно е и ръчно – чрез превключвател, намиращ се на контролното табло). Котлите с автоматично електрическо запалване се запалват при затворена врата на горивната камера и при включен вентилатор за отвеждане на димните газове. След първото запалване това дали огънят ще се разпали и ще продължи да гори се контролира от оптичен датчик. Термичните датчици и тези измерващи съдържанието на изгорелите газове управляват чрез притока на въздух качеството на горенето.

Енергоспестяващо изгаряне посредством ламбда-сонда

Самият горивен процес се следи от ламбда-сонда, за да се гарантира оптималното качество на горенето и да се намалят до минимум вредните емисии в димните газове [7,8].

Ламбда сонда е електронен датчик, който измерва пропорционалното съдържание на кислород в изходящите газове. Сондата се монтира в изходящия тракт на котела. Тя реагира на горивното натоварване, като автоматично регулира въздухът и / или доставка на гориво. Следи непрекъснато състава на изгорелите газове като по този начин се постига максимално добро изгаряне и минимални стойности на вредните емисии. Сензорната система предвижда стабилно горене без емисии върхове дори където качеството на горивото варира. Освен състава котелът следи и температурата на димните газове

Възможност за обратно отвеждане на отработените газове

При тази технология част от относително по-студените изходящи газове се отвеждат отново към зоната на горене, за да понижат температурата на пламъка. Те могат да бъдат засмукани обратно от дымоотвода. При смесването на отработените газове с първичния въздух се осигурява пълноценно изгаряне, което спомага за намаляване на образуването на азотните окиси (NOx). Контролираната рециркулация на димните газове регулира температурата на горене и съотношението въздух/гориво [7,8].

Чрез рециркулацията на димните газове се намалява и риска и образуването на отлагания.

Димоходните тръби изискват редовно и често почистване

- Повърхностите на топлообменника се почистват автоматично повреме на работа чрез вградени турболатори, които също така предотвратяват преминаването на димните газове от турбулентен в ламинарен режим. Те представляват спираловидни стоманени ленти които се поставят вътре в тръбите. По този начин се увеличава турбулентността на потока горещи димни газове и се интензифицира конвективното предаване на топлина към повърхността на тръбите, което от своя страна способства за повишаване ефективността на котела. Мястото на монтиране на турболизаторите обикновено е в тръбите от последния ход на котела [3,4].

- Система за автоматично почистване на тръбния сноп със сгъстен въздух [7,8]:

Целият тръбен топлообменник се почиства с периодични удари със сгъстен въздух по време на работа. Самият процес на почистване се извършва с последователно подвеждане на сгъстен въздух под налягане в отделните секции. Отделянето на пепелта от топлообменните тръби се извършва чрез много кратък, но силен пневматичен удар. Броят на почистващите операции в рамките на единица време (напр. на час) се съгласува с натоварването на котела. Отделният пълен процес на почистване се състои от последователни пневматични удари във всички секции на топлообменника.

Заради високото съпротивление в топлообменниците, котлите са снабдени със димосмукателен вентилатор за изгорелите газове. Той се грижи отоплителното съоръжение да получава оптимално количество въздух. Посредством константното налягане независимо от комина се постига високо ниво на сигурност при употреба.

Недостатъкът при тях е, че при покачване на скоростта на течението бива увеличана пепел. Затова възниква необходимостта от обезпрашителни съоръжения – особено необходими при инсталации, снабдени с вентилатори. Доказали своите качества са циклоните за почистване на димните газове от твърди вещества.

Контейнер за пепелта

Количеството пепел при пелетните системи трябва да бъде много по-малко (около 0.5%), спрямо това, получавано при оползотворяване на дърва за огрев в обикновените котли, защото пелетите са сухо, компактно и чисто гориво и пелетните технологии са високо ефективни. Контейнерите за пепел най-често се намират точно под пелетната горелка и трябва да бъдат почиствани на всеки 2 до 4 седмици. Някои котли са с автоматично

компресиране на пепелта, което удължава интервала между почистванията, а съществуват и котли с вграден шнек, който избутва пепелта от контейнера в отделен бункер, при което изпразването на бункера се прави веднъж годишно. За котлите ПИРОТ летлива пепел и пепелта на дъното автоматично се прехвърлят в централен пепелен контейнер, използвайки шнекове или конвейери, или пепелта се събира в интегрирани контейнери. В зависимост от съдържание на пепел на гориво, тези контейнери могат да бъдат оставени в продължение на няколко седмици, преди изпразване.

Системата за управление, защита и контрол на работата на автоматизираните котли трябва да осигурява възможност за автоматично поддържане на зададения топлинен режим, за регулиране на мощността в установени граници, а също така и за автоматично изключване на котела при аварийни ситуации или когато стойността на температурата или налягането на водата в котела достигне максимални допустими работни стойности.

Автоматизация и управление

Съществуват различни нива на автоматизация и съвършенство в начина на управление на котлите, но най-често в него са включени един магнет и термостат, чрез който се регулира топлинната мощност (контролирайки консумацията на гориво и количеството подаден въздух, посредством фабрично програмирани настройки и вградени сензори за постоянен самоконтрол и диагностика).

Повечето пелетни инсталации има вграден софтуер, който измерва температурите, и така контролира таймера, определя се концентрацията кислород в димните газове (чрез т.н. ламбда-сонда) и координира устройствата за безопасност.

Модулна конструкция

Управлението на котелната инсталация в повечето случаи се състои от вграден в котела модул (платка) и модул за управление. Дигиталното модулиращо управление на мощността осигурява оптимално изгаряне чрез точно регулиране на съотношението от въздух за горене, обратно вкарани отработени газове и гориво.

Литература

1. Описание на Списъка на допустимите материали и оборудване (СДМО)
2. Н. Станков, Проверка за енергийната ефективност на водогрейни котли
3. Dilwyn Jenkins, Wood pellet heating systems, the earthscan expert handbook for planning, design and installation
4. Sjaak van Loo and Jaap Koppejan, The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, London, VA
5. www.thermia.fi, Thermia Pellet Heating
6. www.erato.bg
7. www.binder-gmbh.at
8. <http://www.viessmann.bg>

Автори

маг. инж. Грета Петрова Събева, ТУ-София, e-mail: greta_p_s@abv.bg
доц. д-р инж. Никола Бориславов Станков, ТУ-София, e-mail : nstankov@tu-sofia.bg