

MOŻLIWOŚCI OBNIŻENIA KOSZTÓW ZAKUPU BIOMASY

do produkcji energii cieplnej lub elektrycznej



mgr inż. Andrzej Zuber
EKOZUB Sp. z o.o.

Rosnące ceny paliw stałych i restrykcyjne opłaty za emisje zmuszają przedsiębiorstwa energetyczne do szukania natychmiastowych oszczędności. Kluczem do obniżenia kosztów nie musi być wymiana infrastruktury, lecz choćby maksymalizacja sprawności obecnych kotłów poprzez eliminację osadów. Praktyka pokazuje bowiem, że wdrożenie nowoczesnych systemów automatycznego czyszczenia pozwala zmniejszyć zużycie paliwa nawet o kilka procent.

Podstawowym zadaniem każdego przedsiębiorstwa jest obniżenie kosztów produkcji energii cieplnej lub elektrycznej. W szczególności dotyczy to ciepłowni lub elektrociepłowni, gdzie spalane są paliwa stałe (różnego rodzaju biomasa lub miał węglowy). Jednym ze sposobów jest tu wzrost sprawności kotłów lub wymienników ciepła.

W czasie spalania paliw stałych na powierzchniach wymiany ciepła od strony spalin gromadzą się osady, które ograniczają wymianę ciepła. Jeśli kotły lub wy-

mienniki ciepła nie mają zabudowanych systemów czyszczenia w celu usuwania osadów, rośnie temperatura spalin wylotowych. Problem ten występuje również w przypadku zabudowy mało efektywnych systemów czyszczenia.

W Polsce i Europie używane są różne systemy czyszczenia powierzchni wymiany ciepła, w tym generatory fal uderzeniowych wykorzystujące energię sprężonego powietrza, obijaki elektromagnetyczne lub pneumatyczne, generatory fal uderzeniowych stosujące energię gazów palnych (propan lub butan), zdmuchiwalce parowe lub powietrzne, pyłofony czy nirafony oparte o falę akustyczną oraz zawory szybkootwierające sprężonego powietrza. Często również praktykowana jest metoda przedmuchiwania przez obsługę powierzchni wymiany ciepła sprężonym powietrzem lub odstawienie kotła do ręcznego czyszczenia. Każdy z powyższych systemów czyszczenia ma swoje plusy i minusy. Z jednej strony trzeba zwracać uwagę na koszty zabudowy systemów czyszczenia, a z drugiej na koszty eksploatacyjne. Trzecim kryterium, które najczęściej jest jednak pomijane, powinna być skuteczność czyszczenia (usuwania osadów).

Analizując plusy i minusy poszczególnych systemów czyszczenia najbardziej racjonalne wydaje się zastosowanie technologii fali uderzeniowej z użyciem energii sprężonego powietrza.

FOT. 1
Instalacja czyszczenia kotła WR-10 oparta o generatory fal uderzeniowych sprężonego powietrza.
Źródło: zasoby autora



Metoda bezpośrednia oceny możliwości uzyskania oszczędności finansowych dla spalania mialu węglowego

Praktycznie każde przedsiębiorstwo wykorzystujące paliwa stałe do produkcji ciepła lub pary ma możliwość uzyskania oszczędności w paliwie od 2% do 5%. Dla oszacowania oszczędności rocznych dla przykładu analizujemy źródło ciepła o mocy 15 MW, produkujące energię cieplną na poziomie 10 MW. Roczną pracę źródła zakładamy na poziomie 8 000 h. W tym momencie, przy sprawności źródła na poziomie 82%, zużywamy 15 200 t mialu węglowego na rok (1,9 t/h x 8 000 h i średnia wartość opałow 23 000 kJ/kg). Zakładając średni wzrost sprawności o 3% oraz koszt mialu węglowego w wysokości 500 zł/t uzyskujemy rocznie kwotę oszczędności 230 000 zł (3% x 500 zł/t x 1,9 t/h x 8000 t/h). Jeśli przedsiębiorstwo podlega pod ETS (moc źródła powyżej 20 MW), to w tym momencie na tonę spalonego mialu węglowego potrzebujemy uwzględnić w kosztach dwa certyfikaty (emisja dwutlenku węgla) o łącznej wartości około 700 zł. Wówczas dodatkowe oszczędności wynikające z braku opłat za emisję dwutlenku węgla wynoszą rocznie 320 000,00 zł (3% x 700 zł/t x 1,9 t/h x 8000 t/h).

Podsumowując: jeżeli kocioł lub źródło pracują z mocą 10 MW przez 8 000 godzin w roku, to stosując efektywny system czyszczenia można uzyskać roczne oszczędności na poziomie 550 000,00 zł.

Każde przedsiębiorstwo ewidencjonuje ilość spalonego mialu węglowego w ciągu roku. W tym momencie bardzo prosto można oszacować roczne oszczędności dla danego źródła – wystarczy pomnożyć ilość zakupionego opału przez koszty jego zakupu (koszty mialu węglowe, transport, magazynowanie, nawęglanie, ewentualnie dwa certyfikaty CO₂ od każdej tony spalonego mialu węglowego). Każdorazowo należy oszacować możliwość wzrostu sprawności kotła liczoną w procentach. Wstępnie można przyjąć oszczędności na poziomie 3%.

Wzór na oszacowanie oszczędności rocznych ze spalania mialu węglowego:

$z \text{ [zł/rok]} = m \text{ [t/rok]} \times k \text{ [zł/t]} \times \eta \text{ [%]}/100$, gdzie:
 $z \text{ [zł/rok]}$ – roczne oszczędności wynikające z zabudowy efektywnego systemu czyszczenia,
 $m \text{ [t/rok]}$ – ilość spalonego mialu węglowego na rok,
 $k \text{ [zł/t]}$ – koszt zakupu mialu węglowego,
 $\eta \text{ [%]}$ – szacowany wzrost sprawności na poziomie 3%.

Metoda bezpośrednia oceny możliwości uzyskania oszczędności finansowych dla spalania pelletu w kotłach rusztowych po przeprowadzeniu konwersji

W przypadku spalania pelletu w kotłach rusztowych spalających wcześniej mial węglowy sprawa kosztów w paliwie się komplikuje. W zakresie mialu węglowego można przewidywać minimalny wzrost cen w ciągu najbliższych lat. W przypadku pelletu jego cena będzie zależna od popytu, który ciągle

rośnie. Przeprowadzając podobną kalkulację jak dla mialu węglowego można przyjąć wartość opałow pelletu w wysokości 17 000 kJ/kg oraz jego cenę na poziomie 1 000,00 zł/t. Przyjmując 8 000 godzin w roku, średnią moc źródła na poziomie 10 MW oraz sprawność 80% potrzebujemy spalić 2,6 t/h pelletu. W przypadku spalania go w kotłach rusztowych, stosując efektywny system czyszczenia, można przyjąć wzrost sprawności o 5%. W tym momencie w ciągu roku uzyskujemy oszczędności 1 040 000 zł (5% x 1 000,00 zł x 2,6 t/h x 8 000 h).

Wzór na oszacowanie oszczędności rocznych ze spalania pelletu:

$z \text{ [zł/rok]} = m \text{ [t/rok]} \times k \text{ [zł/t]} \times \eta \text{ [%]}/100$, gdzie:

$z \text{ [zł/rok]}$ – szacowane oszczędności na rok,

$m \text{ [t/rok]}$ – ilość spalonego pelletu na rok,

$k \text{ [zł/t]}$ – koszt zakupu pelletu,

$\eta \text{ [%]}$ – szacowany wzrost sprawności.

”

W większości zakładów istnieją ogromne rezerwy finansowe związane ze zmniejszeniem zużycia biomasy lub mialu węglowego

Szacowany wzrost sprawności

W szybkiej metodzie oceny możliwości uzyskania oszczędności finansowych największy błąd można popełnić w oszacowaniu wskaźnika wzrostu sprawności. Pozostałe wielkości są przyjmowane z dużą dokładnością. Jeśli przeprowadzamy analizę oszczędności w ciągu roku to wpływ wartości opałow na popełnienie dużego błędu jest mały. Wieloletnie doświadczenie oraz sporo zrealizowanych obiektów potwierdza możliwość wzrostu sprawności powyżej 2% praktycznie na każdej kotłowni, choć na większości obiektów jest on powyżej 3% (zdarzają się nawet kotłownie, gdzie wzrost sprawności rocznej można przyjąć na poziomie dochodzącym do 8%).

Podczas konwersji kotłów rusztowych do spalania pelletu można przyjąć dla wydajności nominalnej kotła zwiększenie sprawności na poziomie 5%. Tak znaczna zmiana wynika z szybszego zabrudzania się kotła i wzrostu temperatury spalania.

Strata kominowa wg wzoru Siegerta

Bardziej dokładnym i naukowo potwierdzonym sposobem określenia wzrostu sprawności (zmniejszenia zużycia paliwa) jest metoda pośrednia, gdzie analizuje się stratę kominową (wylotową) z kotła, inaczej nazywaną stratą wylotową. Jest to ciepło tracone wraz ze spalinami uciekającymi przez komin.

FOT. 2

Kocioł rusztowy WR-25 opalany miałem węglowym, który może spalać pellet. Źródło: zasoby autora



Wpływ na wielkość straty kominowej ma zawartość tlenu w spalinach oraz temperatura spalin wychodzących z kotła. Stratę tą oblicza się najczęściej za pomocą uproszczonego wzoru Siegerta:

Strata wylotowa (Sk) = $(T_{spal} - T_{otocz}) \times (A1 / CO_2 + B)$,
gdzie:

T_{spal} [°C] – temperatura spalin mierzona na wylocie z kotła,

T_{otocz} [°C] – temperatura powietrza do spalania,

$A1$ i B – stałe współczynniki zależne od rodzaju spalane paliwa,

CO_2 – zawartość dwutlenku węgla w spalinach.

Dwutlenek węgla (CO_2) można przeliczyć znając zawartość tlenu w spalinach według wzoru:

$CO_2 = CO_{2max} (1 - O_2\% / 20,95\%)$,

gdzie:

CO_{2max} – zawartość dwutlenku węgla dla stechiometrycznej ilości tlenu do spalania,

$O_2\%$ – zmierzona zawartość tlenu w spalinach.

Stosując wzór Siegerta można do analizy straty wylotowej dla spalania biomasy lub mialu węglowego przyjąć z niedużym błędem te same stałe współczynniki. W naszym przypadku współczynnik $A1 = 0,65$,

współczynnik $B = 0$, a $CO_{2max} = 19,4$. Temperaturę otoczenia można przyjąć 15°C.

Dla ułatwienia analizy straty wylotowej można stworzyć tabelę.

Analizując stratę kominową z uwzględnieniem temperatury spalin przy tej samej zawartości tlenu (O_2) widać, że poprzez każde jej obniżenie o 20°C uzyskujemy wzrost sprawności kotła o jeden procent. Spadek zawartości tlenu (O_2) o 2% oraz temperatury spalin o 20°C daje wzrost sprawności kotła o dwa procent, a co za tym idzie – zmniejszenie zużycia paliwa o taką samą wartość.

Analiza oszczędności dla konkretnego kotła lub wymiennika

Większość kotłów lub wymienników ciepła jest aktualnie opomiarowana, a dane archiwizowane. Analizę parametrów najlepiej przeprowadzić w skali roku. Z pomiarów wiemy, ile godzin przepracował kocioł w roku oraz ile zużył paliwa. Jego moc można uśrednić w stosunku do ilości przepracowanych godzin. Z danych archiwalnych możemy uzyskać, jaka jest strata kominowa dla określonej wydajności kotła po ręcznym wyczyszczeniu i uruchomieniu.

W czasie pracy kocioł stopniowo się zabrudza i rośnie temperatura spalin. Wraz z tym rośnie strata kominowa – aż do momentu, kiedy kocioł jest odstawiany i ręcznie czyszczony. Średnio odbywa się to co dwa lub trzy miesiące; w niektórych przypadkach pojawia się konieczność częstszego odstawiania kotła lub ręcznego przedmuchiwania w czasie jego pracy.

Po zabudowaniu efektywnego systemu czyszczenia można założyć, że nie następuje wzrost temperatury spalin i nie ma potrzeby odstawiania kotła do ręcznego czyszczenia. W tym momencie łatwo policzyć, ile możemy zaoszczędzić na paliwie w skali roku. Z naszego doświadczenia oraz wyliczeń użytkowników z zabudowanymi i efektywnymi systemami czyszczenia zmniejszenie zużycia węgla lub biomasy kształtuje się na poziomie 3%. Dla kotłów rusztowych modernizowanych do spalania pelletu poziom ten może być wyższy i dochodzić do poziomu 5%.

Opisane powyżej oszczędności zostały osiągnięte na wielu kotłach, w tym na WR-10, gdzie analizę przeprowadzono dla porównywalnego okresu przed i po zabudowie efektywnego systemu czyszczenia. W ana-

TAB. 1

Strata kominowa w zależności od temperatury spalin oraz zawartości tlenu. Źródło: zasoby autora

Tlen %	T sp. °C	delta T °C	Sk %
13	180	165	14,57
12	180	165	12,94
11	180	165	11,64
10	180	165	10,58
9	180	165	9,69
8	180	165	8,94
7	180	165	8,30
6	180	165	7,75
5	180	165	7,26
4	180	165	6,83

Tlen %	T sp. °C	delta T °C	Sk %
13	160	145	12,80
12	160	145	11,37
11	160	145	10,23
10	160	145	9,30
9	160	145	8,52
8	160	145	7,86
7	160	145	7,30
6	160	145	6,81
5	160	145	6,38
4	160	145	6,00

Tlen %	T sp. °C	delta T °C	Sk %
13	140	125	11,04
12	140	125	9,80
11	140	125	8,82
10	140	125	8,01
9	140	125	7,34
8	140	125	6,78
7	140	125	6,29
6	140	125	5,87
5	140	125	5,50
4	140	125	5,18

Tlen %	T sp. °C	delta T °C	Sk %
13	120	105	9,27
12	120	105	8,23
11	120	105	7,41
10	120	105	6,73
9	120	105	6,17
8	120	105	5,69
7	120	105	5,28
6	120	105	4,93
5	120	105	4,62
4	120	105	4,35

Tlen %	T sp. °C	delta T °C	Sk %
13	100	85	7,50
12	100	85	6,67
11	100	85	6,00
10	100	85	5,45
9	100	85	4,99
8	100	85	4,61
7	100	85	4,28
6	100	85	3,99
5	100	85	3,74
4	100	85	3,52

lizowanym przypadku uzyskano efekt zmniejszenia zużycia mialu węglowego o około 2,6%, co przełożyło się na konkretne efekty ekonomiczne.

Konwersja kotłów rusztowych do spalania pelletu lub różnego rodzaju biomasy

Problem zabrudzania się osadami popiołowymi pęczków konwekcyjnych kotłów i wymienników jest bardzo istotny z punktu zmniejszenia zużycia mialu węglowego lub biomasy. Im bardziej efektywny system czyszczenia zabudujemy, tym większe osiągniemy efekty ekonomiczne.

Analizując bieżące parametry kotła obliczenie efektu ekonomicznego jest stosunkowo proste i łatwe do wykonania. Większość kotłów, z uwagi na zabrudzenie się powierzchni wymiany ciepła, jest przewymiarowana w stosunku do zakładanej wydajności. Podczas spalania biomasy w kotłach rusztowych następuje bardziej intensywne zabrudzanie się powierzchni wymiany ciepła. Pomimo mniejszej zawartości popiołu w peliecie w stosunku do mialu węglowego na wielu obiektach obserwuje się bardzo intensywne zaleganie osadów na pęczkach konwekcyjnych i wzrost temperatury spalin w krótkim czasie. Jedynym rozsądnym rozwiązaniem w tym przypadku jest zabudowa efektywnego systemu czyszczenia.

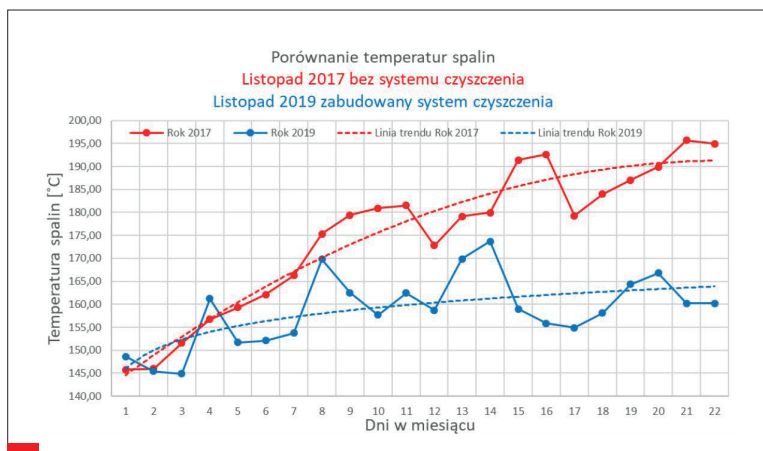
Dlaczego należy dążyć do jak najwyższej sprawności?

W wielu przedsiębiorstwach można uzyskać konkretne efekty ekonomiczne poprzez stosunkowo nieduże nakłady. Im wyższa sprawność kotła, tym mniej spalimy biomasy lub mialu węglowego. A im mniej spalimy paliwa, tym mniej wyemitujemy szkodliwych związków do otoczenia.

Strata kominowa jest największa i w pierwszej kolejności należy z nią walczyć. W tym celu trzeba utrzymać temperaturę spalin na niskim poziomie, niezależnie od wydajności kotła oraz obniżyć zawartość tlenu w spalinach. Związane jest to z ograniczeniem fałszywego powietrza, ogrzewanego i nieuczestniczącego w procesie spalania. Jednakże jeśli ograniczymy zawartość tlenu w spalinach, to bez efektywnego systemu czyszczenia bardzo szybko wzrośnie nam temperatura spalin wylotowych z kotła.

Ważnym czynnikiem w czasie eksploatacji kotła jest podciśnienie w komorze paleniskowej. Niskie podciśnienie gwarantuje nam mniejsze zasysanie fałszywego powietrza oraz mniejszy unos popiołu na powierzchnie konwekcyjne. Zmniejsza się również zawartość tlenu w spalinach, a co za tym idzie – mniej spala się biomasy lub mialu węglowego.

W większości zakładów istnieją ogromne rezerwy finansowe związane ze zmniejszeniem zużycia biomasy lub mialu węglowego. Nie trzeba zlecać kosztownych audytów energetycznych, aby samemu



RYS. 1

Temperatura spalin kotła WR-10 przed i po zabudowie efektywnego systemu czyszczenia.
Źródło: zasoby autora



FOT. 3

Kocioł biomasy o mocy 3 MW polskiej firmy JARDREW.
Źródło: zasoby autora

ocenić możliwości zaoszczędzenia pieniędzy. Wystarczy sprawdzić, jakie są roczne koszty zakupu mialu węglowego lub biomasy i pomnożyć tą wielkość przez trzy procent. Wynik będzie na tyle wysoki, że błąd, jaki popełnimy przy tych obliczeniach, nie będzie miał znaczenia. Można bardziej precyzyjnie oszacować oszczędności poprzez analizę straty kominowej, ale wymaga to czasu i wiedzy. Z naszego doświadczenia wynika, że zwrot poniesionych nakładów na efektywny system czyszczenia oraz inne proste działania modernizacyjne jest liczony w miesiącach i nie przekracza jednego roku. Poprzez zmniejszenie ilości spalanej biomasy albo mialu węglowego zmniejszamy również ilość emitowanych związków szkodliwych do atmosfery, w tym dwutlenku węgla. Działamy zgodnie z zasadami zielonej transformacji, przy okazji zarabiając pieniądze. ■