

SUSZENIE ZIARNA ENERGIAŁ UZYSKANĄ ZE SPALANIA BIOMASY

Jan Jech*, Stanisław Sosnowski**, Jozef Mészáros***

* Slovenská Poľnohospodárska Univerzita v Nitre, Mechanizačná Fakulta

** Uniwersytet Rzeszowski, Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej,
Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna w Ropczycach

*** AGRO Divizja s.r.o. Selice

Streszczenie. W pracy przedstawiono adaptację suszarni do ziarna typu CHIEF CBS 14-6, zasilanej gazem ziemnym na spalanie słomy zbożowej i odpadów procesu czyszczenia nasion. Określono ocenę wydajności suszarni i zużycie energii, jak również dokonano analizy ekonomicznej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono znaczące oszczędności finansowe przy zastosowaniu paliwa w postaci słomy i odpadu czyszczonego ziarna, które wynosiły $171,22 \text{ Sk t}^{-1} = 5,07 \text{ € t}^{-1}$ suchego surowca, co w skali roku przedstawiało kwotę $2\,064\,500,56 \text{ Sk} = 61\,116,0 \text{ €}$.

Słowa kluczowe: suszenie ziarna, spalanie słomy, nakłady finansowe.

WSTĘP

Ogólnie istnieje przekonanie, że biomasa w przyszłości może stanowić podstawowe alternatywne źródło energii, które zastąpić może w dużym stopniu zmniejszające się zasoby klasycznych źródeł energetycznych (węgiel, ropa, gaz ziemny) [3,4].

W czasie spalania paliw nieodnawialnych dochodzi do powstawania szkodliwych gazów pogłębiających efekt cieplarniany wpływający na ocieplanie naszej planety [1,2].

Biomasa przedstawia znaczący energetyczny potencjał występujący równomiernie na obszarze Słowacji. Do najważniejszych surowców pochodzenia rolniczego należy wymienić słomę zbożową i rzepakową, jak również drewno odpadowe, pochodzące z pielęgnacji sadów i winnic.

Sygnatariusze dokumentów końcowych w Kioto i Johannesburgu zobowiązali się zwiększyć udziały produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii do poziomu 12% w 2010 r., oraz ograniczyć emisję CO_2 o 8% w stosunku do 1999 r. [4]. Jest to więc ogromne zadanie z uwagi na to, że obecnie energia ze źródeł odnawialnych stanowi zaledwie 5% całej wykorzystywanej energii pierwotnej. Przedstawione zobowiązania dotyczą również państwa słowackiego jako członka UE.

Słowackie rolnictwo posiada możliwość produkowania aż 46,5 PJ energii z biomasy pochodzenia roślinnego bez negatywnego oddziaływania na ilość potrzebnych pasz dla zwierząt i na żyzność gleby. Przedstawiona możliwość produkcji energii pięciokrotnie przekracza obecne zapotrzebowanie energetyczne w rolnictwie [5,6].

Biomasa pochodzenia roślinnego (fitomasa) w rolnictwie może być między innymi stosowana do produkcji ciepła wykorzystywanego przy suszeniu płodów rolnych [7].

CEL I METODYKA BADAŃ

W pracy przedstawiono adaptację suszarni ziarna typu CHIEF CBS 14-6, ogrzewanej gazem ziemnym na paliwo w postaci słomy zbożowej i odpadów z czyszczenia ziarna.

Zakres pracy obejmował:

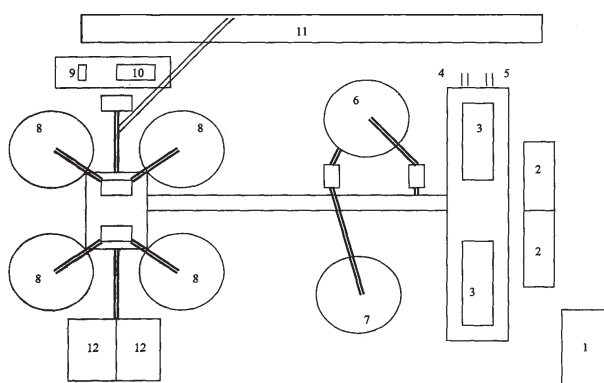
- zmiany konstrukcyjno-technologiczne,
- bilans produkcji słomy w gospodarstwie,
- analizę zużycia słomy i odpadów z czyszczenia ziarna do suszenia ziarna kukurydzy,
- ocenę wydajności suszarni i zapotrzebowania na energię elektryczną,
- ocenę wskaźników ekonomicznych dotyczących efektywności poniesionych kosztów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacji.

Pomiary przeprowadzono w okresie 2006–2007 przy suszeniu ziarna kukurydzy. Wskaźniki eksploatacyjne i ekonomiczne określono na podstawie danych analitycznych z wymienionego okresu pracy suszarni. Zastosowany kocioł do spalania słomy jest prototypem wykonanym we własnym zakresie w ramach modernizacji suszarni.

OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań była suszarnia ziarna typu CHIEF CBS 14-6 (USA) wchodząca w skład linii technologicznej do obróbki pozbiorowej ziarna, znajdującej się w Przedsiębiorstwie Rolnym AGRO Divizja sp. z o.o. w Selicach pow. Šala (Republika Słowacka).

Schemat linii technologicznej do pozbiorowej obróbki ziarna przed jej adaptacją przedstawia rys. 1. W skład linii technologicznej wchodzi: waga, kosz zasypowy, dwie czyszczalnie typu PETKUS (K-527 i K-547A), dwie suszarnie CHIEF CBS 14-6 łącznie z palnikami i wentylatorami, cztery zbiorniki silosowe typu VITKOVICE (4000 t), cyklony wraz z filtrami oraz różnego typu przenośniki.



Rys. 1. Schemat linii technologicznej do pozbiorowej obróbki ziarna przed jej adaptacją: 1 – waga, 2 – kosz zasypowy, 3 – czyszczalnie, 4 – grube zanieczyszczenia, 5 – drobne zanieczyszczenia, 6, 7 – suszarnie, 8 – zbiorniki, 9 – czyszczalnia, 10 – tryjer, 11 – magazyn, 12 – rozładownicze przenośniki ze zbiornikiem

Fig. 1. Scheme of the processing line for post-harvest grain processing before its adaptation: 1 – scales, 2 – charging hopper, 3 – corn cleaners, 4 – coarse impurities, 5 – fine impurities, 6, 7 – dryers, 8 – tanks, 9 – corn cleaner, 10 – trieur, 11 – store, 12 – discharging conveyor with a tank

Schemat technologiczny suszarni typu CHIEF CBS 14-6 przedstawia rys. 2, a jej techniczne parametry zamieszczono w tab. 1.



Rys. 2. Schemat technologiczny suszarni CBS CHIEF 14-6: 1 – rusztowa podłoga, 2 – przenośnik, 3 – ślimakowe mieszadło, 4 – ślimakowy przenośnik rozładowniczy, 5 – wentylator, 6 – palniki gazowe
Fig. 2. Technological scheme of CBS CHIEF 14-6 grain dryer: 1 – grate floor, 2 – conveyor, 3 – auger mixer, 4 – discharge auger conveyor, 5 – fan, 6- gas burners

Tab. 1. Parametry techniczne suszarni CHIEF CBS 14-6
Tab. 1. Technical parameters of the CHIEF CBS 14-6 grain dryer

Parametr	Jednostka miary	Wartość
Rozmiary zbiornika:		
– średnica	m	12,80
– wysokość przy obwodzie	m	4,90
– wysokość przy wierzchołku	m	8,91
– grubość warstwy suszonego ziarna	m	2,50
– wydajność	t·h ⁻¹	15
– zużycie gazu ziemnego	m ³ ·h ⁻¹	70-194
– maksymalna ilość odparowanej wody	kg·h ⁻¹	2000
– zainstalowana moc	kW	120

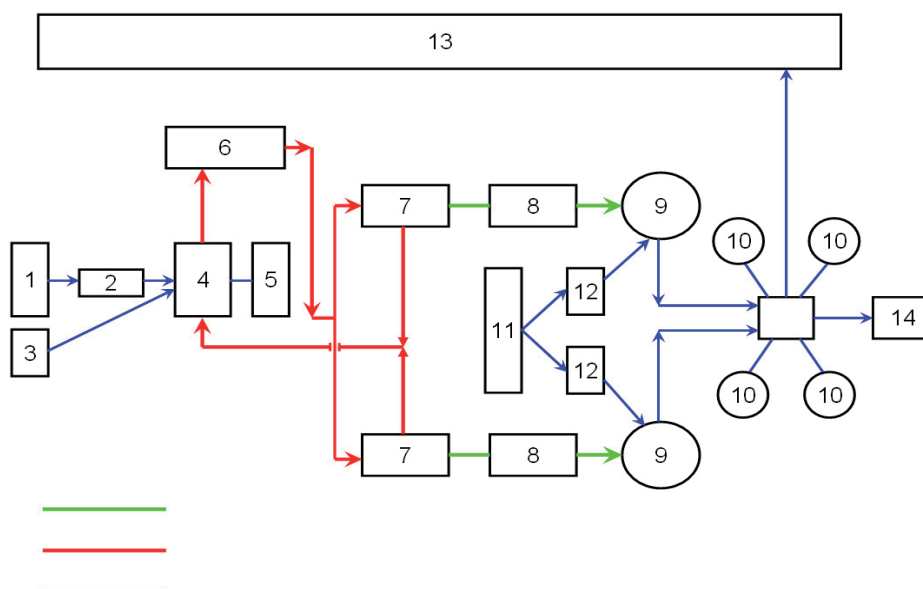
W suszarni w ciągu roku wysuszone średnio 10124,03 t ziarna. Zużycie ciepła na 1 kg odparowanej wody z surowca w poszczególnych latach wynosił od 4,376 do 6,410 MJ·kg⁻¹

WYNIKI BADAŃ

W związku ze zmianą nośnika energetycznego, jakim był gaz ziemny, na paliwo w postaci biomasy (słoma zbożowa i odpad z czyszczonego ziarna) należało dokonać zmian techniczno-technologicznych suszarni takich jak:

- zainstalowanie kotła wodnego i filtrów spalin,
- zamontowanie automatycznego sterowania spalania i ogrzewania wody.

Wprowadzone adaptacje w linii technologicznej dotyczyły wyłącznie suszarni, w której wymieniono kocioł gazowy na kocioł do spalania słomy i odpadów czyszczenia ziarna. Do ogrzewania czynnika suszącego zastosowano wymiennik ciepła, co umożliwiło również spełnienie kryteriów bezpieczeństwa i wysokiej jakości suszonych płodów rolnych zawartych w kryteriach HACCP. Schemat linii technologicznej do pozbiorowej obróbki ziarna po rekonstrukcji przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schemat linii technologicznej do obróbki ziarna po dokonanej adaptacji: 1 – skład balotów słomy z przenośnikiem podającym, 2 – dozownik słomy z urządzeniem tnącym, 3 – dozownik odpadów po czyszczeniu ziarna, 4 – piec, 5 – oddzielacz (filtr) spalin, 6 – zbiornik na ogrzaną wodę (20 m³), 7 – wymienniki ciepła, 8 – wentylatory, 9 – komory suszenia, 10 – stalowe sita z aktywnym przewietrzaniem, 11 – kosz zasypowy, 12 – czyszczalnie, 13 – magazyn, 14 – rozładowniczy zasobnik

Fig. 3. Scheme of the processing line for grain processing after the adaptation: 1 – straw bales store with feeding conveyor, 2 – straw feeder with cutting device, 3 – feeder for grain cleaning waste, 4 – furnace, 5 – waste gas separator (filter), 6 – container for heated water (20 m³), 7 – heat exchangers, 8 – fans, 9 – drying chambers, 10 – steel screens with active ventilation, 11 – charging hopper, 12 – corn cleaners, 13 – store, 14 – discharging container

Techniczne parametry zastosowanego kotła typu BIOLANG TSZB-045 (prototyp) przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Techniczne parametry kotła typu BIOLANG TSZB-045
 Tab. 2. Technical parameters of the BIOLANG TSZB-045 boiler

Parametr	Jednostka miary	Wartość
Wydajność kotła	MW	4,5
Temperatura wody przed wymiennikiem	°C	60-74
Temperatura wody za wymiennikiem	°C	50-55
Moc kotła	kW	105
Zbiornik akumulacyjny na ciepłą wodę	m ³	20
Zużycie biomasy (słomy)	t·h ⁻¹	0,34 – 0,86

Spalanie słomy przebiegało równomiernie zgodnie z ustawionymi wcześniej parametrami. Prostopadłościennne baloty słomy były przecinane według wcześniej zadanych wielkości i podawane przenośnikiem do paleniska. Powstające spaliny przechodziły przez filtr (typu Multicyklon o wydajności 20.000 m³·h⁻¹), gdzie zatrzymywane były drobne pyłki. Kocioł posiadał zbiornik akumulacyjny na ciepłą wodę. W całym systemie znajdowało się 20 m³ wody, która podgrzewana była do temp. 60 – 70°C. Woda o tej temperaturze przechodziła do wymienników ciepła każdej suszarni oddzielnie. Wentylatory zasysały zimne powietrze przez wymiennik ciepła, w wyniku czego powietrze ogrzewało się do temperatury około 55 – 60°C i było tłoczone do komór suszących.

Rozwiązanie konstrukcyjne kotła, filtrów spalin, systemu regulacji spalania i ogrzewania wody jest obecnie objęte postępowaniem patentowym i nie może być dokładnie opisane.

Prototyp zastosowanego kotła eksploatowany był od października 2007 r. i pracował w sposób ciągły przez 39 dni bez żadnych przestojów. W tym okresie nie odnotowano żadnych usterek technicznych czy technologicznych.

Możliwości pozyskania słomy i odpadów z czyszczenia ziarna w ramach własnej działalności przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo AGRO Divizja w Selicach uprawia głównie pszenicę i jęczmień. Uzyskiwane plony słomy oraz ilości odpadów z procesu czyszczenia ziarna przedstawiono w tab. 3.

Całkowita wartość biomasy pozyskiwanej w ramach działalności rolniczej wynosiła 3 672,98 ton.

Tab. 3. Plon słomy i odpady z czyszczenia ziarna
 Tab. 3. Straw crop and grain cleaning waste

Roślina, odpad	Powierzchnia [ha]	Plon słomy [t·h ⁻¹]	Całkowita masa słomy [t]
Pszenica	779,76	3,05	2378,27
Jęczmień	421,15	2,50	1052,88
Odpad	—	—	241,83
Całkowita ilość biomasy			3672,98

Zużycie gazu do suszenia ziarna i innych nasion

W okresie 2007 r. na badanej linii technologicznej suszono następujące ilości poszczególnych rodzajów ziarna i nasion (tab. 4).

Pierwszą pozycję pod względem ilości suszonego surowca zajmuje ziarno kukurydzy, a następnie pszenicy i jęczmienia. Przedsiębiorstwo wykonywało również usługi innym dostawcom, dlatego asortyment przerabianego surowca był szeroki.

Tab. 4. Ilości wysuszonego ziarna
Tab. 4. Amounts of dried grain

Roślina	Ilość [t]	Uwagi
Pszenica	6243,85	Przedstawione wartości dotyczą 2007 r.
Jęczmień	3178,12	
Słonecznik	8,79	
Rzepak	203,96	
Kukurydza	12057,59	
Ogółem	24183,49	

Średnie zużycie gazu ziemnego przy suszeniu ziarna w 2005 i 2006 r. wynosiło 358 646 m³. Przedsiębiorstwo planuje zwiększenie usług do poziomu 30 000 ton, co spowodowałoby wzrost zapotrzebowania na gaz do ponad 400 000 m³ w ciągu sezonu.

Zapotrzebowanie biomasy na suszenie ziarna

Do obliczeń zapotrzebowania biomasy wzięto pod uwagę średnią wartość cieplną wykorzystywanej słomy i gazu (tab. 5)

Tab. 5. Wydajność cieplna stosowanych nośników energii
Tab. 5. Calorific effect of the used energy carriers

Rodzaj biomasy	Wartość cieplna MJ·kg ⁻¹	Uwagi
Słoma pszeniczna	15,04 – 16,78	Wartość cieplna zależy od jakości słomy, wilgotności, itp. Przedstawiono wartość średnią.
Słoma jęczmienna	14,77 – 15,86	
Średnia wartość	14,91 – 16,32	
Gaz ziemny	42,0	

W naszym przypadku ciśnienie na zaworze regulacyjnym przed palnikiem wynosiło 20 kPa. Średnia temperatura powietrza na zewnątrz stanowiła 15°C. Na podstawie przedstawionych danych określono zużycie słomy. Do obliczeń brano pod uwagę roczne zużycie gazu na poziomie 400 000 m³. Wartość cieplną słomy przyjęto jako średnią w dolnym przedziale, tj. 14,91 MJ·kg⁻¹.

Całkowite zapotrzebowanie słomy do suszenia po uwzględnieniu wyżej wymienionych założeń określono na 960 t.

Na podstawie uzyskanych wartości z tab. 3 wynika, że przedsiębiorstwo w zakresie własnej działalności jest w stanie zabezpieczyć potrzebną ilość słomy do ogrzania 2 suszarni występujących w zainstalowanej linii technologicznej.

Ocena nakładów energetycznych

Na podstawie ewidencji zużycia energii do suszenia ziarna kukurydzy w 2006 r. przy spalaniu gazu ziemnego, a w 2007 r. przy spalaniu słomy określono nakłady finansowe na tonę suchego surowca (tab. 6). Wilgotność suszonego ziarna po zbiorze wynosiła w granicach 22,5 – 23%, a po wysuszeniu stanowiła 14%.

Przy obliczeniach uwzględniono obowiązujące ceny gazu ziemnego (13,80 Sk·m⁻³), energii elektrycznej (3,50 Sk·KWh⁻¹) i słomy (1100 Sk·t⁻¹).

Oszczędności jednostkowe uzyskano na poziomie 171,22 Sk·t⁻¹, co ogółem w 2007 r. przedstawiało kwotę 2 064 500,56 Sk.

Tab. 6. Porównanie nakładów energetycznych przy suszeniu ziarna kukurydzy z wykorzystaniem gazu ziemnego i słomy

Tab. 6. Comparison of energy expenses while drying corn grain with the use of natural gas and straw

Rok	Masa wilgotnego surowca [t]	Masa suchego surowca [t]	Zużycie paliwa			Nakłady na energię			Całkowite nakłady na energię
			Gaz [m ³]	El. energia [kW·h]	Słoma [t]	El. energia [Sk·t ⁻¹]	Gaz [Sk·t ⁻¹]	Słoma [Sk·t ⁻¹]	
2006	18145,30	15788,33	268567	148649	–	34,84	234,75	–	269,59
2007	14111,48	12057,59	–	212606	401,83	61,71	–	36,66	98,37

PODSUMOWANIE

Doświadczalne badania wykonane na adaptowanej suszarni do ziarna (zamiana kotła gazowego na kocioł do spalania słomy zbożowej i odpadów z czyszczenia ziarna) potwierdziły słuszność zainwestowanych środków finansowych, o czym świadczą uzyskane wskaźniki w 2007 r.:

- jednostkowe oszczędności na tonę wysuszonego surowca: 171,22 Sk = 5,07 €,
- oszczędności w skali roku: 2 064 500,56 Sk = 61 116 €,
- planowane oszczędności przy pełnym wykorzystaniu suszarni w roku: 4,3 mln Sk = 547 661,0 €,
- planowany czas zwrotu inwestycji: 4,2 roku.

BIBLIOGRAFIA

- Hansen J. 2004: Klimatyczna bomba z opóźnionym zapłonem. Świat Nauki, 4 (142), 62-71.
- Jaworski Z. 1998: Czy człowiek zmienia klimat. Wiedza i Życie, 5.
- Kowalik P., Wichowski R. 2000: Biomasa podstawowym rodzajem energii odnawialnej w Polsce. Ogrzewanie i Klimatyzacja.
- Lewandowski Witold M. 2007: Proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT Warszawa.
- Pepich Š. 2004: Využitie poľnohospodárskej biomasy rastlinného pôvodu na energetické účely. Nitra, 23. Jun 2004, 60.
- Pepich Š. 2005: Využitie fytomasy pri sušení rastlinných produktov. KSVS, SPU Nitra, 14
- Ružbarský J. a kol. 2005: Potravinárska technika, FVTU Prešov, ISBN 80-8073-410-0, 564

GRAIN DRYING BY THE ENERGY OBTAINED FROM BIOMASS COMBUSTION

Summary. The paper presents an adaptation of the CHIEF CBS 14-6 grain dryer supplied by natural gas to allow the combustion of straw and other waste materials coming from the process of grain cleaning. Both the evaluation of the dryer productivity and energy consumption as well as an economic analysis were made. On the basis of the achieved results, significant financial savings resulting from the use of fuel in the form of straw and grain cleaning waste were noticed. They were calculated as 171.22 Sk t⁻¹ = 5.07 € t⁻¹ of dry raw material which constituted an amount of 2 064 500. 56 Sk = 61 166.0 € on a yearly scale.

Key words: grain drying, straw combustion, financial outlays.