

Badania nacisków wywieranych przez zagęszczany materiał na ściankę zamkniętej komory zagęszczania

Sławomir OBIDZIŃSKI, Roman HEJFT – Zakład Techniki Rolno-Spożywczej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 5, 453-460

Wstęp

Proces ciśnieniowej aglomeracji jest najczęściej realizowany w układach roboczych:

- z zamkniętą komorą zagęszczającą
- z otwartą komorą zagęszczającą
- z komorą częściowo otwartą
- w układzie „płaska matryca-rolki zagęszczające” lub „pierścienio-matryca – rolki zagęszczające”
- w układzie „tuleja-ślimak zagęszczający”.

Według Hejfta [9], ciśnieniowa aglomeracja rozdrobnionych materiałów roślinnych prowadzona jest najczęściej w urządzeniach z otwartą komorą roboczą. Ze względu na prostą budowę układu roboczego, większą wydajność (w porównaniu z komorą zamkniętą), ciągłość procesu i łatwe dozowanie surowca, urządzenia te znalazły zastosowanie w liniach produkcyjnych do granulowania i brykietowania.

W praktyce przemysłowej zagęszczanie w komorze zamkniętej nie znajduje szerszego zastosowania, ale stosowane jest powszechnie jako metoda badawcza, pozwalająca na weryfikację równań (modeli) zagęszczania i ustalenie rozkładu naprężeń w zagęszczanym materiale [16] oraz ocenę podatności surowców do aglomerowania [11], przez które według Hryniewicza [10] rozumie się jego zdolność do tworzenia, pod wpływem nacisku, trwałej formy kawałkowej o wymaganych parametrach wytrzymałościowych.

Według Czabana i Kamińskiego [2, 3], uzyskane metodą identyfikacji procesu w komorze zamkniętej stałe materiałowe (tj. odpowiednik granicy plastyczności, parametry C, D, E funkcji porowatości oraz współczynnik tarcia Prandtla), wyznaczone na podstawie zarejestrowanych przebiegów doświadczalnych sił działających na tłok zagęszczający, dno komory zagęszczania i na ścianki boczne komory zagęszczania, mogą być wykorzystane do modelowania i analizy energochłonności procesów zagęszczania mieszanek paszowych realizowanych w przemysłowych urządzeniach granulujących.

Demianiuk i współautorzy [5, 6] w swoich badaniach zagęszczania trocin świerkowych wykorzystali osiowo-symetryczną matrycę zamkniętą do pomiaru wartości rzeczywistego współczynnika tarcia zewnętrznego. W tym celu mierzono w matrycy zamkniętej wartości nacisków na tłok zagęszczającym, nacisków na dno matrycy oraz rozkłady nacisków bocznych wzdłuż tworzącej matrycy.

Jak podaje Skonecki [16], wynikiem badań w komorze zamkniętej są formuły (równania empiryczne) zależności gęstości materiału od nacisku zagęszczającego. Mogą one być stosowane po określeniu stałych parametrów dla badanych materiałów, dla których zostały opracowane i są słuszne w ściśle określonym przedziale nacisków zagęszczających.

Badania nad procesem zagęszczania materiałów roślinnych w komorze zamkniętej prowadzone były przez wielu innych badaczy. Ghazanfari i współpracownicy [7] zagęszczali przy różnych naciskach w komorze zamkniętej siano z tymotki przy różnej wilgotności.

Gilbert i współpracownicy [8] zagęszczali różne rodzaje traw, a Razun i współpracownicy [15] odpady w postaci rdzeni palmowych, na prasie hydraulicznej w układzie „tłok-zamknięta komora” przy różnych ciśnieniach zagęszczania i różnej temperaturze.

Również Adapa i współpracownicy [1], wyznaczając charakterystyki zagęszczania różnego rodzaju słom, wykorzystywali układ „tłok-zamknięta komora” z możliwością regulacji temperatury procesu. Podobne stanowisko z komorą zamkniętą i regulacją temperatury procesu, do wyznaczania charakterystyk zagęszczania odpadów z przycinania drzew oliwnych, wykorzystwała Carone i współpracownicy [4].

Jak podaje Skonecki [16], na równomierność i stopień zagęszczenia materiałów w komorze zamkniętej mają wpływ następujące parametry: wartość nacisku zewnętrznego i szybkość jego narastania, wartość nacisku normalnego do bocznej powierzchni matrycy, wartość współczynnika tarcia materiału o ścianki matrycy, geometria matrycy i stempla, iloraz wysokości aglomeratu do jego średnicy, właściwości fizykochemiczne materiału (cząstek), ilość zawartego w aglomeracie powietrza.

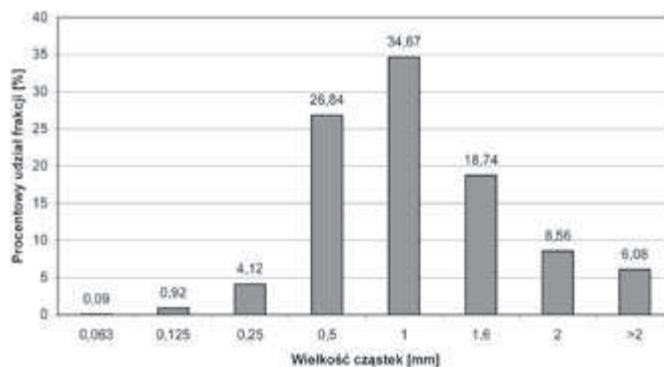
Celem pracy było określenie wpływu długości matrycy oraz temperatury procesu zagęszczania na wartości nacisków promieniowych (bocznych) wywieranych przez zagęszczany materiał na ścianki zamkniętej komory zagęszczania.

Materiał i metody

Materiał badawczy

Do badań wykorzystano mieszankę paszową pełnoporcjową DK-Finisz o wilgotności 16%. Mieszanka ta używana jest do skarmiania kurcząt i brojlerów od 6 tygodnia do końca tuczu, jak również, jak podaje Laskowski [12], jest stosowana do określania zdolności produkcyjnych wytwórni pasz.

Skład granulometryczny mieszanki paszowej DK-Finisz przedstawia Rysunek 1.



Rys. 1. Rozkład granulometryczny cząstek mieszanki paszowej DK-Finisz

W badanej mieszance paszowej dominującymi frakcjami są cząstki o wielkości 1,6 mm, które stanowią 28% udziału masowego mieszanki oraz frakcje o wielkości cząstek 2 mm (ok. 21%) i 1 mm (ok. 20%).

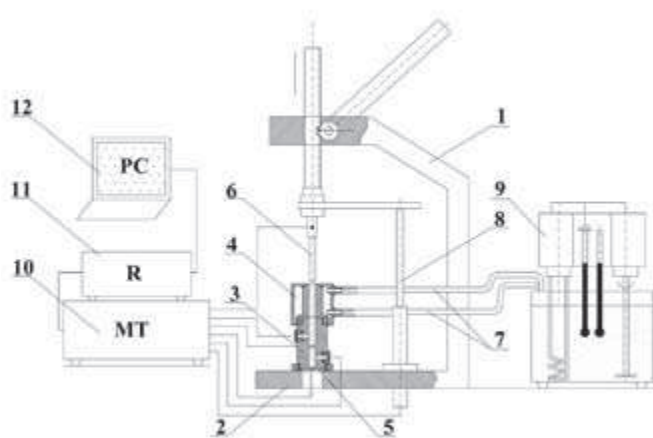
Metody badań

Badania procesu zagęszczania przeprowadzono na stanowisku badawczym SS-3 (Rys. 2) [14].

W skład stanowiska wchodzi praska ręczna 1, na której podstawie zamocowano otwartą komorę zagęszczania 3 (posiadającą otwór o średnicy 8 mm), do której zasypywano badany materiał. Komorę zagęszczania 3 ogrzewano od góry specjalnym elementem termostatu 4, do którego przewodami 7 doprowadzono wodę z ultratermostatu 9, dzięki czemu możliwa jest regulacja temperatury procesu. Zagęszczanie mieszanki odbywało się za pomocą tłoka 6, z czujnikiem tensometrycznym pozwalającym na rejestrację sił działających na tłok.

Stanowisko SS-3 oprzyrządowano w aparaturę kontrolno-pomiarową, która pozwala na jednoczesny pomiar i rejestrację: sił działających na tłok zagęszczający 6, sił działających na ścianki komory zagęszczania (na tłoczki umieszczone na różnej wysokości komory zagęszczania 3), sił działających na dno komory zagęszczania oraz przemieszczenie tłoka zagęszczającego 6 (za pomocą czujnika przemieszczenia 8).

Sygnały z układu tensometrów naklejonych na tłoku zagęszczającym 6, tłoczkach umieszczonych w ściankach bocznych, w dnie komory zagęszczania oraz sygnały z czujnika przemieszczenia 8 doprowadzono do mostka tensometrycznego 11, a następnie rejestrowano rejestratorem 12 (sprzężonym z komputerem 13) w postaci plików binarnych, które poddano dalszej obróbce z wykorzystaniem oprogramowania Microsoft Excel.



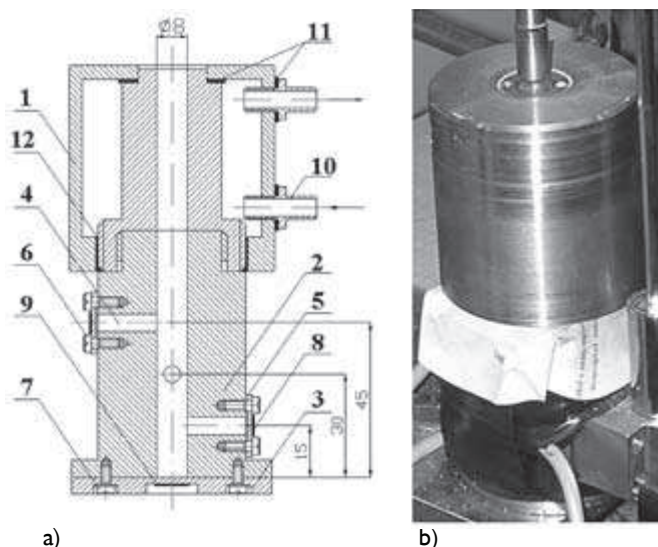
Rys. 2. Schemat stanowiska SS-3 do określania wpływu temperatury w procesie granulowania [13, 14]: 1 – praska; 2 – podstawa; 3 – komora zagęszczania; 4 – wymiennik ciepła; 5 – dno komory; 6 – tłok zagęszczający; 7 – przewody elastyczne; 8 – czujnik przemieszczenia; 9 – ultratermostat; 10 – mostek tensometryczny; 11 – rejestrator; 12 – komputer

Na Rysunku 3 przedstawiono specjalną komorę zagęszczania użytą w stanowisku SS-3.

W komorze zagęszczania na wysokości $h_1 = 15$ mm, $h_2 = 30$ mm, $h_3 = 45$ mm od podstawy komory zostały umieszczone tłoczki pomiarowe 4 służące do pomiaru nacisków bocznych. Tłoczek 4 naciska na belkę 5, na której naklejone są tensometry (TFm-10) 8.

Przed pomiarami wygrzewano odpowiednio wcześniej komorę zagęszczania oraz próbki surowca (umieszczone w szczelnie zamkniętych próbkach) do wymaganej temperatury.

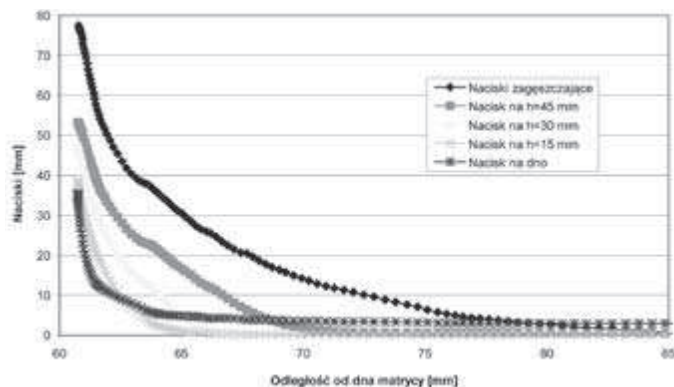
Badania procesu zagęszczania wykonano dla temperatury 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 i 90°C, zagęszczając 20 próbek o masie 2 g każda.



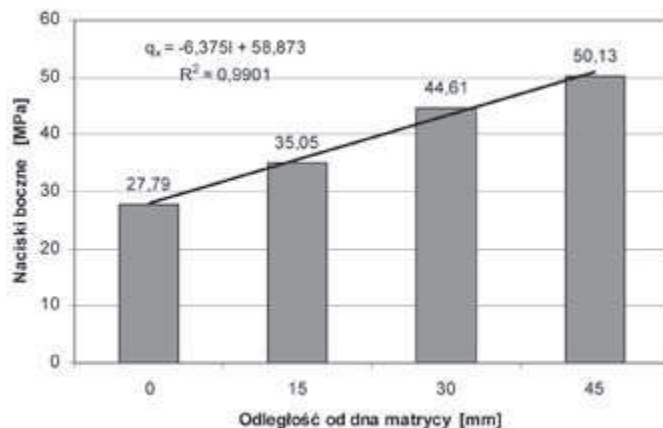
Rys. 3. Specjalna komora zagęszczania użyta w stanowisku SS-3 [14]: a) schemat komory zagęszczania: 1 – element ogrzewający komorę; 2 – komora zagęszczania; 3 – dno komory; 4 – tłoczki do pomiaru nacisków bocznych; 5 – belki; 6 – śruby mocujące belki; 7 – śruby mocujące dno komory; 8, 9 – tensometry typ TFm-10; 10 – króćce; 11, 12 – uszczelki; b) widok komory

Wyniki i dyskusja

Na Rysunku 4 przedstawiono przykładowy przebieg nacisków zagęszczających, nacisków bocznych, zarejestrowanych na różnej wysokości komory zagęszczania oraz nacisków na dno komory, uzyskanych w trakcie badań zagęszczania mieszanki DK-Finisz w komorze zamkniętej, zrealizowanych na stanowisku SS-3 w temperaturze 50°C.



Rys. 4. Przebieg nacisków w funkcji odległości od dna zamkniętej komory zagęszczania (zagęszczanie mieszanki DK-Finisz w temperaturze 50°C)



Rys. 5. Rozkład nacisków bocznych na długości komory zagęszczania podczas zagęszczania mieszanki DK-Finisz w komorze zamkniętej w temperaturze procesu 50°C

Z otrzymanego przebiegu nacisków (Rys. 4) widać, że wraz ze zbliżaniem się do dna komory rosną wartości nacisków zagęszczających, bocznych i nacisków na dno komory zagęszczania. W przypadku temperatury procesu 50°C, w odległości ok. 6 l mm od dna komory, naciski zagęszczające osiągają swoje wartości maksymalne. Podobny charakter mają przebiegi nacisków bocznych i nacisków na dno matrycy. Wartości maksymalne osiągają wtedy, gdy tłok zagęszczający znajduje się w odległości ok. 6 l mm od dna matrycy.

Przykładowy rozkład nacisków bocznych w funkcji długości komory zagęszczania podczas zagęszczania mieszanki w komorze zamkniętej w temperaturze procesu 50°C wraz z równaniem opisującym przebieg nacisków bocznych w funkcji odległości od dna komory zagęszczania przedstawiono na Rysunku 5.

Rozkłady nacisków bocznych na długości komory zagęszczania podczas zagęszczania mieszanki w komorze zamkniętej w innej temperaturze procesu mają bardzo podobny, do przedstawionego na Rysunku 5, charakter. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że zmiany wartości nacisków bocznych na długości matrycy (odległości od dna matrycy) podczas zagęszczania mieszanki paszowej w komorze zamkniętej można zobrazować równaniem:

$$q_x = a_4 \cdot l + b_4 \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

gdzie:

l – odległość od dna matrycy, mm

a_4, b_4 – współczynniki równań.

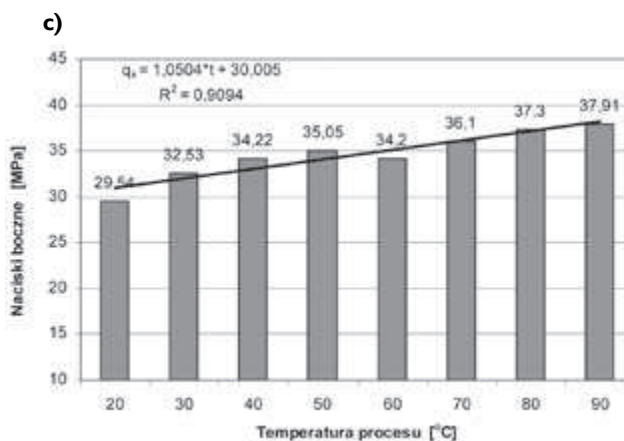
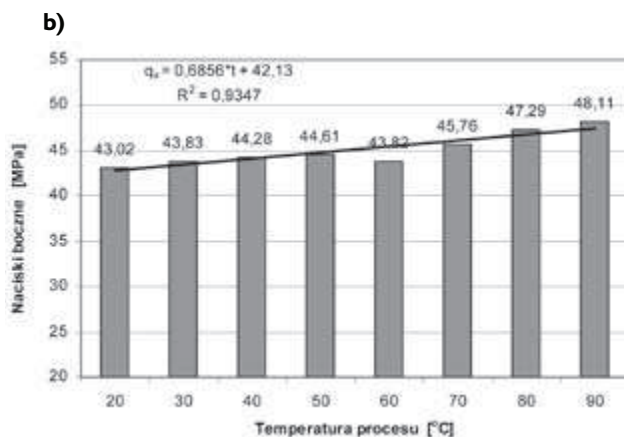
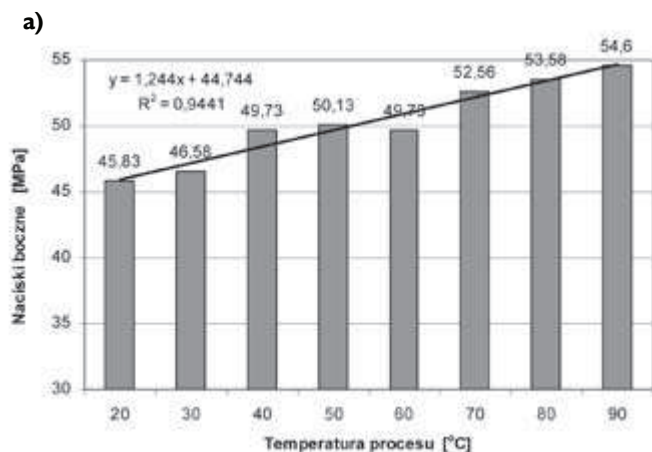
Współczynniki a_4, b_4 równania (1) dla badanej temperatury procesu przy nacisku zagęszczającym ok. 74 MPa zamieszczono w Tabelcy 1.

Tabelca 1

Wartości współczynników a_4 i b_4 równania (1) opisującego przebieg nacisków bocznych na długości zamkniętej komory zagęszczania

Temperatura, °C	Współczynniki		Współczynnik korelacji R ²
	a_4	b_4	
20	-7,47	54,65	0,9320
30	-7,05	55,07	0,9533
40	-7,73	58,37	0,9903
50	-6,38	58,84	0,9901
60	-7,35	57,45	0,9897
70	-8,02	60,94	0,9954
80	-7,13	60,65	0,9780
90	-7,12	61,52	0,9719

Przykładowy wpływ temperatury procesu na wartości nacisków bocznych na wysokości 45 mm od dna komory zagęszczania przedstawiono na Rysunku 6.



Rys. 6. Zależność nacisków bocznych od temperatury uzyskanych podczas zagęszczania mieszanki DK-Finisz w komorze zamkniętej na wysokości od dna komory: a) 45 mm; b) 30 mm; c) 15 mm

Wzrost temperatury procesu powoduje wzrost wartości nacisków bocznych na poszczególnych wysokościach matrycy. W temperaturze 60°C w sposób gwałtowny rozpoczynają się przemiany skrobi i jej łączenie z wilgocią. Następuje przeorientowanie cząstek w tworzonej aglomeracie, co powoduje spadek nacisków bocznych (Rys. 6). Dalsze zwiększanie temperatury procesu powoduje wzrost nacisków bocznych na skutek wzrostu ciśnienia wewnątrz komory (proces parowania wilgoci przy podwyższonym ciśnieniu).

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że zmiany wartości nacisków bocznych pod wpływem temperatury procesu zagęszczania na każdej z badanych wysokości od dna komory zagęszczania (odległości od dna matrycy) podczas zagęszczania mieszanki paszowej DK-Finisz w komorze zamkniętej można zobrazować równaniem:

$$q_x = a_1 \cdot t + b_1 \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

gdzie:

t – temperatura procesu zagęszczania, mm

a_1, b_1 – współczynniki równań.

Wnioski

Zaprojektowana i oprzyrządowana, specjalna komora zagęszczania użyta w stanowisku badawczym umożliwia określenie wpływu długości komory zagęszczania oraz temperatury procesu na wartości nacisków bocznych uzyskanych w trakcie procesu zagęszczania.

Wręcz ze zbliżaniem się do dna matrycy, w trakcie zagęszczania następuje spadek nacisków bocznych oddziałujących na ścianki zamkniętej komory zagęszczania.

Zwiększenie temperatury procesu od 20 do 90°C powoduje wzrost wartości nacisków bocznych na różnych wysokościach matrycy. Wzrost nacisków bocznych następujący przy wzroście temperatury związany jest ze wzrostem ciśnienia wewnątrz komory na skutek parowania wilgoci.

Wpływ długości komory zagęszczania (odległości od dna matrycy), jak również temperatury procesu zagęszczania, na wartości nacisków bocznych podczas zagęszczania mieszanki paszowej w komorze zamkniętej można zobrazować równaniem funkcji liniowej.

Uzyskane rozkłady nacisków bocznych na długości matrycy przy różnych temperaturach pozwolą na wyznaczenie współczynnika tarcia i jego zmian na długości matrycy.

Literatura

1. Adapa P., Lope Tabil L., Greg Schoenau G.: *Compaction characteristics of barley, canola, oat and wheat straw*. Biosystems Engineering 2009, **104**, 335-344.
2. Czaban J.: *Ciśnieniowa aglomeracja pasz w układzie roboczym granuladora*. Praca doktorska. Politechnika Białostocka 2000.
3. Czabana J., Kamiński Z.: *Energochłonność prasowania mieszanek paszowych w komorze zamkniętej*. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Motoryzacja i energetyka rolnictwa „Motrol'2003”. Lublin, 19-21 maja 2003.
4. Carone M.T., Pantaleo A., Pellerano A.: *Influence of process parameters and biomass characteristics on the durability of pellets from the pruning residues of Olea europaea L.* Biomass and Bioenergy 2010, 1-9.
5. Demianiuk L.: *Brykietowanie rozdrobnionych materiałów roślinnych*. Praca doktorska. Politechnika Białostocka, Białystok 2001.
6. Demianiuk L., Hejft R., Seweryn A.: *Doświadczalna analiza sił i odkształceń występujących podczas brykietowania materiałów drobnoziarnistych w komorze zamkniętej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Nauki Techniczne nr 130. Mechanika 1999, **21**, 73-94.
7. Ghazanfari A., Opoku L., Tabil L. Jr.: *A study on densification of timothy hay at different moisture content*. Asian Journal of Plants Sciences 2007, **6** (4), 704-707.
8. Gilbert P., Ryu C., Sharifi V., Swithenbank J.: *Effect of process parameters on pelletisation of herbaceous crops*. Fuel 2009, **88**, 1491-1497.
9. Hejft R.: *Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych*. Biblioteka Problemów Eksploatacji. ITE, Radom 2002.
10. Hryniewicz M.: *Metoda doboru pras walcowych oraz opracowanie założeń do ich modernizacji*. Rozprawy monografie 1997, **58**, Wydawnictwa AGH, Kraków.
11. Laskowski J., Skonecki S.: *Metoda określania parametrów zagęszczania materiałów pochodzenia biologicznego*. III Ogólnopolska i II Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Rozwój teorii i technologii w technicznej modernizacji rolnictwa. Olsztyn 1994, 29-33.
12. Laskowski J.: *Studia nad procesem granulowania mieszanek paszowych*. Praca habilitacyjna. Wydanie Akademii Rolniczej w Lublinie 1989.
13. Obidziński S.: *Wpływ temperatury na jakość produktu w procesie granulowania pasz*. Inżynieria Rolnicza 2003, **8** (50), 339-345.
14. Obidziński S.: *Granulowanie materiałów roślinnych w pierścieniowym układzie roboczym granuladora*. Praca doktorska. Politechnika Białostocka, Białystok 2005.
15. Razuan R., Finney K.N., Chen Q., Sharifi V.N., Swithenbank J.: *Pelletised fuel production from palm kernel cake*. Fuel Processing Technology 2011, **92**, 609-615.
16. Skonecki S.: *Modelowanie ciśnieniowego zagęszczania materiałów roślinnych*. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie, Zeszyt 279, Lublin 2004.

Praca wykonana w ramach projektu (grantu) MNiSW N N504 488239.

Dr inż. Sławomir OBIDZIŃSKI – adiunkt w Zakładzie Techniki Rolno-Spożywczej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej. Obszar pracy naukowej: ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych, konstrukcja i eksploatacja maszyn przemysłu rolno-spożywczego.
E-mail: obislaw@pb.edu.pl, tel.: (85) 746-92-82

Prof. dr hab. inż. Roman HEJFT – kierownik Zakładu Techniki Rolno-Spożywczej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej. Obszar pracy naukowej: ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych, konstrukcja i eksploatacja maszyn przemysłu rolno-spożywczego.

Międzynarodowa Szkoła Energetyki Jądrowej czeka na chętnych

Czy jesteśmy zabezpieczeni przed skutkami radiologicznymi? Co zrobić z wypalonym paliwem reaktorowym? Jak wygląda wdrażanie energetyki jądrowej w Polsce? Odpowiedzi m.in. na te pytania poznali uczestnicy V edycji Międzynarodowej Szkoły Energetyki Jądrowej. Zapisy trwają do wyczerpania limitu miejsc.

Szkoła jest inicjatywą Narodowego Centrum Badań Jądrowych i Jądrowych w Świerku i Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. Ma zwiększać świadomości opinii publicznej na temat energii jądrowej oraz dostarczać słuchaczom rzetelne informacje o bezpieczeństwie jądrowym i postępowaniu z odpadami radioaktywnymi. Organizatorzy zapewnili udział nie tylko światowej sławy ekspertów i naukowców, ale również praktyków mających doświadczenie przy budowie elektrowni jądrowych na całym świecie.

Uczestnicy Międzynarodowej Szkoły Energetyki Jądrowej zapoznali się z procesem wdrażania energetyki jądrowej w Polsce (przedstawionym przez przedstawicieli PGE Energia Jądrowa i Państwowej Agencji Atomistyki) i analizą incydentu w Fukushima oraz zarządzonych po nim stress testów elektrowni w całej Unii Europejskiej. Zagadnienia te omówią naukowcy z Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz prof. Andrzej Strupczewski.

Specjaliści z firmy Fundeko i Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej przedstawią wpływem programu energetyki jądrowej na środowisko, a najnowsze rozwiązania w zakresie postępowania z wypalonym paliwem reaktorowym przedstawili eksperci z Narodowego Centrum Badań Jądrowych oraz Multi-Technologies Group.

Wiedza słuchaczy zdobyta na wykładach została wzbogacona o praktyczne ćwiczenia w laboratoriach badawczych Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku. Uczestnicy będą mogli wykorzystać zdobyte umiejętności podczas warsztatów w Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych, Laboratorium Badań Materiałowych oraz w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. Kulminacyjnym momentem były zajęcia w czynnym reaktorze badawczym „MARIA” – jedynym tego typu obiekcie w całej Polsce.

Szkoła odbyła się między 7 a 10 maja br. w centrum konferencyjnym Hotelu Gromada w Warszawie oraz na terenie Narodowego Centrum Badań Jądrowych.

(naukawpolsce.pap.pl, 13.04.12)