

WPLYW OBRÓBKI CIEPLNEJ PROMIENIAMI PODCZERWONYMI NA PROCES PRZEMIAŁU ZIARNA PSZENICY ODMIANY KORYNTA

Dariusz Andrejko*, Mariusz Kania*, Anna Łatka**, Leszek Rydzak**

* - Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz

** - Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu obróbki cieplnej na proces przemiału ziarna pszenicy. Obiektem badań było ziarno pszenicy odmiany Korynta. Ziarno o wilgotności początkowej 17,5% poddano działaniu promieni podczerwonych przez 30, 60, 90 i 120s. Przygotowane w ten sposób ziarno poddano przemiałowi a następnie oznaczone zostały wybrane parametry mąki i otrąb. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że obróbka ziarna pszenicy promieniami podczerwonymi przed przemiałem powoduje znaczące zmiany wilgotności otrzymanych produktów przemiału oraz wpływa na średni wymiar cząstki zarówno otrąb jak i mąki.

Słowa kluczowe: przemiał, pszenica, promieniowanie podczerwone.

WSTĘP

Zboża są jednym z podstawowych surowców w przetwórstwie spożywczym. Jest to także bardzo ważny składnik diety, dostarczający organizmowi węglowodanów, białek, błonnika oraz składników mineralnych. Ziarna zbóż wykorzystywane są nie tylko do produkcji mąki, ale także kasz oraz płatków. Ziarna w stanie surowym nie nadają się do spożycia, przez co wymagana jest ich obróbka technologiczna. Rozwój techniki i nauki a także dążenie do optymalizacji procesów technologicznych pozwala na zastosowanie nowych metod obróbki, jak np. impregnacja próżniowa czy mikronizacja, stosowanych do kondycjonowania ziarna przed przemiałem [Kania i Andrejko 2010].

Coraz częściej promienie podczerwone są wykorzystywane w przetwórstwie spożywczym, szczególnie do suszenia ziarnistych surowców roślinnych. Ogrzewanie z wykorzystaniem fal elektromagnetycznych bazuje na zdolności materiału do absorpcji energii promieniowania elektromagnetycznego i zamianie jej na ciepło. Zdolność ciała do absorpcji zależy od długości fali, ale również od składu chemicznego, struktury, rodzaju powierzchni i barwy tego ciała. Energię promieniowania podczerwonego dobrze absorbuje woda, dlatego surowce roślinne o dużej wilgotności są podatne na ogrzewanie promieniami podczerwonymi. Jeśli chodzi o długość fal, to zastosowanie dalekiej podczerwieni umożliwia koncentrację ciepła na powierzchni ogrzewanego

surowca - możemy osiągnąć efekt przypieczonej skórki, natomiast zastosowanie bliskiej podczerwieni powoduje wnikięcie promieni podczerwonych kilka lub nawet kilkanaście centymetrów w głąb surowca, przez co jest on ogrzany bardziej równomiernie [Andrejko 2005, Ginzburg 1969; Nowak 2005]. Promieniowanie podczerwone występuje naturalnie w przyrodzie, może także być emitowane za pomocą sztucznych źródeł. Jedną z zalet tego promieniowania jest łatwy sposób dostarczania ciepła. Stąd też podejmowane są próby jego zastosowania w różnych dziedzinach przemysłu. Warto zauważyć, że jakość materiału suszonego za pomocą podczerwieni różni się od efektów uzyskiwanych z zastosowaniem innych metod [Nowak 2005]. Jednym z kierunków badań jest zastosowanie ogrzewania do obróbki ziaren zbóż. Stąd też celem pracy było określenie wpływu czasu ogrzewania ziarna pszenicy na przemiał i wybrane właściwości fizyczne produktów przemiała.

METODYKA

Do badań wykorzystano ziarno pszenicy odmiany Korynta. Wilgotność ziarna wynosiła około 12%.

Przed przystąpieniem do dowilżania ziarna zbadano jego wilgotność według Polskiej Normy PN-ISO 712:2002. Do badań przyjęto wilgotność materiału badawczego na poziomie 17,5%. Założoną wilgotność ziarna osiągnięto poprzez dodanie odpowiedniej ilości wody destylowanej. Ilość wody niezbędnej do nawilżenia obliczono na podstawie bilansu masowego próbki o znanej wstępnej masie oraz wilgotności za pomocą poniższego wzoru:

$$M_w = \frac{W_1 - W_0}{100 - W_1} \cdot m,$$

gdzie:

M_w – masa wody potrzebna do dowilżenia [g],

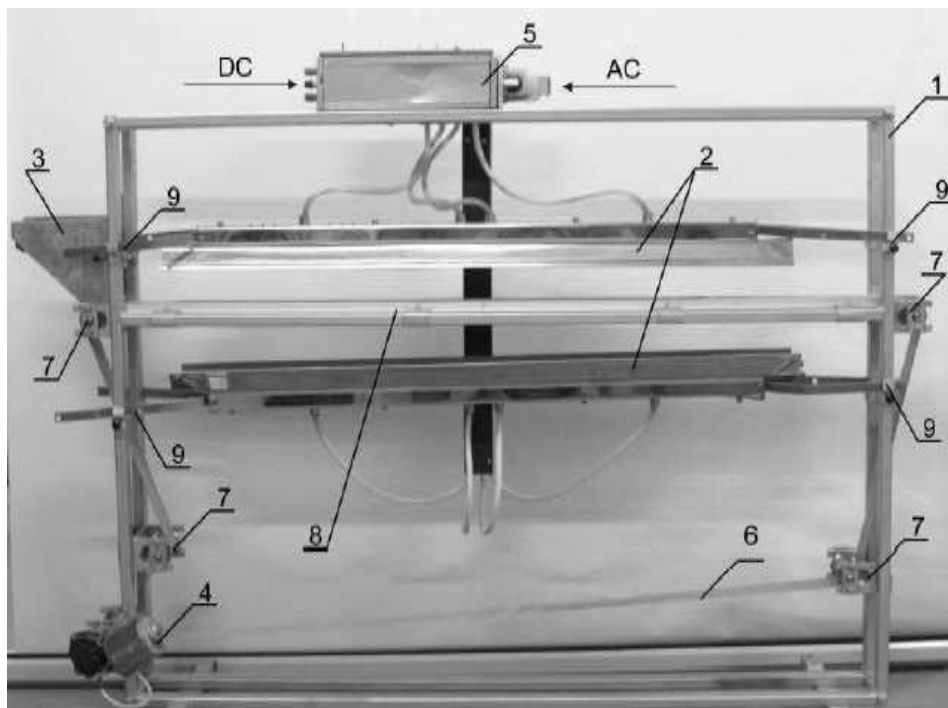
W_1 – wymagana wilgotność ziarna po dowilżeniu [%],

W_0 – wilgotność początkowa ziarna [%],

m – masa próbki [g].

Po nawilżeniu i wymieszaniu ziarna próba została zamknięta w hermetycznym naczyniu. Przechowywano ją w komorze chłodniczej w temperaturze około 4°C, a w celu uzyskania równomiernej wymaganej wilgotności w całym materiale kilkakrotnie w ciągu dnia potrząsano próbą. Na godzinę przed pomiarem próbę wyjmowano z komory chłodniczej w celu wyrównania temperatury próby z temperaturą otoczenia.

Materiał badawczy ogrzewano przy użyciu laboratoryjnego urządzenia do obróbki ziarna promieniami podczerwonymi, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. Każdorazowo ustalano odpowiednią szybkość przesuwu taśmy i wysokość elementów grzewczych w taki sposób, że poszczególne próby surowca poddawane były ogrzewaniu przez 30, 60, 90 oraz 120 sekund w temperaturze 150°C. Ogrzewaniu poddawano próby ziarna o masie 400g.



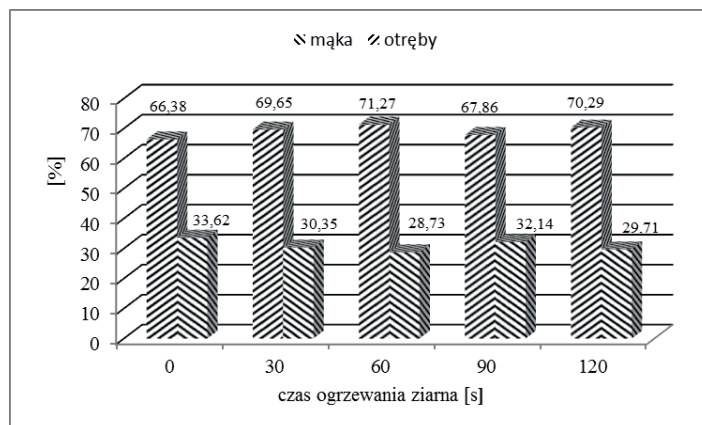
Rys. 1. Laboratoryjne urządzenie do obróbki promieniami podczerwonymi ziarnistych surowców roślinnych: 1 – rama, 2 – promienniki podczerwieni, 3 – kosz zasypowy, 4 – silnik prądu stałego, 5 – moduł sterujący, 6 – taśma przenośnikowa, 7 – rolki, 8 – strefa ogrzewania, 9 – regulacja ustawienia głowic [Andrejko i in. 2007]

Fig. 1. Laboratory stand for heating of granular raw materiale by infrared radiation: 1 – frame, 2 – infrared radiators, 3 – feeding, 4 – DC Engine, 5 – control equipment, 6 – band conveyor, 7 – rollers, 8 – heating zone, 9 – regulation of heating elements position [Andrejko 2005]

Przemiał ziarna przeprowadzono z wykorzystaniem młynka pasażowego do ziarna firmy Brabender.

Każdorazowo po przemiale oznaczono wyciąg mąki oraz właściwości fizyczne mąki i otrąb. Oznaczenia wilgotności mąki i otrąb dokonano wg obowiązującej normy tj.: PN-ISO 712:2002. Przeprowadzono analizę sitową mąki oraz otrąb. Korzystano z laboratoryjnego przesiewacza wi-bracyjnego AS 200 firmy Retsh stosując następujące sита dla mąki: 0.25, 0.2, 0.1mm , dla otrąb: 1, 0.5, 0.315, 0.2mm.

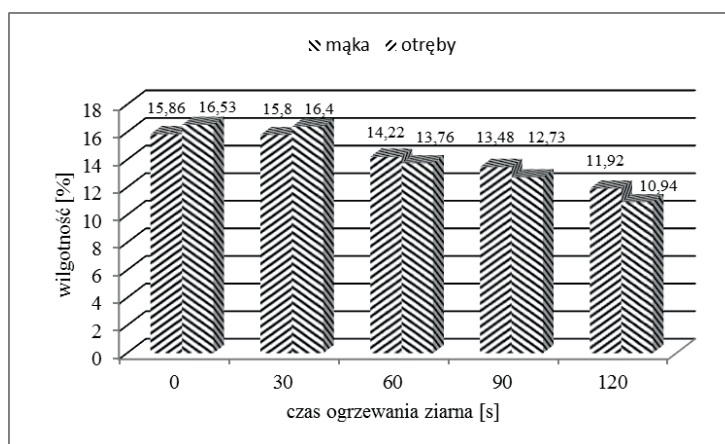
WYNIKI BADAŃ



Rys. 2. Zależność wyciągu mąki od czasu ogrzewania ziarna pszenicy
 Fig. 2. Dependence of the extract of flour from the wheat grain heating time

Na rysunku 2 przedstawiono zależność wyciągu mąki od czasu ogrzewania ziarna. Po przemiale ziarna, niepoddanego ogrzewaniu uzyskano najmniejszą ilość mąki – 66,38% i największą ilość otręb – 33,62%, natomiast, największą ilość mąki - 71,27%, a najmniejszą otręb – 28,73% uzyskano z ziarna, które uprzednio ogrzewano przez 60 sekund. Wydłużenie czasu ekspozycji ziarna na działanie promieniowania podczerwonego do 90 i 120 sekund nie powodowało dalszego wzrostu wyciągu mąki, co mogło być spowodowane nadmiernym wysuszeniem ziarna.

Na rysunku 3 przedstawiono zależność wilgotności mąki i otręb uzyskanych po przemiale ziarna pszenicy odmiany Korynta od czasu ogrzewania. Dodatkowo uwzględniono wilgotność mąki i otręb uzyskanych z ziarna niepoddanego obróbce promieniami podczerwonymi – próba zerowa.



Rys. 3. Zależność wilgotności produktów przemiału od czasu ogrzewania ziarna pszenicy
 Fig. 3. Moisture content of flour and bran depending on the heating time of wheat seed

Wilgotność ziarna niepoddanego ogrzewaniu wynosiła 17,5%, a wilgotność produktów przemiału z tego ziarna 15,86% mąki oraz 16,53% otrąb. Ogrzewanie ziarna promieniami podczerwonymi przez 30 sekund spowodowało nieznaczny spadek wilgotności wynoszący 0,06% dla mąki i 1,13% dla otrąb. ogrzewanie ziarna przez 60 sekund sprawiło, że wilgotność mąki spadła do 14,22%, a otrąb do 13,76%. Promienie podczerwone działające na ziarno przez 90 sekund spowodowały, że wilgotność mąki była na poziomie 13,48%, a otrąb 12,73%. Dalsze ogrzewanie ziarna przez kolejne 30 sekund sprawiło, że wilgotność mąki spadła nieco poniżej 12%, a otrąb poniżej 11%. Zależność ta została opisana przez równania regresji:

$$W = -0,05 \cdot t + 17; R^2 = 0,952 \text{ dla otrąb,}$$

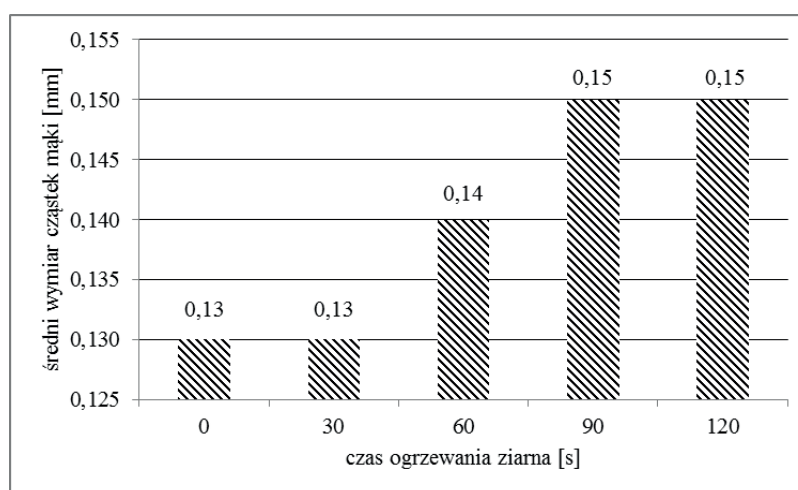
$$W = -0,03 \cdot t + 16,3; R^2 = 0,944 \text{ dla mąki,}$$

gdzie:

W – wilgotność [%],

t – czas ogrzewania ziarna [s].

Zaobserwowano również, że wilgotność mąki z ziarna nieogrzanego i ziarna ogrzanego przez 30 sekund była niższa niż otrąb. Dłuższy czas ogrzewania (przez 60 i więcej sekund) spowodował, że wilgotność mąki była wyższa niż wilgotność otrąb. Ogrzewanie ziarna przez 30 sekund okazało się zatem zbyt krótkie, aby zaobserwować znaczące zmiany wilgotności produktów przemiału.



Rys. 4. Zależność średniego wymiaru cząstek mąki od czasu ogrzewania ziarna pszenicy
Fig. 4. The dependence of the average particle size of flour from the wheat grain heating time

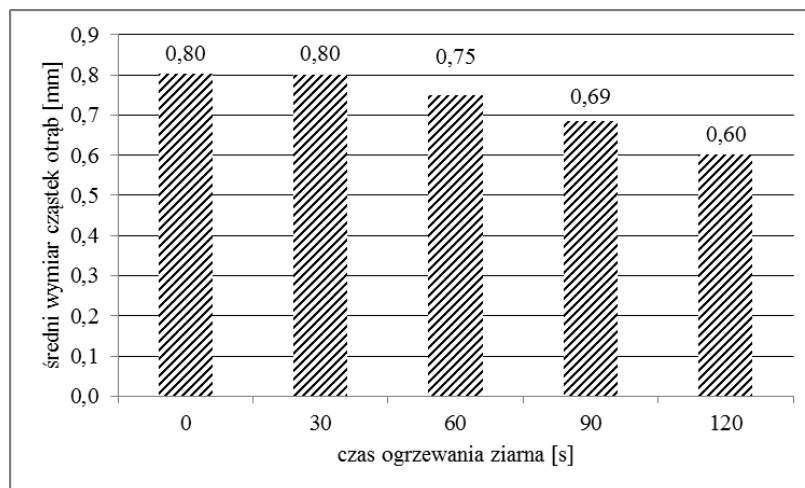
Na rysunku 4 przedstawiono zależność średniego wymiaru cząstek mąki od czasu ogrzewania ziarna pszenicy. Średni wymiar cząstek mąki z ziarna nie ogrzanego oraz ogrzanego przez 30 sekund wynosił 0,13mm. Mąka z ziarna ogrzanego przez 60 sekund charakteryzowała się średnim wymiarem cząstek 0,14mm, wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania do 90 i 120 sekund średni wymiar cząstek wzrósł do 0,15mm. Zależność tę opisano równaniem regresji:

$$S=0,0001 \cdot t+0,13; R^2=0,908$$

gdzie:

S – średni wymiar cząstek [mm],

t – czas ogrzewania ziarna [s].



Rys. 5. Zależność średniego wymiaru cząstek otrąb od czasu ogrzewania ziarna pszenicy
Fig. 5. The dependence of the average particle size of bran from the wheat grain heating time

Zależność średniego wymiaru cząstek otrąb od czasu ogrzewania ziarna przedstawiono na rysunku 5, z którego wynika że wraz ze wzrostem czasu ogrzewania średni wymiar cząstek otrąb zmniejsza się od 0,8mm do 0,6mm. Zależność ta została również opisana równaniem regresji:

$$S=-0,0017 \cdot t+0,8; R^2=0,919,$$

Gdzie:

S – średni wymiar oczek [mm],

t – czas mikronizacji ziarna [s].

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:
nie stwierdzono wpływu ogrzewania na wyciąg mąki.
wydłużenie czasu trwania ogrzewania powoduje spadek wilgotności mąki i otrąb.
pod wpływem ogrzewania ziarna wymiary cząstek produktów przemiału ulegają zmianie.
Wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania z 30 do 120s średni wymiar cząstek mąki wzrasta przy jednoczesnym zmniejszeniu wielkości cząstek otrąb.

PIŚMIENNICTWO

1. Andrejko D. 2004. Zmiany właściwości fizycznych nasion soi pod wpływem promieniowania podczerwonego. Rozprawa Habilitacyjna, Rozprawy naukowe AR w Lublinie, ISSN 0860-4355, s 288.
2. Andrejko D., Goździewska M., Oszczak Z. 2007. Laboratoryjne urządzenie do obróbki ziarnistych surowców roślinnych promieniami podczerwonymi. Acta Sci. Pol., Technica Agraria 6(2), s. 9-14.
3. Ginzburg A. S. 1969. Promieniowanie podczerwone w przemyśle spożywczym. Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa.
4. Kania M. Andrejko D. 2010. Wpływ różnych sposobów przygotowywania ziarna pszenicy do przemiału na wilgotność mąki. Acta Sci. Pol., Technica Agraria 9(3-4), 29-35.
5. Nowak D. 2005. Promieniowanie podczerwone jako źródło ciepła w procesach technologicznych. Cz. 1. Przemysł Spożywczy. Tom 59 nr. 5.
6. Polska Norma PN-ISO 712:2002

INFLUENCE OF INFRARED RADIATION HEAT TREATMENT
ON THE PROCESS OF MILLING OF WHEAT VARIETY KORYNTA.

Summary. The study presents the results of the effect of heat treatment on the process of milling wheat. The test object was a grain of wheat variety Korynta. Grain with initial moisture content of 17.5% was exposed to infrared radiation for 30, 60, 90 and 120s. Prepared in this way were subjected to a milling and then identified selected parameters of flour and bran. Based on the results of the research it was found that treatment of wheat grain prior to milling by infrared radiation causes significant changes in moisture content of the obtained milling products and affects on average particle size of bran and flour.

Key words: milling, wheat, infrared radiation.

ELEKTRONICZNA MODYFIKACJA PARAMETRÓW PRACY SILNIKA SAMOCHODOWEGO O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Artur Boguta

Politechnika Lubelska

Streszczenie. Współczesne sterowniki silników ZS realizują wiele funkcji, sterując jednostką napędową. Producenci aut dążą do pełnej automatyzacji w sterowaniu pracą silnika. Sterowniki silników dbają o wytworzenie odpowiedniego momentu obrotowego przy największej sprawności i spełnieniu norm dotyczących emisji spalin. Większość programów sterujących jest napisana tak, żeby poprawnie sterować silnikami produkowanymi seryjnie. Indywidualne podejście do każdej jednostki napędowej może znacznie poprawić jej parametry.

Słowa kluczowe: silnik z zapłonem samoczynnym, Diesel, DEC, Chip Tuning.

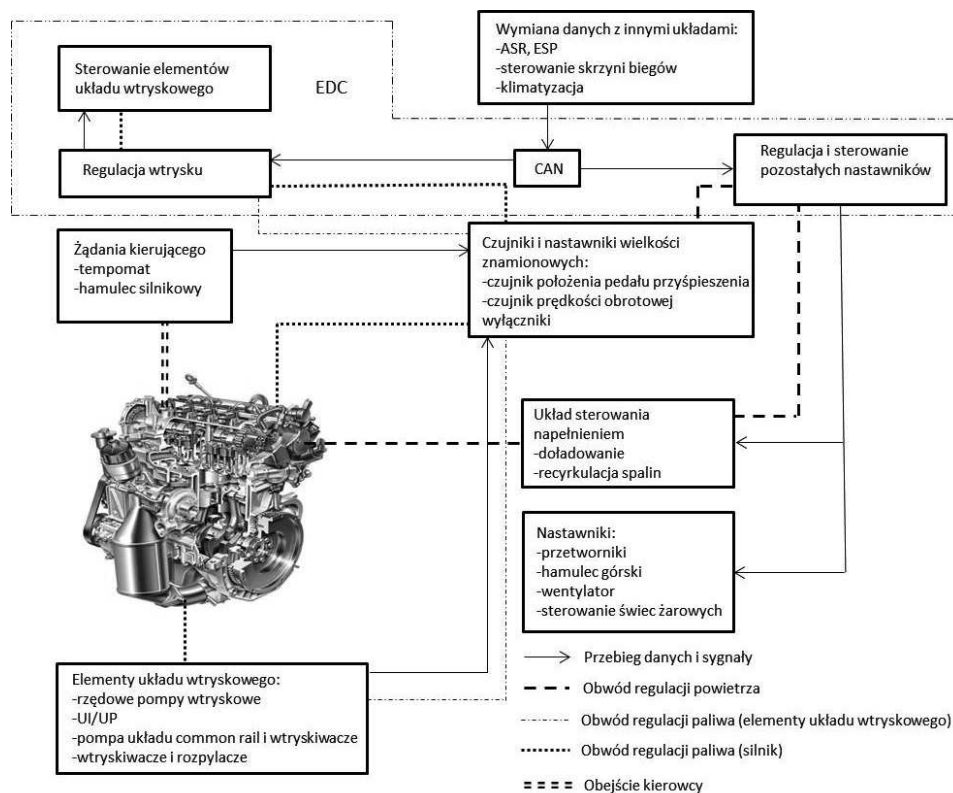
1. WSTĘP

Charakterystyki regulacyjne czasu otwarcia wtryskiwacza, doładowania w silnikach wyposażonych w turbinę mają wielki wpływ na pracę jednostki napędowej. W zależności od konstrukcji silnika i jego sterowania istnieje możliwość poprawy jego parametrów poprzez ingerencje w algorytmy sterujące. Konstruktorzy silników pozostawiają pewien zakres, w którym można modyfikować sterowanie silnika bez obawy o jego uszkodzenie. Algorytm sterujący opracowany przez konstruktorów i sprawdzony na hamowniach jest dostosowany do wielu jednostek napędowych. Przy indywidualnym podejściu można ten algorytm znacznie poprawić zwiększając osiągi silnika oraz zmniejszając zużycie paliwa.

2. ELEKTRONICZNE STEROWANIE SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Elektroniczne sterowanie silnikiem (EDC - Electronic Diesel Control) z zapłonem samoczynnym umożliwia precyzyjne i dokładne odmierzanie dawki paliwa oraz chwili jej wtrysku. Sterownik przetwarza sygnały wejściowe i oblicza sygnały sterujące dla pompy wtryskowej, nastawnika recyrkulacji spalin i turbosprężarki.

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy układu EDC wraz z przebiegiem sygnałów sterujących.



Rys.1. Schemat blokowy elektronicznego układu EDC sterującego pracą silnika ZS
Fig.1. Block diagram of the electronic system EDC controlling the work of Diesel engine

3. KALIBRACJA OPROGRAMOWANIA WYSOKOPRĘŻNYCH SILNIKÓW ZS

Kalibracja oprogramowania silnika ZS jest to dostosowanie sterowania silnika do odpowiedniego rodzaju eksploatacji – auta osobowe lub auta użytkowe. Dostosowanie układu wtryskowego, sterowanego przez układ elektroniczny EDC odgrywa ważną rolę a jego paca i sterowanie silnikiem musi spełnić normy EURO V. Optymalizacja pracy silnika wysokoprężnego sprowadza się do:

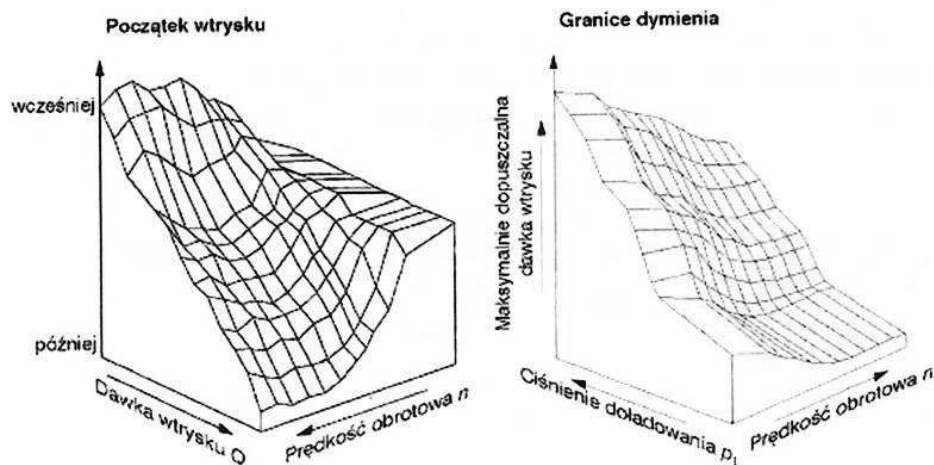
- maksymalizacja momentu obrotowego - przy uwzględnieniu maksymalnego ciśnienia w cylindrach, granicy dymienia, kulturze pracy i ekonomiczności jednostki,
- minimalizacja zużycia paliwa,
- trwałość - $1 \cdot 10^6$ km dla pojazdów użytkowych i $400-500 \cdot 10^3$ km dla aut osobowych,
- emisja szkodliwych składników spalin - kalibracja w celu zmniejszenia emisji NO_x , cząstek stałych, HC, CO,
- komfort - mały hałas, równomierność pracy i łatwy rozruch.

Celem kalibracji jest osiągnięcie kompromisu pomiędzy sprzecznymi ze sobą wymaganiami.

Istnieją 3 rodzaje kalibracji:

- kalibracja sprzętu - czyli dostosowanie wszystkich elementów składowych silnika i układu wtryskowego,

- kalibracja pojazdu - która polega na dostosowaniu wszystkich parametrów wpływających na ruch pojazdu,
 - kalibracja oprogramowania - która jest dokonywana w sterowniku silnika, odpowiednia do znajdującego się w nim sprzętu. W programie zapisana jest zależność tworzenia mieszanki, sterowania napędem i spalaniem w postaci map lub tablic.
- Na rys. 2 przedstawiono przykładowe charakterystyki początku wtrysku i regulacji dymienia.



Rys.2. Charakterystyka sterowania dawka paliwa w funkcji prędkości obrotowej i obciążenia silnika, oraz charakterystyka granicy dymienia w funkcji ciśnienia doładowania, prędkości obrotowej i dawki paliwa

Fig.2. Characteristics of fuel delivery control as a function of rotational speed and engine load as well as smoke exhaust boundary as a function of boost pressure, rotational speed and fuel delivery

4. CHIPTUNING

Chiptuning jest modyfikacją oprogramowania sterującego silnikiem umieszonego w jednostce sterującej ECU. W komputerach sterujących silnikiem zmieniana jest najczęściej zawartość zewnętrznej pamięci programu, która znajduje się w pamięci Eprom lub Flash. Czasem istnieje potrzeba modyfikacji pamięć mikrokontrolera. Zmienione programy można wgrać do ECU za pomocą interfejsu poprzez gniazdo diagnostyczne OBD, lub poprzez wylutowanie pamięci i jej przeprogramowanie.

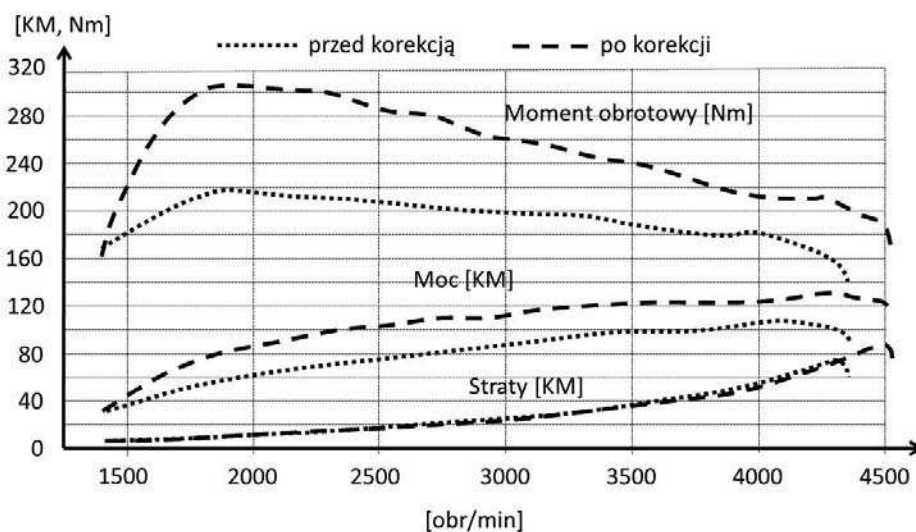
Każda podstawowa funkcja silnika (czas wtrysku, moment wtrysku, ciśnienie doładowania) jest regulowane przez 2 lub 3 wymiarową tablicę. Typowa tablica ciśnienia doładowania ma wymiar 8x8, czyli, zawiera 64 wartości, które są używane do sterowania pracą turbosprężarki. Wartości pośrednie są obliczane przez procesor na podstawie interpolacji. Im więcej rzędów i kolumn tym sterowanie dokładniejsze. Tablica mapy wtrysku może mieć wymiar 16x16, dając precyzyjniejsze sterowanie pracą silnika.

5. PROCES MODYFIKACJI

Modyfikacje rozpoczynamy od odczytania oryginalnego programu z pamięci EPROM. Oryginalny program jest poddawany modyfikacjom w programie Race 2000. Zmiany są wprowadzane w bitmapach dotyczących następujących parametrów:

- dawka paliwa,
- kąt wtrysku,
- ciśnienie turbodoładowania,
- limiter obrotów,
- ciśnienie wtrysku paliwa (Common Rail).

Modyfikacjom poddano silnik VW golf III 1,9TDI, w którym zastosowano metodę korekcji mapy wtrysku (wydłużenie czasu wtrysku), cofnięcie o kilka stopni KWZ, oraz zwiększenie wydatku turbosprężarki. Po modyfikacji elektronicznej zmierzono charakterystyki silnika na hamowni inercyjnej HPS-B2 i porównano je z charakterystykami zmierzonymi przed modyfikacją. Dzięki korekcji elektronicznej silnik uzyskał zwiększenie momentu obrotowego o 25 %, i zwiększenie mocy o 20 %. Straty mocy wyznaczono na podstawie hamowania rolek inercyjnych hamowni spowodowanych oporami w skrzyni biegów i mechanizmu różnicowego. Charakterystyki silnika, które uzyskano przed i po zmodyfikowaniu parametrów sterownika przedstawiono na rys.3

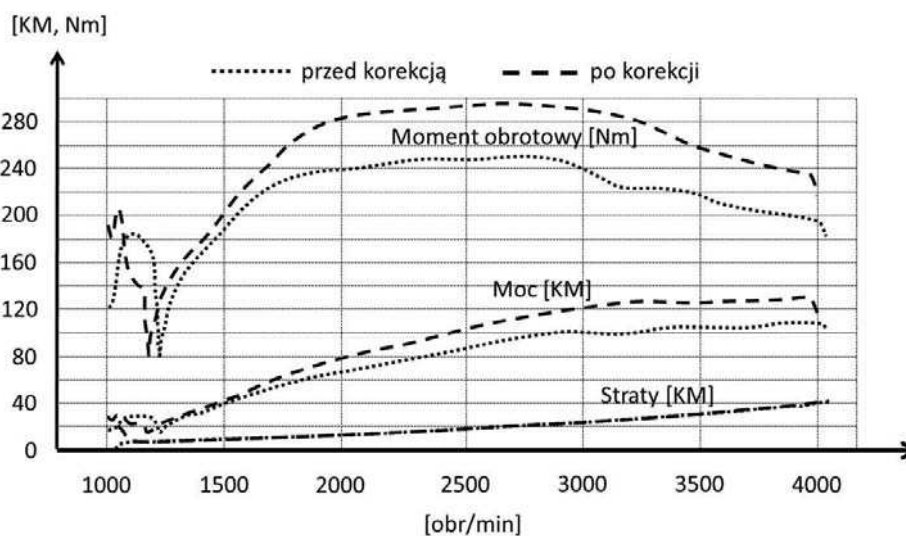


Rys. 3. Przebiegi momentu obrotowego, mocy i strat przed i po korekcji map sterujących dla silnika 1,9 TDI

Fig. 3. Courses of torque, power and loss before and after the correction of the control maps for the engine 1.9 TDI

Drugim silnikiem poddanym modyfikacjom sterownika jest silnik ZS z zasobnikowym układem wtryskowym Common Rail zamontowanym w KIA Cerato 2.0 CRDI. W sterowniku zwiększono ciśnienie paliwa w zasobniku oraz zwiększono wydatek turbiny doładowującej silnik. Zwiększenie ciśnienia powoduje, że silnik otrzymuje większą dawkę paliwa. Po modyfikacjach

uzyskano zwiększenie momentu obrotowego i mocy o 20%. Na rys. 4 przedstawiono uzyskane charakterystyki momentu i mocy silnika z Common Rail zmierzone na hamowni inercyjnej HPS-B2.



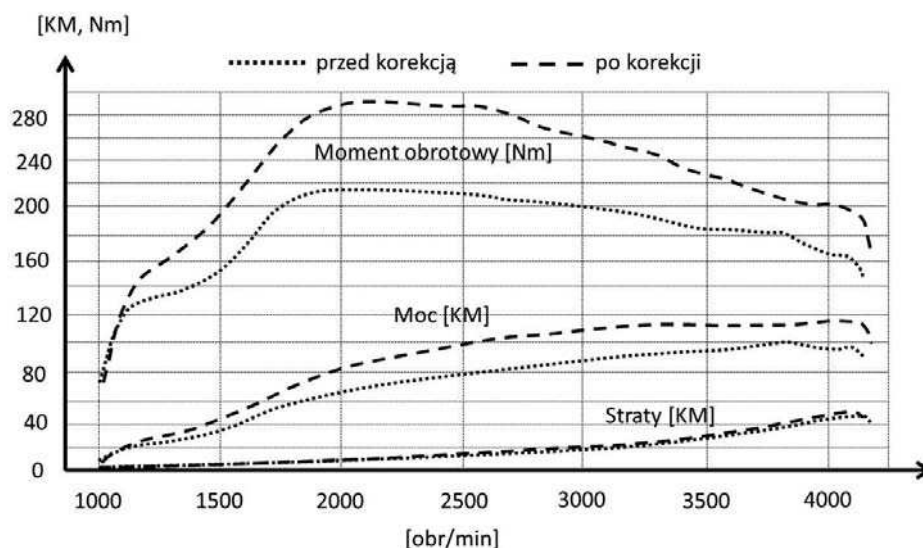
Rys. 4. Przebiegi momentu obrotowego, mocy i strat przed i po korekcji map sterujących dla silnika 2,0 CRDI

Fig. 4 . Courses of torque, power and loss before and after the correction of the control maps for the engine 2,0 CRDI

Istnieją prostsze metody zwiększania momentu obrotowego oraz mocy silnika spalinowego ZS. Najprostsza z metod polega na włączeniu rezystora oszukującego ECU. Rezystor wpinamy równoległe do wyjścia nastawnika dawki paliwa. Na podstawie tak zmodyfikowanego (oszukanego) sygnału jednostka ECU wprowadza korektę zwiększając dawkę paliwa, zwiększona dawka paliwa powoduje większą dynamikę spalin a tym samym większe doładowanie silnika. Wartość rezystancji powinna się zawierać w przedziale od 650Ω do 1000Ω. Czym mniejszy rezystor tym większa dawka paliwa i większy przyrost obrotów wirnika turbiny doładowującej.

Modyfikacja za pomocą odpowiednio dobranego rezystora zwiększa tylko dawkę paliwa, a pozostałe parametry pozostają bez zmian. Układy tego typu mogą powodować nierównomierną pracę silnika oraz nadmierne dymienie.

Przykład charakterystyk uzyskanych po modyfikacji wykonanej za pomocą rezystora wpiętego równoległe do nastawnika dawki paliwa przedstawiono na rys.5. Silnik uzyskał 30% wzrost momentu obrotowego oraz 25% wzrost mocy silnika. Jednak ze względu na niestabilną pracę i pojawianie się dymienia przy większym obciążeniu silnika taka modyfikacja nie jest zalecana.



Rys. 5. Przebiegi momentu obrotowego, mocy i strat przed i po zastosowaniu układu DHZ Powerbox dla silnika 1,9 TDI

Fig. 5. Courses of torque, power and loss before and after the application of the system DHZ Powerbox for the engine 1,9 TDI

6. PODSUMOWANIE

Dzięki zmianom w oprogramowaniu sterowania silników ZS istnieje możliwość indywidualnego i precyzyjnego dostrójenia danej jednostki napędowej w celu osiągnięcia większej mocy i większego momentu obrotowego.

Przez odpowiednia korekcje map wtrysku, doładowania i ciśnienia paliwa możemy uzyskać poprawę osiągnięć silnika do 25%.

Zmodyfikowany program sterujący nie ma wpływu na szybsze zużycie silnika ani nie ma wpływu na zwiększenie zużycia paliwa przy zachowaniu dotychczasowego stylu jazdy.

Zwiększenie momentu obrotowego i mocy silnika wpływa na poprawę bezpieczeństwa szczególnie podczas manewru wyprzedzania.

LITERATURA

1. Mysłowski J. Doładowanie silników. Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa 2006.
2. Janiszewski t; Spiros M. Elektroniczne układy wtryskowe silników wysokoprężnych. WKiŁ Warszawa 2004.
3. Jurecki W; Ważyński T. Tuning i sportowe modyfikacje samochodu. Stratos Motor Sport Warszawa 2002.
4. Common Rail. Informator techniczny Bosch 2009.
5. Promieniowe rozdzielaczowe pompy wtryskowe VR. Informator techniczny Bosch 2000.

6. Układy wtryskowe Unit Injector System, Unit Pump System. Informator techniczny Bosch 2000.
7. Sterowanie silników o zapłonie samoczynnym. Informator techniczny Bosch 2004.
8. Motorsteuerung für Dieselmotoren, Dieselmotor – Managent im Überblick, Fachwissen KfzTechnik Ausgabe 2002.
9. Pietras P. Możliwości ingerencji w elektronikę sterującą jednostkami napędowymi pojazdów. Praca magisterska, Politechnika Lubelska 2008.
10. <http://vtech.pl/chiptuning>.

THE ELECTRONIC MODIFICATION OF OPERATING PARAMETERS OF AUTOMOTIVE ENGINE IGNITION

Summary. Today's drivers of diesels perform many functions, controlling the driving unit. Car manufacturers strive for full automation in the control engine operation. Motor controllers ensure proper torque to produce at maximum efficiency and meet emissions standards. Most application programs are written so as to properly control the production series engine. Individual approach to each driving unit can significantly improve its performance.

Keywords: engine ignition, diesel, DEC, chiptuning.

ELIMINACJA CZYNNIKA LUDZKIEGO PRZEZ TECHNICZNE ŚRODKI PRZEKAZU INFORMACJI W SYSTEMACH NADZORU NAD STANEM CHRONIONEGO OBIEKTU

Marcin Buczaj

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej
Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin
e-mail: m.buczaj@pollub.pl

Streszczenie. Systemy alarmowe nie służą do powstrzymania intruza przed wejściem do obiektu. Ich głównym zadaniem jest wykrycie zagrożenia oraz powiadomienie użytkownika o zajściu tego zagrożenia. Podstawowym parametrem charakteryzującym skuteczność systemu alarmowego jest czas reakcji systemu na zaistniałe zagrożenie. Szybkie i skuteczne wykrycie próby włamania lub napadu stanowi istotę działania systemów alarmowych.

Prawidłowe działanie systemu nadzoru wiąże się z szybkim przekazaniem informacji do użytkownika o stanie chronionego obiektu. Za komunikację między systemem alarmowym a użytkownikiem odpowiadają moduły komunikacyjne. W artykule zostały przedstawione możliwości zastąpienia przez techniczne środki przekazu informacji (internet, sieć GSM) czynnika ludzkiego w procesie przekazywania informacji między komórkami systemu nadzoru.

Słowa kluczowe: systemy nadzoru, internet, GSM, systemy komunikacji.

WSTĘP

Prawidłowe działanie systemu nadzoru opiera się na szybkim procesie neutralizacji występujących zagrożeń. Aby ten proces przebiegał szybko i skutecznie istnieje konieczność budowy sprawnych i niezawodnych systemów komunikacyjnych przekazujących informację o stanie obiektu między poszczególnymi komórkami systemu. Zastosowanie danego środka transmisji sygnału do systemu nadzoru spełniającego wymagania dla odpowiedniej klasy systemu zabezpieczenia musi spełniać wymagania określone w PN-EN 50136-1-1. Systemy takie umożliwiają eliminację nieprzewidywalnego w działaniu i często zawodnego w procesie przekazywania informacji czynnika ludzkiego. Ma to szczególne znaczenie w przypadku określania czasu reakcji systemu nadzoru na wykryte zagrożenia. Im krótszy jest czas pomiędzy chwilą wykrycia zagrożenia a reakcją użytkownika systemu na dane zagrożenie tym większa szansa na ograniczenie szkód wywołanych tym zagrożeniem. Aby spełnić wyżej wymienione kryterium konieczne jest wykorzystanie takich technologii, które są autonomiczne i ogólnie dostępne, mają wystarczającą przepustowość łączności oraz gwarantują odpowiedni poziom zachowania poufności przesyłanej informacji. Obecnie takie

możliwości daje zastosowanie w systemach nadzorujących stan obiektu elementów umożliwiających współpracę tych systemów z infrastrukturą sieci telefonii mobilnej GSM i sieci internetowej. Wykorzystanie tych dwóch mediów informacyjnych daje dodatkowo możliwość uproszczenia procesów związanych z przekazywaniem informacji na drodze obiekt - użytkownik oraz ograniczenia kosztów użytkowania systemu.

W artykule zostanie przedstawiony wpływ zastosowania technologii GSM i Internetu na przebieg procesu neutralizacji zagrożenia. Szczególnej analizie zostaną poddane przypadki, gdzie zastosowanie techniczne eliminuje czynnik ludzki z procesu przekazywania informacji. Dokonana będzie analiza wpływu zastosowanego rozwiązania technicznego na:

- funkcjonowanie systemu,
- zwiększenie możliwości systemu,
- przebieg poszczególnych etapów procesu neutralizacji zagrożenia,
- czas procesu neutralizacji zagrożenia.

PRZEPIY W INFORMACJI W SYSTEMACH NADZORU

Od systemów zabezpieczających i nadzorujących stan chronionego obiektu wymaga się nie tylko skutecznych rozwiązań umożliwiających wykrycie różnych możliwych zagrożeń. Ważne jest również szybkie i precyzyjne skierowanie informacji o wykrytym zagrożeniu do odpowiednich komórek organizacyjnych i grup użytkowników systemu. Systemy nadzorujące stan chronionego obiektu wyposażone w elementy odpowiedzialne za kontrolę bezpieczeństwa w obiekcie powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- reagować na możliwie szeroką gamę mogących wystąpić w obiekcie zagrożeń,
- przekazywać użytkownikowi systemu informację o stanie zabezpieczanego obiektu,
- przekazywać informację o zidentyfikowaniu zagrożenia do konkretnej komórki odpowiedzialnej w systemie za neutralizację konkretnego zagrożenia,
- posiadać procedury neutralizacji przewidziane w przypadku wykrycia zagrożenia,
- współpracować z innymi instalacjami istniejącymi w chronionym obiekcie.

Wynika z tego, że system nadzoru powinien posiadać komórki (elementy) systemu odpowiedzialne za:

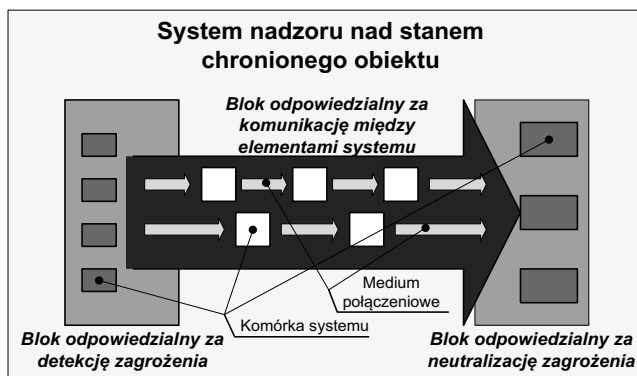
- detekcję zagrożenia;
- komunikację między komórkami systemu i między systemem a użytkownikiem;
- fizyczną neutralizację zagrożeń.

Dodatkową zaletą sterowania ustawieniami poszczególnych parametrów jest zdalne zarządzanie takimi układami. Jest to funkcja dostępna już w układach sterowania pracą inteligentnych budynków [Horyński M. 2006, Horyński M. 2008].

Schemat funkcyjny systemu nadzoru nad stanem chronionego obiektu został przedstawiony na rys. 1.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50131-1 system nadzoru realizujący funkcje systemu alarmowego I&HAS powinien zawierać środki do wykrywania, wyzwolenia stanu alarmowego, sabotażu i rozpoznania uszkodzeń w systemie. System ten może również realizować inne funkcje pod warunkiem, że nie mają one szkodliwego wpływu na podstawowe funkcje systemu alarmowego I&HAS. Proces przekazywania informacji o wykrytym zagrożeniu w systemach I&HAS przebiega między obiektem dozorowanym a centrum odbiorczym alarmu za pośrednictwem systemu transmisji alarmu. System transmisji sygnału w zależności od stopnia zabezpieczenia systemu I&HAS powinien spełniać określone kryteria dotyczące: czasu transmisji, maksymalnej wartości czasu

transmisji, czasu raportowania, dostępności i ochrony sygnału. Szczegółowe wytyczne dotyczące kryteriów stawianym systemom transmisji sygnału określa norma PN-EN 50136-1-1.



Rys. 1. Schemat funkcyjny systemu nadzoru nad stanem chronionego obiektu

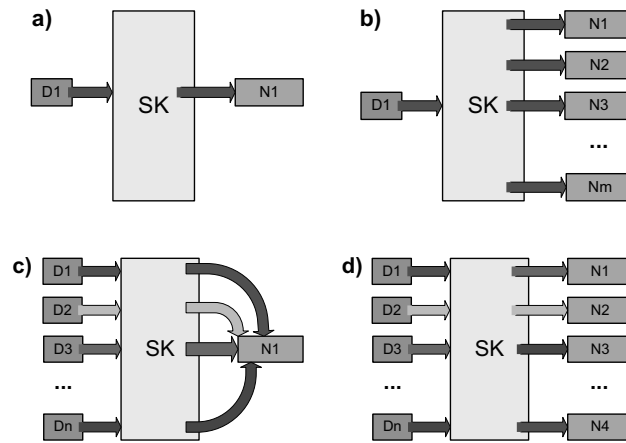
Fig. 1. Functional schematic diagram of the control and management system in the security system

WARIANTY SYSTEMÓW NADZORU ZE WZGLĘDU NA ILOŚĆ I POWIĄZANIA MIĘDZY KOMÓRKAMI SYSTEMU

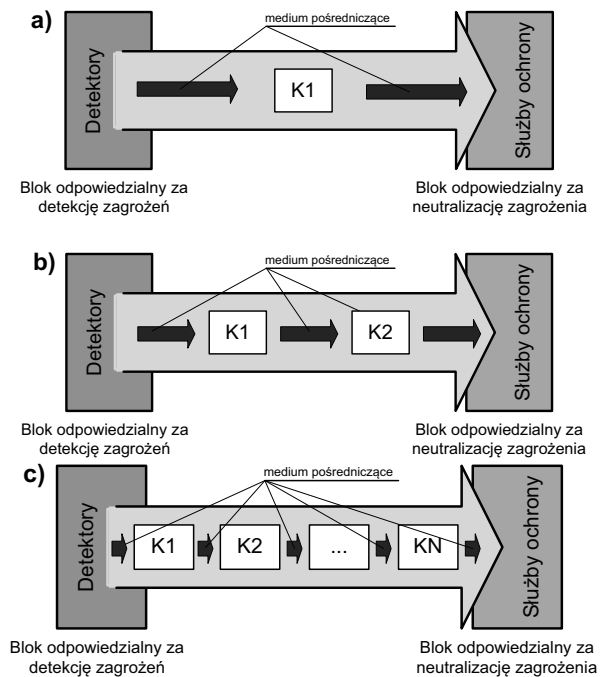
Skuteczność systemu i podjętych przez niego działań jest zatem ściśle związana z czasem przebiegu sygnału informacyjnego od detektora do służb odpowiedzialnych za neutralizację zagrożenia. Im krótszy jest czas pomiędzy chwilą wykrycia zagrożenia a reakcją użytkownika systemu na dane zagrożenie tym większa szansa na ograniczenie szkód wywołanych tym zagrożeniem. Ze względu na liczebność elementów w blokach odpowiedzialnych za detekcję i fizyczną neutralizację zagrożenia wyróżnić można następujące warianty systemów nadzoru nad stanem chronionego obiektu (rys. 2):

- system 1:1 (jeden detektor – jedna komórka odpowiedzialna za neutralizację),
- system 1:M (jeden detektor – M komórek odpowiedzialnych za neutralizację),
- system N:1 (N detektorów – jedna komórka odpowiedzialna za neutralizację),
- system N:M (N detektorów – M komórek odpowiedzialnych za neutralizację).

Mimo, że we wszystkich tych modelach rola elementów odpowiedzialnych za przekazywanie informacji jest taka sama (powiadomienie konkretnej komórki systemu w przypadku zadziałania danego detektora) to jednak wraz ze wzrostem liczby detektorów i służb algorytm przesyłu sygnału informacyjnego się komplikuje. Dodatkowo na skomplikowanie procedury komunikacyjnej wpływa ilość ogniw pośredniczących w przekazywaniu informacji (rys. 3). Przeważnie podczas wzrostu liczby ogniw pośredniczących w procesie przekazywania informacji rośnie liczba rodzajów mediów wykorzystywanych w tym procesie. Realizacja zadań powierzonych poszczególnym blokom funkcyjnym może być realizowana z wykorzystaniem w nich komórek z czynnikiem ludzkim lub technicznym (sprzętowym). Przewaga czynnika ludzkiego nad czynnikiem sprzętowym wynika między innymi z wpływu inteligencji i doświadczenia człowieka. Natomiast czynnik sprzętowy przewyższa czynnik ludzki precyzyjnością i powtarzalnością pomiaru.



Rys. 2. Warianty systemów nadzoru ze względu na liczebność elementów odpowiedzialnych za detekcję zagrożenia (D) i neutralizację zagrożenia (N): a) system 1:1; b) system 1:M; c) system N:1; system N:M
 Fig. 2. Variants of the control and supervision alarm system: a) 1:1 system; b) 1:M system; c) N:1 system; N:M system

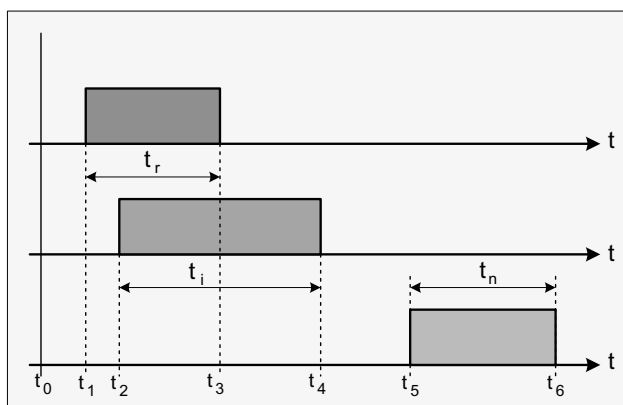


Rys. 3. Warianty systemów nadzoru ze względu na ilość ogniw pośredniczących w przekazywaniu informacji o wystąpieniu zagrożenia: a) system jednoetapowy; b) system dwuetapowy; c) system n-etapowy
 Fig. 3. Variants of the control and supervision alarm system: a) one stage system; b) two stage system; c) n-stage system

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA CZAS I PRZEBIEG PROCEDURY NEUTRALIZACJI ZAGROŻENIA W SYSTEMACH NADZORU

W procesie przekazywania i interpretowania strumienia informacji w systemie nadzorującym najistotniejszym parametrem, za pomocą którego można dokonać oceny skuteczności działania takiego procesu, jest czas, jaki upłynie od momentu zaistnienia zagrożenia do momentu jego zneutralizowania. Jest to czas związany z realizacją trzech następujących procesów (rys. 4):

- procesu wykrycia zagrożenia przez system nadzorujący;
- procesu przekazywania informacji użytkownikowi systemu o wykryciu zagrożenia;
- procesu działania odpowiednich komórek odpowiedzialnych za neutralizację zagrożenia.



Rys. 4. Proces procedury neutralizacji zagrożenia; t_r – czas związany z wykryciem zagrożenia, t_i – czas związany z przekazywaniem informacji o zagrożeniu, t_n – czas związany z fizyczną neutralizacją zagrożenia

Fig. 4. Running of the procedure of hazard neutralization; t_r – time of hazard detection process, t_i – time of analysis and information relay in the system, t_n – time of physical hazard neutralization

Proces wykrycia zagrożenia jest procesem związanym z możliwościami zastosowanych w systemie nadzorującym elementów detekcyjnych. Podczas projektowania systemu dąży się do realizacji następujących zasadniczych celów:

- wykrywania jak największej liczby zagrożeń,
- minimalizowania czasu reakcji systemu na wystąpienie zagrożenia.

Najistotniejszy z punktu widzenia sprawności przebiegu procesu neutralizacji zidentyfikowanego zagrożenia jest proces polegający na jak najszybszym przekazywaniu informacji o wystąpieniu zagrożenia do odpowiednich służb odpowiedzialnych za likwidację konkretnego rodzaju zagrożenia. Na czas trwania tego procesu ma wpływ wiele czynników, do najważniejszych zaliczyć należy:

- związane z zastosowanym algorytmem powiadamiania:
 - skomplikowanie algorytmu powiadamiania,
 - stopień zindywidualizowania procedur dla poszczególnych zagrożeń,
 - wykorzystanie wielowątkowych i alternatywnych dróg przesyłu informacji,
 - wykorzystanie scentralizowanego lub rozproszonego systemu podejmowania decyzji,
 - ilość kroków (etapów) związanych z realizacją procesu przekazywania informacji,
 - dostosowanie algorytmu działania do występującej w otoczeniu sytuacji,
 - konieczność autoryzacji i wzajemnego uwiarytelniania podjętych działań.

- związane ze sposobem przekazywania informacji:
 - rodzaj medium przesyłu informacji,
 - zakres przekazywania informacji,
 - przepustowość kanału przesyłu informacji,
- związane z wpływem czynnika ludzkiego:
 - doświadczenie użytkowników systemu,
 - aktualny stan psychofizyczny osoby związanej z procesem przekazywania informacji,
 - poziom zaangażowania i chęcią do współpracy czynnika ludzkiego występującego w procesie przekazywania informacji,
 - poziom wzajemnego zaufania osób występujących w procesie przekazywania i uwierzytelniania informacji.

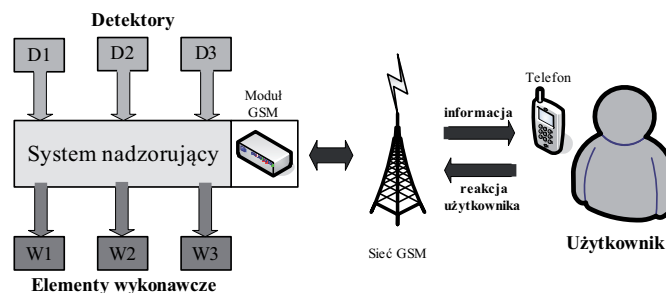
Natomiast czas związany z fizyczną realizacją procesu neutralizacji zagrożenia to czas reakcji odpowiednich komórek odpowiedzialnych za wykonanie powierzonego zadania (służby ochrony, policja, straż pożarna, sąsiedzi) od momentu otrzymania informacji o zagrożeniu do momentu neutralizacji zagrożenia.

ŚRODKI TECHNICZNE ZASTĘPUJĄCE CZYNNIK LUDZI W PROCESIE PRZEKAZYWANIA INFORMACJI W SYSTEMACH NADZORU

Każde zastosowanie nowej technologii przeważnie ma na celu poprawę funkcjonowania danego systemu lub uzyskanie nowych możliwości niedostępnych dla starej infrastruktury. W tej części artykułu zostaną przedstawione nowe możliwości, jakie daje zastosowanie w systemach nadzoru nad stanem kontrolowanego obiektu elementów wykorzystujących infrastrukturę sieci GSM i internetu. Charakterystyka zostanie przeprowadzona pod kątem przedstawienia nowych możliwości oraz ich wpływu na działanie całego systemu i na czas przebiegu poszczególnych, występujących w systemach nadzorujących stan chronionego obiektu, procesów.

Sieć GSM jest zespołem współpracujących ze sobą elementów, której podstawowym zadaniem jest dostarczenie usług telekomunikacyjnych dla ruchomych abonentów sieci. W tym celu elementy sieciowe komunikują się ze sobą za pomocą ściśle zdefiniowanych interfejsów, z których najbardziej charakterystycznym jest interfejs radiowy, realizowany w oparciu o pasmo częstotliwości GSM [Simon A. 2002].

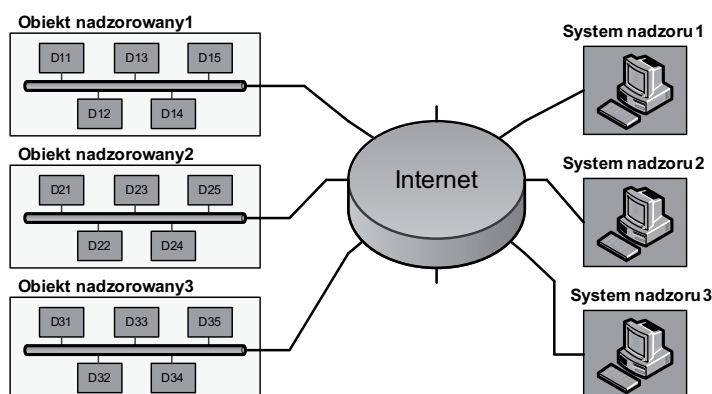
System nadzoru wykorzystujący do działania elementy sieci GSM został przedstawiony na rys. 5.



Rys. 5. System nadzoru wykorzystujący infrastrukturę GSM
Fig. 5. The control and supervision alarm system with GSM infrastructure elements

Sieć internetowa (Internet) to międzynarodowa, połączona logicznie w jednolitą sieć adresową opartą na protokole IP, sieć komputerowa służąca do przesyłania informacji. Sieć ta dostarcza lub wykorzystuje usługi wyższego poziomu, które oparte są na funkcjonowaniu telekomunikacji i związanej z nią infrastrukturze.

System nadzoru wykorzystujący do działania elementy sieci GSM został przedstawiony na rys. 6.



Rys. 6. Topologia systemu nadzoru wykorzystującego sieć Internet, D – detektory

Fig. 6. Topology of the control and supervision alarm system with the internet elements; D - detectors

SKUTKI ELIMINACJI CZYNNIKA LUDZIEGO Z PROCESU PRZEKAZYWANIA INFORMACJI W SYSTEMACH NADZORU

W przypadku procesu przekazywania informacji o wykryciu zagrożenia do służb odpowiedzialnych za jego neutralizację zastosowanie układów współpracujących z siecią GSM i internetem w miejsce systemów wykorzystujących czynnik ludzki w procesie przekazywania informacji daje największe możliwości zarówno pod względem nowych niedostępnych wcześniej funkcji jak i ograniczenia czasu tego procesu. Zastosowanie technologii GSM i internetu daje w porównaniu z systemami wykorzystujący czynnik ludzki w procesie przekazywania informacji następujące możliwości:

1) Wylimitowanie zbędnych etapów w procesie przekazywania informacji o wystąpieniu zdarzenia. Informacja dochodzi do użytkownika praktycznie bezzwłocznie i niezależnie od miejsca jego przebywania, bez konieczności występowania etapów pośrednich. Skracany jest w sposób istotny czas reakcji użytkownika (osoby zarządzającej przepływem informacji), która to osoba może bezzwłocznie przystąpić do procesu neutralizacji zagrożenia.

W systemach z wykorzystaniem czynnika ludzkiego, jako medium przesyłu informacji o stanie chronionego obiektu, często dochodzi do sytuacji, w której o skuteczności działań zmierzających do neutralizacji zagrożenia decydują osoby postronne. Przeważnie o włączeniu się alarmu informowane jest za pomocą sygnalizatorów optyczno-akustycznych otoczenie obiektu a nie sam użytkownik.

Zastosowanie technologii GSM charakteryzuje się dodatkowo tym, że użytkownik jest informowany fizycznie o zajściu zdarzenia. W przypadku internetu występuje w systemie (na

serwerze, komputerze) tylko zapis polegający na zarejestrowaniu zmiany stanów. Oczywiście można wygenerować programowo pewne działania polegające na poinformowaniu użytkownika.

2) Wyeliminowania z procesu decyzyjnego czynnika ludzkiego. Dzięki temu czas reakcji na dane zdarzenie jest powtarzalny. Nie występuje praktycznie niewyznaczalny, zmienny losowo czynnik w postaci czasu działania człowieka. Po zarejestrowaniu zdarzenia przez system następuje (według przewidzianego algorytmu działania) automatycznie przekazanie informacji bezpośrednio do odpowiednich komórek odpowiedzialnych za neutralizację zagrożenia.

3) Zastosowania modułów GSM w urządzeniach przenośnych i pojazdach. Dzięki takiemu rozwiązaniu istnieje możliwość bezpośredniego zabezpieczenia nieruchomości, gdzie odpowiednio wyposażony system zabezpieczający generuje sygnał alarmowy i przesyła go bezprzewodowo za pośrednictwem ogólnodostępnej sieci telefonicznej.

Przykładem praktycznego zastosowania takiego rozwiązania jest użycie modułów GSM w systemach zabezpieczających i nadzorujących stan pojazdów [Buczaj M., Daniluk M. 2010]. W przypadku zajścia zdarzenia użytkownik pojazdu jest niezwłocznie o tym powiadamiany za pomocą wiadomości tekstowej (SMS) i nie musi liczyć na życzliwość osób postronnych.

4) Przesyłanie informacji o stanie obiektu do sieci internet daje możliwość równoległego dostępu do aktualnych danych. Dzięki temu przebieg procesu przekazywania informacji może przebiegać wielowątkowo i niezależnie [Buczaj M., Sumorek A. 2010]. Dodatkowo istnieje możliwość tworzenia procedur polegających na potwierdzaniu otrzymanych informacji oraz o aktualnie podejmowanych decyzjach i działaniach przez poszczególne ośrodki (węzły) decyzyjne wiedzą o wzajemnych poczynaniach każdego z nich.

5) Nowoczesne systemy realizujące, zarządzające i nadzorujące przepływ informacji mogą w sposób dowolny kształtować dostępność danych informacji w poszczególnych węzłach systemu nadzorującego. Nadawanie użytkownikom priorytetów dotyczących dostępności do danych daje możliwość sprawnego prowadzenia procesu nadzorowania.

6) Wpływu na przebieg procesu przekazywania informacji poprzez wpływ na przepływ informacji w ogólnodostępnej sieci. Negatywny aspekt wyeliminowania czynnika ludzkiego. Możliwość podejmowania ataków z sieci w celu sabotażu działania systemu nadzorującego lub zmylenia jego zadziałania.

7) Niepodjęcie procesu przekazywania informacji do komórek odpowiedzialnych do neutralizacji zagrożenia poprzez brak dostępu użytkownika do sieci GSM lub internetu. Negatywny aspekt wyeliminowania czynnika ludzkiego. Następuje przerwanie procesu powiadamiania o zdarzeniu z powodu braku łączności między dwoma węzłami procesu.

PODSUMOWANIE

Zastosowania elementów infrastruktury sieci GSM i internetu we współczesnych systemach nadzoru nad stanem chronionego obiektu umożliwia znaczne poszerzenie funkcjonalności takiego systemu. System zabezpieczenia i kontroli takiego obiektu jest w stanie przesłać precyzyjną informację do użytkownika o aktualnym stanie chronionego obiektu, niezależnie od aktualnego miejsca przebywania użytkownika. Warunkiem niezbędnym do nawiązania takiego połączenia jest znajdowanie się chronionego obiektu i użytkownika w zasięgu sieci telefonii komórkowej lub posiadania sprawnego połączenia internetowego.

Zastosowania elementów infrastruktury GSM i internetowej daje możliwość ograniczenia ogniw pośredniczących w procesie przekazywania informacji o zagrożeniu oraz wyeliminowanie zbędnych ogniw ludzkich w tym procesie. W przypadku zajścia zdarzenia użytkownik chronionego

obiekty jest niezwłocznie o tym powiadamiany (np. za pomocą wiadomości tekstowej SMS) i nie musi już liczyć na zyczliwość osób postronnych.

Negatywny wpływ na przebieg procesu przekazywania informacji może mieć fakt, że komunikacja między systemem a użytkownikiem odbywa się za pośrednictwem ogólnodostępnych mediów transmisji sygnału oraz koniecznością przebywania poszczególnych komórek systemu nadzoru w obszarze dostępu do danego medium.

W przypadku popularnych zastosowań należy liczyć się z możliwością ewentualnych ataków poprzez powodowanie stanów zakłócenia pracy systemu i wpływanie na proces przepływu informacji między użytkownikiem a systemem (np. blokowanie połączeń), podejmowania ataków z sieci w celu sabotażu działania systemu nadzorującego lub zmylenia jego zadziałania oraz przerwanie procesu powiadamiania o zdarzeniu z powodu braku łączności między dwoma węzłami procesu.

REFERENCES

- PN-EN 50131-1 – Systemy alarmowe. Systemy sygnalizacji włamania i napadu. Część 1: Wymagania systemowe, PKN, Warszawa 2009.
- PN-EN 50133-1 – Systemy alarmowe. Systemy kontroli dostępu w zastosowaniach dotyczących zabezpieczenia. Część 1: Wymagania systemowe, PKN, Warszawa 2002.
- PN-EN 50136-1-1 – Systemy alarmowe. Systemy i urządzenia transmisji alarmu. Wymagania ogólne dotyczące systemów transmisji alarmu, PKN, Warszawa 2001.
- Buczaj M., Daniluk M. 2010. Wykorzystanie modułu GSM do zdalnego monitorowania i zarządzania pracą wybranych układów w pojazdach. *Logistyka* 6/2010, s. 445-452.
- Buczaj M., Sumorek A. 2010. Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu. *Motrol - Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, tom 12, s. 46÷53.
- Horyński M. 2006. Zdalne zarządzanie inteligentną instalacją elektryczną, *Motrol – Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, tom 8A, Lublin.
- Horyński M. 2008. Instalacje elektryczne EIB w inteligentnym domu – komunikacja bezprzewodowa. *Przegląd elektrotechniczny*, Nr 3/2008, s. 105 -107.
- Simon A. 2002. *Sieci komórkowe GSM/GPRS*, Wydawnictwo Xylab, Kraków.

THE ELIMINATION OF THE HUMAN DECISION FACTOR BY THE TECHNICAL MEDIUM OF THE TRANSMISSION OF INFORMATION SIGNAL IN CONTROL AND SUPERVISION ALARM SYSTEMS

Summary. The control and supervision alarm systems are not used to keep the intruder from entering into the object. Their essential task is to detect the hazard and to inform the user about the occurrence of this danger. The time of system's response to the occurred hazard is the basic parameter characterizing the effectiveness of alarm system. Fast and effective detection of attempted burglary or attack is the essence of control and supervision alarm system's operation.

The correct functioning of the control and supervision alarm system is connected with a quick transmitting the information about the state of the protected object to the user. The communications module is answerable for communication between the alarm system and the user. This article presents the analysis of a possibility of replacing the human decision factor by the technical medium of the transmission of information signal in information relay process in the control and supervision alarm systems.

Key words: control and supervision systems, internet, GSM, communication systems.

ANALIZA STATYSTYCZNA ISTOTNOŚCI WPLYWU SEZONU PRODUKCYJNEGO NA WYDAJNOŚĆ LINII ROZLEWNICZEJ PIWA

Zbigniew Burski*, Hanna Krasowska-Kołodziej**

* Katedra Energetyki i Pojazdów, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

** Wyższa Szkoła Inżynierjno-Ekonomiczna w Rzeszowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wykorzystanie statystycznych testów istotności do oceny wpływu sezonu produkcyjnego na wydajność linii rozlewniczej piwa puszkowego. Poddano ocenie logistyki materiałowej wykorzystanie surowca i opakowań w podstawowych etapach technologii produkcji.

Słowa kluczowe: logistyka materiałowa, zakład rolno-spożywczy, linia produkcyjna, wydajność eksploatacyjna.

WPROWADZENIE

W dotychczasowych badaniach prowadzonych nad procesami technologicznymi produkcji przemysłu rolno-spożywczego dominowały zagadnienia związane z wykorzystaniem energii [Burski, Krasowski, Sadkiewicz 2001, Lewis, Young 2001] i surowców [Krasowski, Krasowska 2001, Burski, Bułgakov, eichenbach 2005; Praca zbiorowa 1985].

W związku ze wzrostem konkurencji na rynku konsumpcyjnym, w warunkach wolnej gospodarki, coraz większego znaczenia nabierają analizy kosztów i jakości produkcji związane ze wzrastającą liczbą odprowadzanych odpadów poprodukcyjnych i poeksploatacyjnych [Skrzypek 2000; Burski, Szewczak 2010; Wojdalski, Drózd 2004]. Tym samym, wzrasta znaczenie w ogólnej logistyce, zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji podsystem logistyki materiałowej [Niziński 1999, 2001; Piekarski 2009; Kłos, Kuczewski 2001, Maksimowa, Shapran 2010; Nechaew, Luchko 2010].

CEL I ZAKRES PRACY

Celem niniejszej pracy jest próba wykorzystania statystycznych metod testowania istotności różnic materiałowych występujących pomiędzy głównymi etapami rozlewu piwa puszkowego i wpływem czasu produkcji na występujące straty produkcyjne (tzw. zaniki).

OBIEKT I PRZEDMIOT BADAŃ

Obiektem przeprowadzonych badań była linia rozlewnicza piwa puszkowego o wydajności dziennej 160 000 puszek.

Przedmiotem badań była analiza wielkości produkcji związanej z wydajnością nominalną linii oraz poszczególne fazy rozlewu piwa. Dotyczyły one liczby pobranych puszek z magazynu ich napełnienia oraz występujących strat w postaci tzw. zaniku.

CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU BADAWCZEGO

Analizowany materiał badawczy w postaci dziennych raportów produkcji przedstawiony przykładowo w tab. 1, poddano obliczeniom statystycznym istotności zachodzących procesów technologiczno-eksploatacyjnych. Obejmował dwa sezony – letni (czerwiec, lipiec, sierpień) oraz jesienny (październik, listopad, grudzień). Dla celów obliczeń statystycznych w tabelach wyników obliczeń oznaczono je od „g 1” do „g 6” jako tzw. „grupa”.

W tabeli 1 przedstawiono dzienne raporty produkcyjne z dwóch pierwszych miesięcy każdego sezonu (lipca i października). Natomiast w tabeli 2, statystyki charakteryzujące sumaryczne miary wielkości zmian w miesiącach każdego sezonu.

METODYKA OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH MATERIAŁU BADAWCZEGO ROZLEWU PIWA PUSZKOWEGO

W metodyce obliczeń statystycznych sezonowego materiału badawczego uwzględniono:

- testowanie hipotez (H_0) dla zmiennych pobierania puszek (p.p.), napełniania puszek (n.p.) tzw. „zaniku”,
- obliczenia statystyki sumacyjnej zmiennych,
- analizy wariancji,
- listy porównań wielokrotnych 95.0 procentowego przedziału HSD Tukey’a.

W obliczeniach testowych wykorzystano:

test t-Studenta, test znaków, test rangowanych znaków [Wesołowska-Janczarek, Mikos 1995].

WYNIKI OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

1. Testowanie hipotez zerowych i statystyki sumacyjne zmiennych

Wyniki obliczeń z testowania hipotez zerowych (H_0) zmiennych zastosowanych testów statystycznych nakazały odrzucenie jej dla $\alpha = 0,05$.

Wyniki obliczeń statystycznych sumacyjnych dla zmiennej „p.p.” (pobranie puszek), w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tab. 3.

Wyniki obliczeń statystycznych sumaryjnym dla zmiennej „n.p.” (napełnianie puszek), w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki obliczeń statystycznych sumacyjnych dla zmiennej „zanik” w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tabeli 5.

2. Analiza wariancji i listy porównań wielokrotnych HSO Tukey'a

Wyniki obliczeń analizy wariancji dla zmiennych „p.p.” (pobranie puszek) i „n.p.” (napełnianie puszek), wg. poziomów czynnika „sezon”, przedstawiono w tabeli 6.

Wyniki obliczeń testów porównań wielokrotnych dla zmiennej „p.p.” (pobranie puszek) i „n.p.” (napełnianie puszek) przedstawiono w tabeli 7.

Wyniki obliczeń, analizy wariancji dla zmiennej „zaniku” przedstawiono w tabeli 8, a testów porównań wielokrotnych i obliczeń NIR (najmniejszej istotnej różnicy) przedstawiono w tabeli 9.

Analiza materiałowa produkcji linii rozlewniczej w aspekcie czynnika „sezon”

Z uzyskanych danych dotyczących badanego materiału badawczego przedstawionego przykładowo w tab. 1 wynika niskie wykorzystanie nominalnej zdolności rozlewniczej 160 000 puszek dziennie.

Średnia liczebność pobranych puszek (p.p.) w sezonie jesiennym jest większa od sezonu letniego, przy znacznie większej wartości maksymalnej (173180,0), ale przy znacznie niższej wartości minimalnej co daje współczynnik zmienności 19,97%.

Podobna tendencja istnieje w następnym etapie ich wykorzystania — napełniania puszek (n.p.), ale niższym współczynnikiem zmienności, (16,63%).

Z kolei statystyki sumacyjne dla zmiennej „zaniku” wykazują w obu sezonach badawczych wysoką wartość współczynnika zmienności, s. 1 – 34,99% i s. 2 – 26,63%. Co stanowi przyczynę tego istotnego zjawiska ewidentnych strat materiałowych zakładu winno być poddane szczegółowej dalszej analizie.

Analiza wariancji i testy porównań wielokrotnych nie wykazały istotnych statystycznie zmian wewnątrz grup (miesiące) w sezonach, jak i jednorodności (tab. 5 i 6). Dotyczy to każdej z faz rozlania linii rozlewniczej, puszkowej (tab. 8 i 9).

Tabela 1. Wyniki wydajności linii rozlewniczej piwa każdego dnia dla wybranych miesięcy sezonu produkcyjnego

Table 1. The results of performance of a beer bottling line every day for the selected months of production season

Wydajność linii rozlewu	Sezon letni (czerwiec)			Sezon jesienny (październik)		
	Pobrano puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Zanik puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Pobrano puszek (p. p.)	Zanik
160 000	102 600	102 336	264	103 488	103 488	372
160 000	86 480	86 160	320	71 140	71 140	292
160 000	105 090	104 712	378	99240	98 784	456
160 000	99 120	98 616	504	88110	87 648	462
160 000	102 660	102316	348	99910	99432	478
160 000	93 970	93648	322	103680	103680	250
160 000	93 240	92928	312	54470	54264	206
160 000	92 170	91 896	274	114280	113928	352
160 000	75 410	75 144	266	88600	88 152	448
160 000	89 670	89 352	318	104 860	104 496	364
160 000	100 230	99888	342	77310	76872	248
160 000	103 830	103 444	386	104 000	103 632	368

Wydajność linii rozlewu	Sezon letni (czerwiec)			Sezon jesienny (październik)		
	Pobrano puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Zanik puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Pobrano puszek (p. p.)	Zanik
160 000	101 230	100872	358	111400	111000	400
160 000	103 220	102 840	380	96 320	95 976	344
160 000	106 660	106 296	364	104 840	104 448	392
160000	103 290	102 984	306	98 800	98 640	160
160000	100 830	100 512	318	103 000	102 744	256
160 000	105 460	105 168	292	103 560	103 200	360
160000	103 380	102 960	420	93 020	92 616	404
160000	103 740	103368	372	103900	103488	412
160 000	---	---	---	87 400	87 072	328
160000	---	---	---	106800	106416	384

Tabela 2. Wyniki testowania hipotez dla zmiennej „zanik” w sezonie letnim i jesiennym
Table 2. Results of testing hypotheses for the variable „disappearance” in the summer and autumn

Wyszczególnienie wartości statystycznych testów	Zmienna wyboru (grupa)					
	sezon letni			sezon jesienny		
	czerwiec	lipiec	sierpień	paźdz.	listop.	grudzień
Liczebność	20	16	21	22	22	19
Wartości	264-504	212-434	240-950	160-476	180-708	272-576
Średnia z próby	342,20	339,25	509,90	351,63	332,0	410,31
Mediana z próby	332,00	334,00	476,00	388,00	328,0	384,00
Test t-studenta:						
Hipoteza O średnia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Statystyka t-student	26,81	26,82	13,10	19,32	15,16	20,50
p. istotności:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Test znaków:						
Hipoteza O śr.:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wartości						
poniżej hipot. śr.:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
– powyżej śr.:	20,0	16,0	21,0	22,0	22,0	19,0
Statystyka testowa dla dużych prób	4,24	3,75	4,36	4,47	4,47	4,12

P. istotności	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Test rangowanych znaków:						
Hipoteza zerowa:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Średnia:						
Średnia rang' wartości						
– poniżej hipotetycznej mediany	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
– powyżej:	10,50	8,50	11,0	11,5	11,5	10,0
Stat. testowa dla dużych prób:	3,90	3,49	3,99	4,09	4,09	3,80
p. istotności	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa:	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabela 3. Statystyki sumacyjne dla zmiennej p. p. (pobrania puszek) w zakresie poziomu czynnika „sezon”
Table 3 Summary statistics for variable p.p. (supplied cans) at the level of the factor „season”

Źródło: sezon	Liczebność	Rodzaj zmiennej – pobranie puszek (p. p.)				
		Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	100 077,0	8 774,03	60 980,0	113 600,0	8,76
s. 2	63	102 152,0	20 406,10	13 140,0	173 180,0	19,97
Całkowita	120	101 167,0	15 945,60	13 140,0	173 180,0	15,76

Tabela 4. Statystyki sumacyjne dla zmiennej p. p. (pobranie puszek) w zakresie poziomu czynnika sezon”
Table 4. Summary statistics for the variable p.p. (supplied cans) at the level of the factor “season „

Źródło: sezon	Liczebność	Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	99675,9	8752,48	60768,0	113280,0	8,78
s. 2	63	103675,0	17241,20	54264,0	172656,0	16,63
Całkowita	120	101776,0	13962,30	54264,0	172656,0	13,71

Tabela 5. Statystyki sumacyjne dla zmiennej „zanik” w zakresie poziomu czynnika „sezon”
Table 5 Summary statistics for the variable „disappearance” at the level of the factor „season”

Źródło: sezon	Liczebność	Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	403,15	141,09	212,0	950,0	34,99
s. 2	63	362,47	96,54	160,0	708,0	26,63
Całkowita	120	381,80	120,99	160,0	950,0	31,69

Tabela 6. Analiza wariancji dla zmiennych p. p. (pobranie puszek) i n. p. (napełnianie puszek),
wg poziomów czynnika „sezon”

Table 6. Analysis of variance for variables p.p. (supplied cans) and n.p. (filled cans),
for the levels of the factor “season”

Źródło:	Suma kwadratów		Licz. – Df.		Suma kwadratów		F wart.f.		Poz. ist.	
	p.p.	n. p.	p.p.	p.p.	p.p.	n.p.	p.p.	p.p.	p.p.	n.p.
Między grupami	1.2883 E 10	4.78704 E8	1	1	1.2883 E8	4.78704 E8	0,50 -	2,49 -	0,48 -	0,11 -
Wew. grup	3.01284 E 10	2.272 E 10	118	118	2.55325 E 8	1.92542 E 8	-	-	-	-
Całkowita (popr.)	3.02572 E 10	2.31987 E 10	119	119	-	-	-	-	-	-

Tabela 7. Testy porównań wielokrotnych dla p.p. (pobranie puszek) i n.p. (napełnienie puszek)
wg najmniejszej istotnej różnicy dla poziomów czynnika „sezon”

Table 7. Multiple comparison tests for p.p. (supplied cans) and n.p. (filled cans)
by the lowest significant difference for the levels of the factor „season”

Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey’a											
Źródło: sezon	Liczebn.		Średnia:		Gr. jednor.		Kon- trast	Różnica		t/- Granice NIR	
	p.p.	n. p.	p.p.	n.p.	p.p.	n.p.	s. 1 – s. 2	p.p.	n.p.	p.p.	n.p.
s.1	57	57	100077,0	99675,19	x	x	s. 1 – s. 2	-2074,8	-	5783,71	-
s. 2	63	63	102152,0	103675,0	x	x	s. 1 – s. 2	-3999,6	-		5022,53

Tabela 8. Analiza wariancji dla zmiennej „zanik” wg poziomu „sezon”
 Table 8 Analysis of variance for the variable „disappearance” for the levels of the factor „season”

Źródło:	Suma kwadratów	Licz. – Df.	Średni kwadrat	Wartość funkcji testowej „F”	Poziom istotności „P”
Między grupami	49525,9	1	49525,9	3,45	0,065
Wew. grup	1.69272 E 6	118	14345.1	-	-
Całkowita (popr.)	1.74224 E 6	119	-	-	-

Tabela 9. Testy porównań wielokrotnych i NIR (najmniejszej istotnej różnicy) dla zmiennej „zanik”, wg poziomów czynnika „sezon”
 Table 9. Multiple comparison tests and NIR (lowest significant difference) for the variable „disappearance”, for the levels of the factor „season”

Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey’a						
Źródło: sezon	Liczebn.	Średnia:	Gr. jednor.	Kontrast	Różnica	Granica NIR (+/-)
s. 2	63	362.47	X	s.1 – s.2	40.68	43.35
s. 1	57	403.15	X			

WNIOSKI

Z przeprowadzonych obliczeń statystycznych istotności wykorzystania materiałów i surowców w eksploatacji linii rozlewniczej wynikają następujące wnioski:

- bardzo niskie, dzienne, wykorzystanie wydajności nominalnej linii rozlewniczej,
- znaczne zróżnicowanie liczby pobieranych puszek w sezonie (19,97%),
- znaczne zróżnicowanie napełnianych puszek w sezonie, przy mniejszym współczynniku zmienności, spowodowanym lepszym ich wykorzystaniem (16,63%),
- znaczna wartość współczynnika zmienności „zaniku” w obu sezonach (34,99% i 26,63%), co powinno wzbudzić zainteresowanie właściwego nadzoru technicznego,
- znaczne straty produktu końcowego w wyniku wysokiej wartości zmiennej „zaniku”, a tym samym wzrost objętości ścieków przemysłowych i odpadów poprodukcyjnych wynikających z zadań HACCP.

Z uwagi na przedstawione wnioski, badania winny być kontynuowane w celu poprawy jakości i wielkości produkcji w logistyce materiałowej zakładu.

LITERATURA

1. Burski Z., Krasowski E., Sadkiewicz R. 2001. „The analysis of costs of energy carriers consumption and working capacity in the various technical and technological conditions of brewery plants”. Zbirek Naukowych Prac NAU, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. I, 123–128.

2. Burski Z., Bulgakov V., Reichenbach J. 2005. „The analysis of raw materials and energy consumption and the costs of their utilization in brewery plants”. Zbornik Naukowych Prac NAU, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. II, 82–87.
3. Burski Z., Miselska-Szewczak I. 2010. „Analiza realizacji standardów proekologicznego transportu odpadów produkcyjnych i eksploatacyjnych w logistyce krajowej i międzynarodowej”. Wyd. PAN, Lublin, Motrol, 11B, Lublin, 25–29.
4. Juściński S., Piekarski W. 2009. „Rozkład zapotrzebowania na przeglądy serwisowe ciągników rolniczych w aspekcie terminów agrotechnicznych”. Inżynieria Rolnicza, Vol. 117, Nr 8, Rok XIII, Kraków 31–38.
5. Kłos Z., Kurczewski P. 2001. „Ilościowa analiza środowiskowego oddziaływania urządzeń technicznych. Problemy Eksploatacji”. Nr 5. Warszawa, 15–24.
6. Krasowski E., Krasowska M. 2001. „Gospodarka energetyczna w rolnictwie” Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 60–62.
7. Lewis M. J., Young T.W. 2001. „Piwowarstwo”. Wyd. PWN, Warszawa, 215–222.
8. Maksimowa T., Shapran E. 2010. „Approach to diagnostics of marketing complex of industrial enterprise”. TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. Oddział PAN 10B, Lublin, 5–11.
9. Nechaev G., Luchko M. 2010. „The position of diagnostics and motor – service in transport – logistic system of the Ukraine”. TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. Oddział PAN Lublin, 10B, Lublin, 65–71.
10. Niziński S. 1999. „Logistyka”, Wyd. ATR Olsztyn, 251–258.
11. Niziński S. 2001. „Analiza kosztów eksploatacji obiektów technicznych w rolniczych systemach działania”. Motrol. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 287–293.
12. Praca zbiorowa. 1985. „Poradnik piwowara”. Nr 7. Wyd. NOT, Sigma, Warszawa, 11– 27.
13. Skrzypek E. 2000. „Przydatność systemu zapewnienia jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Eksploatacja i Niezawodność”. Nr 7. Wyd. PAN, Oddział Lublin, 44–53.
14. Wesołowska-Janczarek M., Mikos H. 1995. „Zbiór zadań ze statystyki matematycznej”. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 46–122.
15. Wojdalski K., Drózd B. 2004. „Podstawy analizy oddziaływania zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego na środowisko”. Inżynieria Rolnicza, 5/60, Warszawa, 120–127.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE PRODUCTION SEASON'S IMPACT ON THE PERFORMANCE OF A BEER BOTTLING LINE

Summary. The paper presents the use of statistical significance tests for the evaluation of the production season's impact on the performance of beer bottling line. The material logistics was estimated of the use of raw materials and packaging at the basic production technology stages.

Keywords: material logistics, agri-food factory, production line, operating yield.

BADANIA EKSPLOATACYJNE LINII ROZLEWNICZEJ FIRMY KHS W ASPEKTCIE LOGISTYKI MATERIAŁOWEJ ZAKŁADU PRODUKCYJNEGO

Zbigniew Burski*, Hanna Krasowska-Kołodziej**

* Katedra Energetyki i Pojazdów, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

** Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna w Rzeszowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wydajności linii produkcyjnej do rozlewu beczkowego firmy KHS TILL metodami statystyki matematycznej do oceny logistyki materiałowego wykorzystania surowca i maszyn zastosowano statystyczne testy istotności zachodzenia badawczego procesu w rocznym cyklu produkcyjnym.

Słowa kluczowe: logistyka materiałowa, przemysł spożywczy, efektywność produkcji, testy statystyczne istotności.

WPROWADZENIE

W celu podniesienia efektywności procesu produkcyjnego potrzebne są wszechstronne, wiarygodne i sprawdzone dane dotyczące aktualnej wydajności linii produkcyjnych [Burski, Zając, Pawłowski 2003; Dubeltowska 2000; Dyadichev, Kolesnikow 2010; Kroseder Hermann 1998]. Pomiaru wydajności dokonuje się w wielu przedsiębiorstwach, jednak bardzo często jest to ocena ilościowa pochodząca z danych liczbowych, bez wykazania istotności ich zachodzenia na określonym poziomie prawdopodobieństwa [Burski, Krasowski 2000; Dubetowska 1998; Kunze 1998; Konseder Hermann 1999; Lewicka 1997; Blaik 1997; Radomski, Turowska 2002; Purzycki 2003]. Niekiedy przeprowadza się wielopłaszczyznową analizę [Krasowski, Krasowska 2001] oraz ocenę wpływania na proces technologiczno-produkcyjny metodą statystycznego nim sterowania zmniejszającego poziom istotności np. do 0,01 [Burski, Krasowski, Sadekowiak 2005; Burski, Tarasińska 2003].

O coraz szerszym zastosowaniu statystyki matematycznej, nie tylko w inżynierii rolniczej [Wesołowska-Janczarek, Mikos 1995], świadczy jej wykorzystanie np. w diagnostyce laboratoryjnej (medycznej), [Burski 2011] w kryminalistyce, np. oceny zbioru mienia motoryzacyjnego [Burski 2001], czy dziedzinie przemysłowo-technicznej [Arliński i in. 2010; Belodedov i in. 2010].

CEL I ZAKRES PRACY I PRZEDMIOT BADAŃ

Celem niniejszej pracy była analiza wydajności produkcyjnej rozlewu piwa beczkowego w rocznym przebiegu eksploatacji.

Obiektem badań była linia rozlewnicza do napełnienia beczek typu KEG firmy KHS TILL. W analizowanej technologii produkcji przedmiotem badań były beczki typu KEG 15, 30, 50 litrów do dwóch rodzajów piwa (jasne pełne), o zawartości ekstraktu odpowiednio 12,2 BLG i 15,1 Blg.

METODYKA OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

W analizie statystycznej dotyczącej ilościowej oceny przebiegu eksploatacji linii rozlewniczej piwa w „kegi” wykorzystywano cztery rodzaje testów statystycznych [Domański 1990].

Wykorzystanie różnych rodzajów testów wynikało z braku znajomości kształtu rozkładu danych w populacji (normalnego Gaussa, czy asymetrycznego). Dwa testy parametryczne, typowe dla rozkładów symetrycznych, normalnych: test Tukey’a, a w przypadku porównania większej liczby, test Dunkana odpowiedni do testu Tukey’a, a dający więcej istotnych różnic jednak przy zwiększonym ryzyku błędu statystycznego, ponieważ w większości wyników badań pokrywał się z testem Tukey’a, dlatego w tabelarycznym zestawieniu wyników badań został przedstawiony tylko test Tukey’a jako bardziej wiarygodny. Dwa testy niesymetryczne wykonywane w przypadku wystąpienia w populacji rozkładu niesymetrycznego: test rangowanych znaków w przypadku porównania dwóch populacji, oraz test Kruskala-Walisa w przypadku dwu lub większej liczby porównanych populacji.

Tabela 1. Objasnienie przyjętych oznaczeń materiałowych i wczesnych
Table 1. Explanation of the assumed material and early symbols

X_1	kegi o pojemności 50l do których rozlewano piwo o zawartości ekstraktu 12,2		
X_2	kegi o pojemności 50l do których rozlewano piwo o zawartości ekstraktu 15,1		
X_3	kegi o pojemności 30l do których rozlewano piwo o zawartości ekstraktu 12,2		
X_4	kegi o pojemności 30l do których rozlewano piwo o zawartości ekstraktu 15,1		
X_5	kegi o pojemności 15l do których rozlewano piwo o zawartości ekstraktu 12,2		
X_6	łączna suma kegow rozlanych w ciągu dnia A kwartał pierwszy B kwartał drugi C kwartał trzeci		
A	kwartał pierwszy	e	miesiąc maj
B	kwartał drugi	f	miesiąc czerwiec
C	kwartał trzeci	g	miesiąc lipiec
D	kwartał czwarty	h	miesiąc sierpień
a	miesiąc styczeń	i	miesiąc wrzesień
b	miesiąc luty	j	miesiąc październik
c	miesiąc marzec	k	miesiąc listopad
d	miesiąc kwiecień	l	miesiąc grudzień

W tab. 1 przedstawiono objaśnienia przyjętych oznaczeń materiałowych xxxxxx w obliczeniach statystycznych. W tab. 2 przedstawiono przykładowo konwencjonalny (liczbowy) raport miesięczny o wydajności produkcyjnej.

Tabela 2. Miesięczne dane liczbowe wydajności linii rozlewniczej KHS TILL
Table 2. Monthly performance figures of the TILL KHS filling line

POJEMNOŚĆ		50l		30l		15 l	12,2	RAZEM	WYDAJNOŚĆ NOMINALNA
Lp.	Gatunek piwa Data	Blg	12,2	15,1	12,2	15,1			
1	1 7.01	szt.	174		570		14	758	773
2	2 9.01	szt.	230	36		247		513	523
3	10.01	szt.	664		108			772	788
4	13.01	szt.	1068	36	668	247	14	2033	2074
5	14.01	szt.	340		198		12	550	561
6	15.01	szt.	356	201	72	90		719	734
7	17.01	szt.	345		108			453	462
8	21.01	szt.	478	120	36	113		747	762
9	22.01	szt.	727	72				799	815
10	23.02.	szt.	634		247		22	903	921
11	27.01.	szt.	634		54			688	702
12	28.01.	szt.	1104		90			1194	1218
13	29.01.	szt.	831		72			903	921
14	30.01.	szt.	246	173		54		473	483
		Razem	7831	566	2295	751	62	11505	11737

CHARAKTERYSTYKA METODOLOGICZNA WYKORZYSTANYCH TESTÓW ISTOTNOŚCI STATYSTYCZNYCH

1. Test HSD Tukey'a

Obliczenia statystyczne testu HSD Tukey'a obejmowały następujące etapy przygotowania danych:

1. Wybranie poziomu istotności α (0,05),
2. Uporządkowanie średnich według wielkości,
3. Z wariancji resztkowej $s^2(x)$ obliczenie.
 - a. wariancji średnich, $s^2(\bar{x}) = s^2(x)/k$,

b. błędu standardowego średnich $\bar{s}(\bar{x})$.

4. Wybranie wartości t , odpowiedniej poziomowi istotności i stopniom swobody $s^{-2}(x)$. Obliczenie dla tej wartości / najmniej istotnej różnicy między średnimi,

$$\text{NIR} = t\bar{s}(\bar{x})\sqrt{2}.$$

5. Ułożenie uporządkowanych średnich w takie grupy, dla których różnica między dwiema kolejnymi średnimi jest większa niż NIR.

6. Każda grupa obejmująca jedną lub dwie średnie była uważana za odrębną grupę.

7. Dla każdej grupy zawierającej więcej niż dwie średnie wyznaczenie średniej tej grupy \bar{x}_m i ustalenie większej różnicy w grupie: $d_n / x_1 - x_m$.

8. Obliczenie t dla jednego z dwóch równań odnoszące się do grupy, dla grup o trzech średnich:

$$t = \frac{d_N / \bar{s}(\bar{x}) - 0,5}{3(0,25 + 1/f)}. \quad (1)$$

Dla grup o więcej niż trzech średnich:

$$t = \frac{d_N / \bar{s}(\bar{x}) - 1,2 \lg n'}{3(0,25 + 1/f)}. \quad (2)$$

9. Jeśli t było większe niż t odczytane z tablicy na wybranym poziomie istotności i przy nie-skończonej liczbie stopni swobody, oddzielnie od grupy średniej odpowiadającej (\bar{x}_1) i powtórzenie obliczenia brano nową średnią grupową. Jeśli wartość t była mniejsza od t z tablicy, przyjęto że grupa jest jednorodna na wybranym poziomie istotności.

2. Test Kruskala-Walisa

Jeżeli danych jest k populacji, w których badana cecha ma rozkład typu ciągłego o nieznanym odpowiednio dystrybucjach F_1, \dots, F_k weryfikacja hipotezy $H: F_1 = F_k$. Wobec hipotezy alternatywnej, że rozkład badanej cechy nie we wszystkich populacjach jest taki sam, opartej na próbkach o licznosciach $n_i (i = 1, \dots, k)$ pobranych z tych populacji, zakłada się że poziom istotności jest równy α . Wszystkie wyniki k próbek w liczbie $n = \sum_{i=1}^k n_i$ ustanowione od najmniejszej do największej numerowano kolejnymi liczbami naturalnymi, tj. nadanie rangi).

Następnie dla każdej próbki oddzielnie wyznaczono sumę rang $R_i = (i - 1, \dots, k)$. Do konstrukcji testu wykorzystano statystykę Kruskala-Walisa:

$$\chi^2 = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} + 3(n+1), \quad (3)$$

który w przypadku $k = 3$, przy założeniu prawdziwości hipotezy H , ma asymptotyczny rozkład o $k - 1 = 2$ stopniach swobody. Zbiorem krytycznym testu na poziomie α jest przedział $< \chi^2 [(1 - \alpha, k - 1), \infty]$.

**WYNIKI OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH ISTOTNOŚCI
WYDAJNOŚCI PROCESU TECHNOLOGICZNO-ROZLEWNICZEGO**

Tabela 3. Wyniki obliczeń wartości różnic wydajności linii analizą wariancji i testem Kruskala-Walisa w kwartałach okresu eksploatacji linii rozlewniczej
Table 3. The results of calculations of performance differences by the variance analysis and Kruskal-Wallis test in the quarterly periods of filling line operation

	Analiza wariancji			Test Kruskala-Walisa		
	f. wymierna	p. istotności	TAK/NIE	statystyka testu	p. istotności	TAK/NIE
X1	2,27	0,0138	TAK	24,823	0,0096	TAK
X2	1,24	0,317	NIE	9,569	0,2965	NIE
X3	1,20	0,294	NIE	8,182	0,6969	NIE
X4	0,92	0,518	NIE	8,401	0,3952	NIE
X5	1,44	0,181	NIE	13,270	0,2760	NIE
X6	2,02	0,029	TAK	32,648	0,000599662	TAK

Tabela 4. Wyniki obliczeń wartości różnic wydajności linii analizą wariancji i testem Kruskala-Walisa w kwartałach okresu eksploatacji linii rozlewniczej
Table 4. The results of calculations of performance differences by the variance analysis and Kruskal-Wallis test in the quarterly periods of filling line operation

	Analiza wariancji			Test Kruskala-Walisa		
	f. wymierna	p. istotności	TAK/NIE	statystyka testu	p. istotności	TAK/NIE
X1	3,54	0,0159	TAK	10,9482	0,0120	TAK
X2	2,05	0,1450	NIE	3,68907	0,15809	NIE
X3	2,36	0,0738	NIE	5,32952	0,1491	NIE
X4	0,09	0,9159	NIE	0,054727	0,9730	NIE
X5	1,41	0,2477	NIE	4,40903	0,220	NIE
X6	0,87	0,4598	NIE	9,55148	0,0227	NIE

Tabela 5. Wyniki obliczeń wartości różnic wydajności a analizą wariancji i testem Kruskala-Walisa na sumach kegów w rocznym okresie eksploatacji linii rozlewniczej
 Table 5. The results of calculations of performance differences by the variance analysis and Kruskal-Wallis test on the keg sums in the annual period of filling line operation

	Analiza wariancji			Test Kruskala-Walisa		
	f. wymierna	p. istotności	TAK/NIE	statystyka testu	p. istotności	TAK/NIE
X1	4,21	0,046	TAK	8,568	0,035	TAK
X2	2,59	0,154	NIE	4,392	0,111	NIE
X3	1,89	0,209	NIE	4,142	0,246	NIE
X4	0,41	0,678	NIE	1,165	0,558	NIE
X5	3,93	0,054	NIE	6,481	0,090	NIE
X6	1,96	0,198	NIE	5,017	0,175	NIE

Tabela 6. Wyniki obliczeń wartości różnic wydajności analizą wariancji i testem Kruskala-Walisa w 6 miesiącach, w poszczególnych kwartałach okresu eksploatacji linii rozlewniczej
 Table 6. The resultant differences in performance, analysis of variance and Kruskal-Wallis test for 6 months in particular quarters of the filling line's exploitation period

		f. wymierna	p. istotności	TAK/NIE			f. wymierna	p. istotności	TAK/NIE
X1	A	0,07	0,931	NIE	X4	A	0,51	0,628	NIE
	B	2,67	0,079	NIE		C	3,10	0,089	NIE
	C	3,03	0,057	NIE		D	0,83	0,474	NIE
	D	0,75	0,482	NIE		X5	A	2,38	0,173
X2	A	3,80	0,858	NIE	B		2,27	0,127	NIE
	C	1,07	0,37	NIE	C		0,0	0,998	NIE
	D	0,24	0,793	NIE	D		6,83	0,037	TAK
X3	A	0,48	0,62	NIE	X6	A	1,30	0,286	NIE
	B	1,03	0,366	NIE		B	3,88	0,027	TAK
	C	0,34	0,716	NIE		C	3,16	0,050	TAK
	D	0,58	0,566	NIE		D	1,94	0,158	NIE

Tabela 7. Test Kruskala-Wallisa istotności różnic wg poziomów czynnika „kwartałów” (przykład obliczeń)
 Table 7. Kruskal-Wallis test of difference significance by levels of quarter factor (exemplary calculation)

Grupa	Liczebność próby	Średnia rang
A	3	3,0
B	3	10,0
C	3	9,0
D	3	4,0

statystyka testu = 10,1525

p. istotności = 0,0014 < 0,05

Tabela 8. Obliczanie istotności statystycznej produkcji pomiędzy kwartałami, wg HSD Tukey'a
 Table 8. Calculation of the statistical significance of production between quarters, according to Tukey's HSD

Statystyka sumacyjna dla:	Różnica średnich zależnych od rodzaju czynników	Wartość różnicy średnich	Najmniejsza istotna różnica Tukey'a (NIR)	Liczebność obserwacji	Istotność Tak/Nie
X ₁	A – B	-121,57	158,27	34/50	NIE
	A – C	-58,16	157,03	34/52	NIE
	A – D	64,4	170,27	34/36	NIE
	B – C	63,40	141,02	50/52	NIE
	B – D	*186,01	155,63	50/36	TAK
	C – D	122,60	154,37	52/36	NIE
X ₂	A – C	-99,6	128,37	9/15	NIE
	A – D	-31,36	136,85	9/11	NIE
	C – D	68,23	120,86	15/11	NIE
X ₃	A – B	5,40	138,49	27/47	NIE
	A – C	4,99	136,49	27/51	NIE
	A – D	-118,55	154,68	27/28	NIE
	B – C	-0,41	115,96	47/51	NIE
	B – D	-123,96	136,91	47/28	NIE
	C – D	-123,55	134,89	51/28	NIE
X ₄	A – C	12,26	72,35	8/13	NIE
	A – D	7,6	76,37	8/10	NIE
	C – D	-4,66	67,72	13/10	NIE
X ₅	A – B	1,37	6,07	9/25	NIE

Statystyka sumacyjna dla:	Różnica średnich zależnych od rodzaju czynników	Wartość różnicy średnich	Najmniejsza istotna różnica Tukey'a (NIR)	Liczebność obserwacji	Istotność Tak/Nie
	A – C	1,95	5,99	9/28	NIE
	A – D	-2,72	7,59	9/8	NIE
	B – C	0,57	4,30	25/28	NIE
	B – D	-4,10	6,35	25/8	NIE
	C – D	-4,67	6,26	28/8	NIE
X6	A – B	-96,33	203,06	36/50	NIE
	A – C	-102,03	199,88	36/54	NIE
	A – D	-26,30	216,06	36/38	NIE
	B – C	-5,69	182,32	50/54	NIE
	B – D	70,03	199,93	50/38	NIE
	C – D	75,73	196,70	54/38	NIE

*oznacza różnicę statystycznie istotną

Tabela 9. Test porównań wielokrotnych wg poziomów czynnika kwartału (przykład obliczeń)
Table 9. Test of multiple comparisons by levels of quarter factor (exemplary calculation)

Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey'a				
A	3	6239,33	X	
D	3	6520,67	X	
C	3	10550,7	X	
B	3	11201,7	X	
Kontrast		Różnica		+/- Granice (NIR)
A – B		-4962,33		5760,34
A – C		-4311,33		5760,34
A – D		-281,333		5760,34
B – C		651,0		5760,34
B – D		4681,0		5760,34
C – D		4030,0		5760,34

istotne – „TAK”

MATEMATYCZNA ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH LINII ROZLEWNICZEJ

W przeprowadzonej statystyce matematycznej, na podstawie wyników badania porównawczego wyciąga się wnioski dotyczące badanej cechy w całej populacji. Do najważniejszych form wnioskowania statystycznego należą: estymacja (ocena nieznanymi parametrów bądź ich funkcji, które charakteryzują rozkład badanej cechy populacji) oraz weryfikacja (badanie prawdziwości) postawionych hipotez statystycznych. „Hipotezą statystyczną nazywamy każde przypuszczenie dotyczące nieznanego rozkładu badanej cechy populacji, o prawdziwości lub fałszywości każdego wnioskuje się na podstawie pobranej próbki”. Przypuszczenia te dotyczą najczęściej postaci rozkładu lub wartości jego parametrów. Weryfikację postawionych hipotez statystycznych przeprowadzono na podstawie wyników próby losowej. Metoda postępowania, która każdej możliwej realizacji próbki przyporządkowuje – z ustalonym prawdopodobieństwem – decyzję przyjęcia lub odrzucenia sprawdzonej hipotezy nazywa się testem statystycznym.

W oparciu o powyższe założenia przeprowadzono weryfikację postawionych hipotez statystycznych uzyskanych na podstawie wyników losowej próby. W tab. 9–10 przedstawiono wybrane wyniki obliczeń istotności zastosowanych testów.

Przeprowadzona analiza testów istotności różnic pomiędzy sumaryczną wydajnością eksploatacyjną (materiałową X), dane zamieszczone w tab. 5 wykazały istotne różnice w zakresie produkcji kegow – X_1 o pojemności 50 l, oraz całkowitej produkcji materiałowej (X_0) wg analizy wariancji i testu Kruskala-Walisa. W związku z wykazaniem testem HSD Tukey'a jednorodności homogenicznej dla tej jednostki obliczeniowej (tab. 9), przeprowadzono dodatkowe obliczenia testem Duncana. Wykazał on istotne różnice w postaci 3 grup homogenicznych, pomiędzy kwartałem zimowym (A), letnim (B) oraz jesiennym (D). Uzyskano więcej istotnych różnic w wydajności produkcji, ale przy większym ryzyku błędu statystycznego.

Dla wydajności eksploatacyjnej materiałowej (sumarycznej) dotyczącej wydajności pozostałych podmiotów obliczeniowych ($x_2 - x_3$) wszystkie zastosowane testy statystyczne nie wykazały istotnych różnic eksploatacyjnych (tab. 4).

Obliczenia dotyczące istotności różnic pomiędzy dniami produkcji w kwartałach A, B, C, D wykazały istotne różnice dla X_1 w analizie wariancji, teście HSD Tukey'a (2 grupy homogeniczne) oraz teście Kruskala-Walisa.

W podobnej analizie istotności różnic pomiędzy miesiącami produkcji (a – l), w poszczególnych kwartałach (A – D) istotność różnic wystąpiła dla kegow o pojemności X_1 , w kwartale C (tab. 3) w analizie wariancji (różnica minimalna) i teście HSD Tukey'a (2 grupy homogeniczne). Ponadto wystąpiły istotne różnice poszczególnych testów dla kegow o pojemności 15 l (X_2) w kwartale B i w kwartale C (tab. 6).

Reasumując najbardziej istotne różnice w wydajności produkcji dotyczyły pojemności materiałowej kegow o pojemności 50 l piwa o zawartości 12,2 Blg, zarówno w produkcji nocnej, jak i dziennej wydajności.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Podstawowym zagadnieniem w eksploatacji linii rozlewniczej jest kontrola wydajności eksploatacyjnej oraz analiza wpływu różnych czynników organizacyjnych, programowych i poza programowych.

Wydajność eksploatacyjną najczęściej określają wartości liczbowe zawarte w dziennych (zmianowych) zespołach). Jednak coraz częściej zaleca się stosowanie oceny efektywności przez

bieżące śledzenie (w czasie rzeczywistym) przestoju parku maszynowego [Purzycki 2003] jako tzw. wydajności czasowej. Jest to jednak analiza pracochłonna nie zawierająca oceny zmian dynamicznych produkcji na określonym poziomie prawdopodobieństwa ich występowania. Wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness) jest tylko rejestratorem zdarzeń, większy jest efekt metod statystycznego sterowania produkcją umożliwiające podnoszenie progu wydajności od poziomu 0,05 do 0,01.

Przeprowadzone badania, których wyniki zostały ograniczone z uwagi na przyjęty zakres opracowania, pozwoliły na wyprowadzenie następujących wniosków:

- wydajność linii produkcyjnej w znacznym stopniu zależy od zapotrzebowania na rynku zbytu, z czym wiążą się istotne różnice wydajności pomiędzy kwartałami produkcji,
- na wydajność linii produkcyjnej mają wpływ planowane przestoje i naprawy oraz jej konserwacje, które powinny wiązać się ściśle z kresami mniejszego zapotrzebowania,
- rozlewanie piwa do beczek o różnej pojemności (50, 30 i 15 l) powoduje obniżenie wydajności linii o 5%,
- straty wynikające z każdorazowego uruchamiania linii rozlewniczej związane niedopełnieniem beczek powodują zmniejszenie jej wydajności o 2%,
- konkurencja na rynku konsumenckim ze strony rozlewu punktowego i butelkowego powodują ograniczenie nominalnej wydajności linii rozlewu beczkowego,
- wyniki analizy statystycznej i czasowej wydajności linii rozlewniczej w rocznym okresie produkcji, pomimo stwierdzonych istotnych różnic, świadczyły o rytmiczności produkcji w badanym zakładzie produkcyjnym.

Coraz powszechniejsza kultura picia piwa tzw. kuflowego daje dwie możliwości rozwoju tej gałęzi produkcyjnej w browarach, a zastosowanie matematycznych testów istotności do analizy procesu technologicznego powinno powodować obniżanie się kosztów produkcji i wzrost jej jakości.

LITERATURA

1. Arlinskii Y., Kovalev Y., Tsekanovski E., 2010, Qusi-self-adjant maximal accretive extensions of nonnegative symmetric operations, TEKA Kom. Mat i Energ. Roln. OL PAN, 10 A, Lublin – Lugańsk, 6–14.
2. Belodedov V., Nosko P., Fil P., Mazneva M., Boyko G. 2010. Selection of back ter with horizontal disk parameters Chile maize sowing. Teka Kom. Mat. Energ. Roln. – OL PAN, 10 A, Lublin – Lugańsk, 33–39.
3. Błaik P. 1997. Logistyka – koncepcja zintegrowanego zarządzania przedsiębiorstwem. PWE. Warszawa, 115–121.
4. Burska A. 2011. Analiza izoenzymów i lizoform fosfatazy alkalicznej u pacjentów hemodializowanych. Praca doktorska. Maszynopis. UM Lublin.
5. Burski P. 2002 Analiza zbioru mienia motoryzacyjnego w warunkach przemian ustrojowych i własnościowych kraju. Praca doktorska. Maszynopis. AR w Lublinie.
6. Burski Z., Krasowski E. 2000. Maszyny i urządzenia transportowe w przemyśle rolnospożywcym. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 80–87.
7. Burski Z., Krasowski E., Sadkiewicz R. 2005. The analisis of costs of energy carries consumption and working capacity in the various technical and technological conditions of brewery plants. Zbirknik Naukowych Prac NAUK, Wid Nauk, Kyiv XII, T I, 123–128.
8. Burski Z., Tarasińska J. 2003. The metodological aspects of Rusing multifactoral analysis of ariance In the examination of exploitation of engine sets. TEKA Kom. Mat. I Energ. Roln. OL PAN Lublin, 45–54.

9. Burski Z., Zając G., Pawłowski M. 2003. Analiza sieci w scentralizowanym systemie logistycznym produkcji przedsiębiorstwa spożywczego. *Wyd. Kom. Mat. i Energ. Rolnictwa*, T. 5, Lublin, 30–35.
10. Domański C. 1990. *Testy statystyczne*. PWE, Warszawa.
11. Dubetowska T. 1998. Opakowania metalowe w przemyśle spożywczym. *Opakowanie Nr 10*, Warszawa, 6–10.
12. Dubetowska T. 2000. Opakowania w przemyśle piwowarskim i napojowym – Zarys kontroli jakości. *Przemysł fermentacyjny i owocowo-warzywny*. Nr 8. Warszawa, 10–13.
13. Dyadichev V., Kolesnikov A. 2010. Industrial enterprises' study automatic control systems. *TEKA Kom. Mat. I Energ. Roln. – OL PAN*, 10A, Lublin – Lugańsk, 126–132.
14. Krasowski E., Krasowska M. 2001. *Gospodarka energetyczna w rolnictwie*. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 60–63.
15. Kunze W. 1999. *Technologia piwa i słodu*. Piwochmiel Spółka zo.o. Warszawa, 60–75.
16. Kronseder Herman Maschinenfabrik. 1998. *Dass Programm von Krones Und Kettner*. D-93068, Neutranblig (RFN), 3–7.
18. Lewicka E. 1997. Centrum Kodów Kreskowych. Wykorzystanie kodu EAN-128 do śledzenia drogi przepływu beczek z piwem. *Opakowanie Nr 9*, Warszawa.
19. Purzycki G. 2003. Efektywne zarządzanie produkcją. Wskaźnik OEE. *Biul. Automatyki „Astor”* 3 (37), 7–9.
20. Radomski G., Turowska S. 2002. Techniki minimalizacji zawartości tlenu w piwie. *Inżynieria Rolnicza* 4, Warszawa, 297–302.
21. Wesołowska – Janczarek M., Mikos H. 1995. „Zbiór zadań ze statystyki matematycznej”. *Wyd. AR w Lublinie*, Lublin, 46–122.

RESEARCH ON KHS COMPANY BARREL-FILLING LINE IN VIEW OF MATERIAL LOGISTICS IN A PRODUCTION ENTERPRISE

Summary. The paper presents an analysis of the effectiveness of barrel-filling production line in the company KHS TILL, using the methods of mathematical statistics to evaluate the logistics of raw materials and machinery. Statistical significance tests were applied in the research process in the annual production cycle.

Keywords: material logistics, food industry, production efficiency, statistical tests of significance.

THE ANALYSIS OF CONTEMPORARY PROBLEMS OF THE AIR TRANSPORT IN THE ASPECT OF ITS SAFETY

Zbigniew Burski*, Mariusz Szymanek**

** Department of Power Industry and Vehicles*

*** Department of Agricultural Machines Science*

University of Life Sciences in Lublin

Summary. The present thesis presents the state of safety of the Polish civil (commercial) aviation flight on the example of the years 2007÷2008. A detailed analysis was conducted on the basis of data from International Bulletins (BI) and civil publications. The analysis included the number of casualties, destroyed and seriously damaged airships according to kinds, phases of flight, causes and period of time.

Key words: civil air transport, safety of flights, air events.

INTRODUCTION

Present development of air transport technology increases indefectibility of contemporary airships. Implementing of newer, more excellent technologies is not always equiv with improvement in the safety of flights [1, 2, 3, 4, 7].

The so far unknown areas of threats are coming into existence, associated with a very high maneuverability, automation, multi-variance of equipments, lack of standardization, high sensitivity of air engines to foreign bodies and a lot of other causes. Threats associated with the infringing by crews of principles of flight performing, shortcomings in the technical operation of airships or mistakes of flight control have always been, and still are, present. More perfect airships and their multitasking have resulted in the crews performing increasingly complicated tasks in extremely difficult conditions [9, 10].

In many situations, in the deficit of the time, the pilot has to work very quickly, according to the trained habits. In such situations every difference resulting from lack of standardization increases the possibility of the mistake or incorrect action. Shaping the awareness of threats must include all the elements conditioning the high level of the safety of air transport of the Republic of Poland [6, 12].

PURPOSE OF THE THESIS

With the development of the globalization in transport logistics in the scope of road means of transport increasingly significant is the material logistics based to a considerable degree on the theory of reliability, prognosis and technical diagnostics [8, 9, 11, 13].

Also, the significance is growing of air transport, both civil and military. It also concerns the rising number of carriers, passengers and transported charges in the food economy of the country [5, 9].

List of markings and abbreviations:

EABL	- European Aviation Safety Agency (EASA),
FAA	- Federal Aviation Administration USA,
ICAO	- International Civil Aviation Organisation,
IMON ds. BL	- Inspectorate of Ministry of Defence Activities for Flight Safety,
KBWL LP	- Committee of the Research on Flying Accidents of National Aviation,
MOTOW	- curb weight [kg],
OKL	- Objective Control of Flights,
QNH	- pressure on the sea level [MPa],
QFF	- pressure on the airport level [MPa],
PKBWL	- National Commission of Examining Flying Accidents,
ULC	- Civil Aviation Office,
ULM	- tourist airplanes,
SBL	- Service of Security of Flights,
WA	- rate of the failure frequency,
WAC	- rate of the serious failure frequency,
WW	- rate of accidents frequency,
ZBL WIML	- Institution of Flights Safety of the Military Institute of Aviation Medicine.

Categories of markings of accidents and serious air incidents (according to ICAO):

ADRM	- airport,
AMAN	- emergency maneuver,
ARC	- abnormal runway contact,
ATM	- air traffic management,
CABIN	- passenger or luggage cabin,
CFIT	- collision with the earth without loss of control,
F – NI	- fire/smoke (without collision),
F – POST	- fire/smoke (after collision and fall),
FUEL	- accident associated with fuel,
G – COL	- ground collision,
LALT	- air operation on the small height,
LOC – G	- loss of control on the ground,
LOC – I	- loss of control in the air,
MAC	- close-up in the air,
OTHR	- others; birds, planes,
RAMP	- ground obstacle (handling),
RE	- falling out of the runway,

RI – A	- animals rushing to the runway,
RI – VAP	- rushing to the runway (vehicle, SP, person),
SCF – NP	- the breakdown or the incapacity of the system or the element (non-propeller),
SCF – PP	- the breakdown or the incapacity of the system or the element propeller),
SEC	- security associated event,
TURB	- unexpected turbulence,
UNK	- unknown or unspecified event,
WSTRW	- the dodge of the wind or the storm with discharges.

METHODOLOGY AND SUBJECT OF RESEARCH

In the assumed methodology of research according to the annex to the Regulation of the Minister of Transport and Contact from 18-th January 2007 there were distinguished the following air events: flying accidents, serious incidents, air incidents and not classified air events. According to above-mentioned Regulation of the Minister of Transport in relation to events which do not fulfill the definition of the accident or the incident (nevertheless are registered in the database) examining their causes is left to the air entities which reported them, without the supervision of the BWL LP commission. In order to distinguish them from others for the purposes of drawing up the information about the state of flight safety, they were named „*not classified*”.

The present analysis of flying accidents in the civil Air Transport of the Republic of Poland was drawn up based on the data concerning accidents and air incidents of the inspectorate of the Ministry of Defense in the matters of the Safety of Flights and described in the Informational Bulletins of the Safety of Flights. These are air events examined by KBWL LP in the years 2007÷2008.

This analysis from obvious reasons cannot constitute full and all-embracing information about the state of the safety of flights in the Republic of Poland. A much larger amount of information is needed for such an accomplishment e.g. number of logged hours, number of performed drops etc. The aim of this analysis was to draw attention to the complex issues of the dynamics of growing threat of the safety in the air transport. This contemporary phenomenon is interesting to the society of the Republic of Poland.

ANALYSIS OF FLYING ACCIDENTS IN THE CIVIL AIR TRANSPORT IN THE YEARS 2007÷2008

The concept of „the safety of flights” means the ability of the system airship – crew to carry out the set flight with the guaranteed level of preserving the life of crew members and passengers, safety of cargo and not damaged techniques – dependent on the level and the influence of individual properties of air complex, as well as the professionalism of the ground crew [5, 15].

In the years 2007÷2008 there were registered on the whole 761 (961) air events, including 88 (75) accidents, 14 (10) serious incidents, 489 (472) air incidents and 170 (404) other air events, having the impact on safety, until 2008 registered as „*not classified*”.

It appears from the described data that in 2007 on one accident or the serious incident there fall 5 air incidents. Whereas 2008 was a consecutive year, where the number of reported events increased and at the same time the number of flying accidents decreased (Fig. 1).

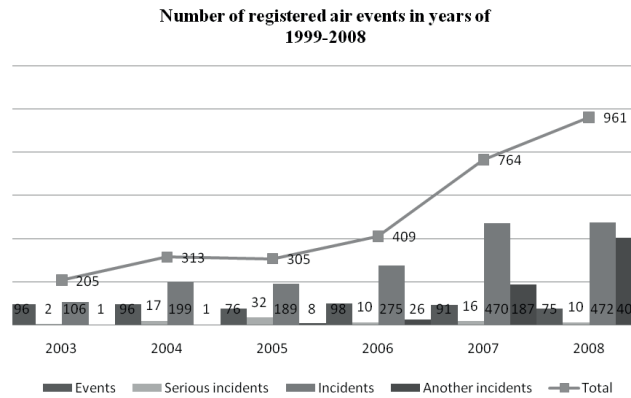


Fig. 1. Number of the injured in air events in the years 2003÷2007 [5]

In 2007, 22 persons perished in 14 flying accidents, including 9 persons in up 50 5700 kg MTOW, 2 on motogliders, 2 on gliders, 6 on motoparagliders, 1 on the paraglider and 2 on parachutes. Moreover, in 34 accidents 40 persons suffered from a serious personal injury and in 18 events (accidents, serious incidents, air incidents) 17 persons also suffered slight injuries (Fig. 2), [5].

There were destroyed 20 airships, including 10 aeroplanes, 4 ULM, 1 helicopter, 1 motoglider, 2 gliders and 2 motoparagliders, 38 were seriously damaged (Fig. 3), [5].

The number of events in 2007, in relation to 2006 rose at 85% and the number of accidents dropped at about 11%. The number of serious incidents rose at about 27% and the number of incidents rose at 63%.

2008 for domestic aviation was a consecutive year, where the number of reported events rose and at the same time number of flying accidents diminished. The conclusion is that the number of events is equiv to human or financial losses. Also, a positive awareness is growing among the users of airships in the field of flight security.

Table 1. Categories of accidents and serious incidents in 2007 according to ICAO methodology (the author's own study according to [5])

Number	Specification	Number	No.	Specification	Number
1.	OTHR	26	11	FUEL	3
2.	LOC-I ARC	19	12	F-POST	3
3.	LALT	15	13	TURB	2
4.	SCF-PP	10	14	RI VAP	2
5.	SCF-NP.	7	15	G COL	2
6.	AMAN	7	16	RAMP	1
7.	<MAC	6	17	LOC-G	1
8.	ATM	5	18	F-NI	1
9.	RE	5	19	CFIT	1
10.		3	20	ADRM	1

Table 2. Categories of incidents in 2007 according to ICAO methodology (own study according to [5])

Number	Specification	Number	No.	Specification	Number
1.		150	13	ARC	4
2.	SCF-NP.	124	14	FUEL	4
3.	OTHR	95	15	F-NI	3
4.	ATM	59	16	UNK	3
5.	MAC	39	17	AMAN	2
6.	SCF-PP	34	18	LOC-G	2
7.	RI-A RI-VAP	21	19	F-POST	1
8.	ADRM	11	20	SFC	1
9.	RAMP	8	21	WSTRW	1
10.	LALT	6	22	CABIN	1
11.	LOC-I TURB	6	23	RE	1
12.		6			

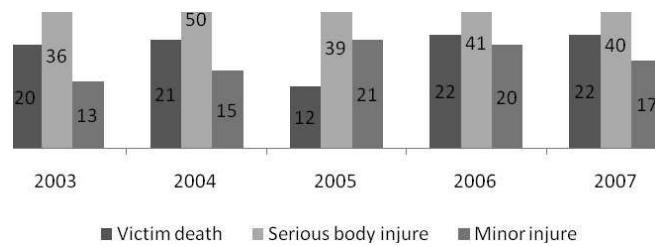


Fig. 2. Number of casualties in air events in the years 2003÷2007 [5]

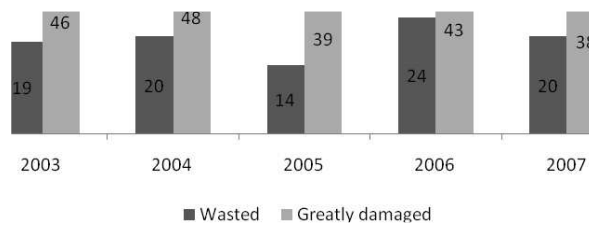


Fig. 3. Number of destroyed and seriously damaged air ships in the years 2003÷2007 [5]

In the assessment of flight safety in the air transport a number of events according to the phase of the flight described in Figure 4 is a substantial issue. Large number of events (stop 52, hedging 45, start 164, route 143, maneuvering 107, approach 102, landing 97) is falling here not for the landing (97), but for the take-off of the airplane (164 cases).

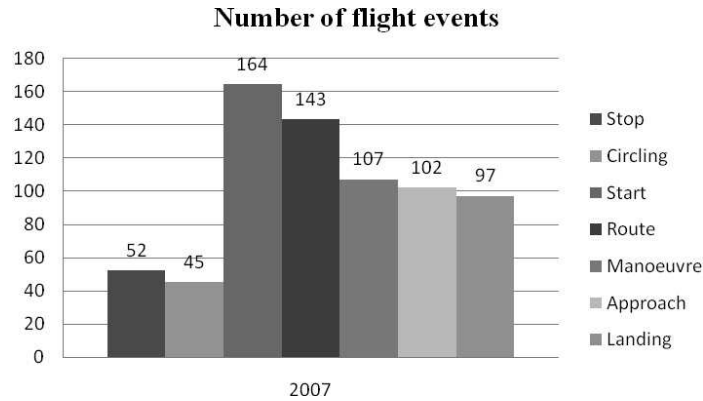


Fig. 4. Number of events according to the phase of the flight on the example of the year 2007 [5]

Assessment of the safety of flights of the air transport on the basis of ICAO indicators and standards

For the civil aviation (commercial – regular passenger transport) on account of the lack of accidents with the fatal effect indicator of accidents (WW) in the year 2008 was equal to zero (Fig. 5). This value is comparable with the indicator of other EU countries.

However, the rate of the failure frequency (WA) is counted according to:

$$\text{the } WA \text{ relation} = (W \times 100\ 000/N),$$

where:

W – number of accidents,

N – general air raid in the given type of aviation or the given airship.

For commercial aviation this rate also amounts to 0 in 2008 (Fig. 5 and Fig. 7).

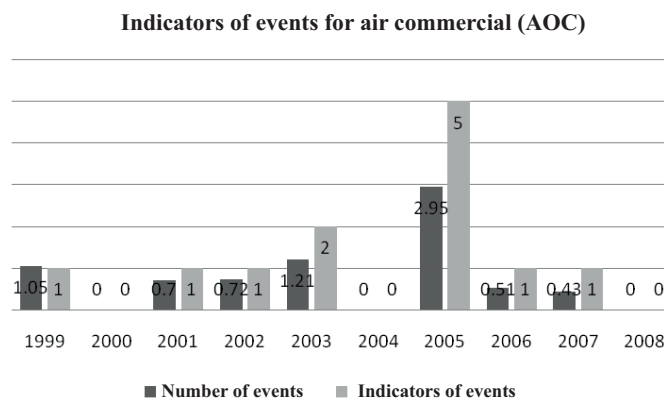


Fig. 5. Indicator of accidents for commercial aviation (AOC) [5]

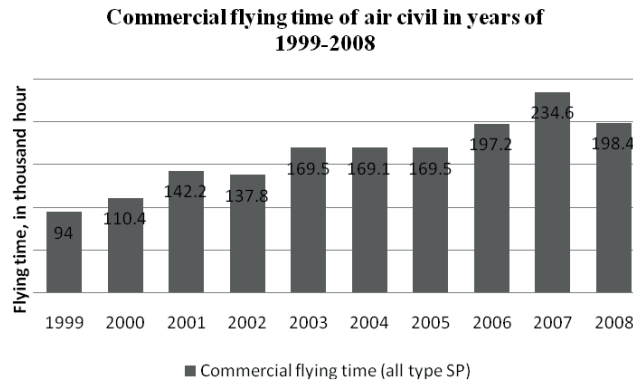


Fig. 6. Aid raid of civil aviation in the years 1999÷2008 [5]

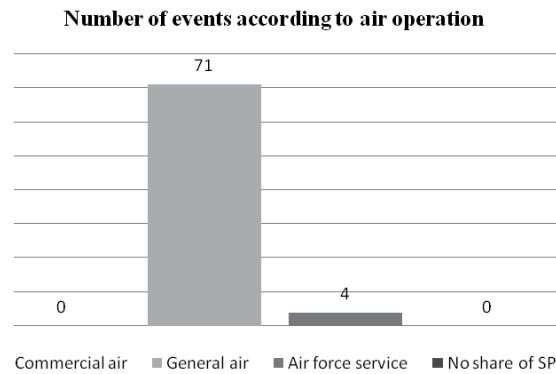


Fig. 7. Number of accidents according to the type of air operation in the year 2008

CONCLUSIONS

Indicators of the safety of flights in civilian transport aviation in the Republic of Poland have proved that the security level of flights is undergoing a systematic improvement. It is due to the construction of more and more excellent and more reliable air ships and to the structure of systems and applying standards assisting their performance. Increasing the reliability and improvement of flights safety in the Republic of Poland, however, is far from ICAO standards which should fall to 600 air events [7, 14].

Success of particular types of commodities and personal transport to a considerable degree is conditioned by the comfort, speed, economics and safety which the given means of transport assures.

Flights on regular lines are at present safer than they were in the past, but in the last period the number of fatalities has stayed on the unchanged level, indicating that the effectiveness of traditional methods of preventing flying accidents is expiring. From the above results it seems certain, that with a view to a further reduction of the accident toll, probably it will be necessary to work out other, new methods and programs of providing the safety of flights.

The psychological factor plays a great role in the evaluation of the state of the safety of flights. Flying accidents are spectacular and have recently been widely publicized in media and long discussed in the society. Therefore, further information for the public on the kinds of air events and their causes is essential. It requires further analyses and expert specialist publications.

REFERENCES

1. Biuletyn informacyjny BL nr 7/2007. Inspektorat Ministerstwa Obrony Narodowej ds. Bezpieczeństwa lotów, Poznań.
2. Biuletyn informacyjny BL nr 8/2007. Inspektorat Ministerstwa Obrony Narodowej ds. Bezpieczeństwa lotów, Poznań.
3. Biuletyn informacyjny BL nr 9/2008. Inspektorat Ministerstwa Obrony Narodowej ds. Bezpieczeństwa lotów, Poznań.
4. Biuletyn informacyjny BL nr 10/2008. Inspektorat Ministerstwa Obrony Narodowej ds. Bezpieczeństwa lotów, Poznań.
5. Gozdalski J. 2010: *Analiza bezpieczeństwa lotów w warunkach transportu osobowego i towarowego*. Praca dyplomowa WIP UP w Lublinie.
6. Karst L. 2008: *Polskie skrzydła nad Sudanem*. Wyd. ŻP grupa, Sp. z o. o. . Piekary Śląskie.
7. Klich E. 1998: *Bezpieczeństwo lotów – wypadki, przyczyny, profilaktyka*. Zakład Poligraficzny „Wisła”, Puławy.
8. Neechaev G., Luchko M. 2010: *The position of diagnostic and motor – service in transport – logistic system of the Ukraine*. Teka Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN Lublin, 10 B, 65-41.
9. Niccoli R. 2007: *Historia lotnictwa*. Wyd. CARTA BLANCA, Sp. z o.o.
10. Nielsen L.D., Jespersen P.H., Petersen T., Hansen L.G. 2003: *Preyght transport growth- A theoretical and methodological fra mework*. European Journal of Operational Research, 144, 295-305.
11. Praca zbiorowa 2005: *Organizacja i metodyka badania wypadków lotniczych w lotnictwie państwowym i lotnictwie cywilnym*. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie.
12. Romazanov S. 2010: *Innovative technologies of anticrisis management for production – transport complex*. Teka Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN Lublin, 10 B, 120-124.
13. Rowiński R. 2003: *Polskie agrolotnictwo*. Wyd. UWM, Olsztyn.
14. Slobodyanyuk M., Nechaev G. 2010: *The evaluation technique of logistics' system cargo transportation efficiency development*. Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN Lublin, 10 B, 162-170.
15. http://www.ulc.gov.pl/_download/bezpieczenstwo_lotow/biuletynt/2009/biul_03_09.pdf

ANALIZA WSPÓŁCZESNYCH PROBLEMÓW TRANSPORTU POWIETRZNEGO W ASPEKCIE JEGO BEZPIECZEŃSTWA

Streszczenie. W pracy przedstawiono stan bezpieczeństwa lotów polskiego lotnictwa cywilnego (komercyjnego) na przykładzie lat 2007-2008. Szczegółowej analizie, opartej o dane Biuletynów Informacyjnych BL, popartej publikacjami cywilnymi poddano między innymi: liczbę poszkodowanych, zniszczonych i poważnie uszkodzonych statków powietrznych wg rodzajów, faz lotu, przyczyn i czasokresie.

Słowa kluczowe: cywilny transport powietrzny, bezpieczeństwo lotów, zdarzenia lotnicze.

INSTALACJA ZGAZOWUJĄCA OSUSZONY OSAD ŚCIEKOWY

Karol Cupiał, Michał Pyrc, Arkadiusz Jamrozik, Wojciech Tutak,
Arkadiusz Kociszewski, Karol Grab-Rogaliński

Instytut Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania, Politechnika Częstochowska,
al. Armii Krajowej 21, 42-200 Częstochowa,
cupiał@imtits.pcz.czyst.pl, pyrc@imtits.pcz.czyst.pl, jamrozik@imtits.pcz.czyst.pl,
tutak@imtits.pcz.czyst.pl, kocisz@imtits.pcz.czyst.pl, grab@itm.pcz.czyst.pl

Streszczenie. Jedną z technologii umożliwiających termiczną neutralizację odpadów ściekowych połączoną z wykorzystaniem ich do celów energetycznych jest zgazowanie i wykorzystanie pozyskanego gazu generatorowego do zasilania silników tłokowych napędzających stacjonarne zespoły prądotwórcze. W pracy przedstawiono zaprojektowaną i wykonaną w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej instalację zgazowania osadu ściekowego w skład, której wchodzi: zgazowarka współprądowa ze złożem stałym oraz system oczyszczania gazu generatorowego powstałego w wyniku zgazowania. Gaz generatorowy powinien posiadać odpowiednią wartość opałową ze względów zarówno ekonomicznych jak i technicznych oraz powinien być pozbawiony pyłu i smoły pogazowej, aby nie wpływać negatywnie na żywotność silnika. Przed doprowadzeniem gazu do silnika musi on być oczyszczony z pyłu i smoły pogazowej. Po szeregu prac modernizacyjnych uzyskano stabilne działanie zgazowarki z realną sprawnością konwersji węgla z osadu do gazu generatorowego nie mniejszą od 40 %. W wyniku zgazowania z 1 tony osadu można otrzymać, co najmniej 1450 m³ gazu generatorowego o wartości opałowej zawierającej się w granicach (2,5-3,5) MJ/m³. Instalacja oczyszczająca zapewniła oddzielenie smół pogazowych zawartych w osadzie w stopniu eliminującym kondensację tych smół w układzie dolotowym badawczego doładowanego silnika tłokowego.

Słowa kluczowe: silnik tłokowy, wytwornica gazu, zgazowarka, osad ściekowy, zgazowanie.

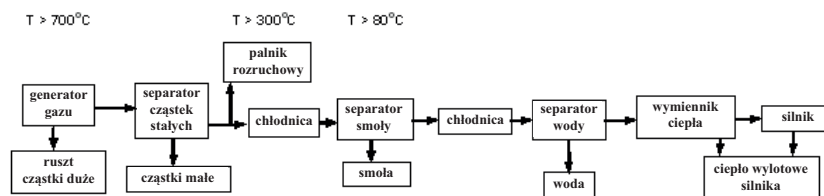
WSTĘP

Osady ściekowe są wytwarzane w oczyszczalniach ścieków, jako produkt uboczny biochemicznych procesów oczyszczania ścieków. Osady te są oddzielane od ścieków w osadnikach i potem po dodaniu koagulantów są zagęszczane w prasach taśmowych lub wirówkach do postaci gęstej pulpy. Tak otrzymany osad zawiera masowo ok. 12% substancji organicznych podlegających biodegradacji oraz ok. 79% wody, ok. 9% popiołu i niewielkie ilości substancji szkodliwych m.in. metali ciężkich - zazwyczaj uniemożliwiających wykorzystanie osadu do celów rolniczych. Wartość opałowa takiego osadu zazwyczaj nie przekracza 1 MJ/kg, co czyni go niezdolnym do samodzielnego podtrzymywania procesu spalania. W rozumieniu obowiązujących przepisów o gospodarce odpadami osady ściekowe są traktowane, jako odpady niebezpieczne kategorii B33

zał. nr 2 [1] i ich składowanie oraz przetwarzanie jest ograniczone ustawowymi restrykcjami. Dla zmniejszenia masy i gęstości osadów oraz dla ich higienizacji w niektórych oczyszczalniach ścieków komunalnych stosuje się suszenie osadów w suszarniach w temperaturze ok. (220–240)°C. Wartość opałowa osuszonego osadu wynosi ok. 11 MJ/kg i jest porównywalna z wartością opałową surowego drewna (8 MJ/kg) i węgla brunatnego (9-17) MJ/kg, suchego torfu (14 MJ/kg) a to oznacza, że osuszony osad może być wykorzystany jako surowiec energetyczny. Osady ściekowe o wilgotności nieprzekraczającej 10 % oraz wartości opałowej nie mniejszej niż 10 MJ/kg nie ulegają biodegradacji i mogą być zagospodarowywane jedynie przez ich termiczne przekształcanie [2]. Jedną z technologii umożliwiających termiczną neutralizację odpadów połączoną z wykorzystaniem ich do celów energetycznych jest zgazowanie i wykorzystanie pozyskanego gazu generatorowego do zasilania silników tłokowych napędzających stacjonarne zespoły prądotwórcze. Zgazowanie osadów ściekowych jest pewną odmianą procesów termicznej neutralizacji odpadów. Minimalna temperatura w komorze spalania [2] dla odpadów powinna wynosić, co najmniej 850°C, a dla odpadów zawierających więcej niż 1% związków fluorowcoorganicznych w przeliczeniu na chlor powinna wynosić, co najmniej 1100°C. W Polsce ograniczenia składowania odpadów zawierających substancje biodegradowalne [3] obowiązują od roku 2006 i wprowadzają ograniczenia dotyczące składowania odpadów stałych. Krajowy Program Gospodarowania Odpadami [2] zakłada, że w Polsce w roku 2010 będzie 6400 tys. Mg odpadów komunalnych biodegradowalnych, z czego zgodnie z ww. Dyrektywą może być składowane tylko 3300 tys. Mg, a więc neutralizacji musi podlegać, co najmniej 3100 tys. Mg. Oznacza to, że problem opracowania racjonalnej technologii neutralizacji odpadów biodegradowalnych, w tym także osadów ściekowych, wymaga pilnego rozwiązania.

Zgodnie z Dyrektywą Unijną 1999/31/WE dotyczącą ograniczeń w składowaniu odpadów biodegradowalnych, w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej opracowano technologię termicznego przetwarzania przefermentowanych, podsuszonych, organicznych osadów ściekowych, będących ubocznym produktem procesu oczyszczania ścieków komunalnych w oczyszczalni, na energię elektryczną i ciepło.

W obecnie dostępnych na rynku instalacjach przeznaczonych do zgazowania substancji organicznych, głównie drewna, dostarczających pozyskany gaz generatorowy do zasilania zespołów prądotwórczych z silnikiem spalinowym, dominują instalacje o mocy elektrycznej nieprzekraczającej 150 kW. Wykorzystują one gazogeneratory współprądowe ze złożem stałym z czystym powietrzem, jako medium utleniającym. Osiągają one stosunkowo wysoką sprawność energetyczną przekraczającą 80 % i wytwarzają bogaty w wodór gaz generatorowy o wartości opałowej od 4,0 do 5,5 MJ/m³ zawierający stosunkowo małą ilość pyłu (100 – 1000 mg/m³) i niskowrzących smół (100-500 mg/m³). Ilość tych zanieczyszczeń jest jednak znacząco większa od górnych granic wartości dopuszczalnych dla silnika tłokowego (do 50 mg/m³ pyłu i do 100 mg/m³ smoły), dlatego surowy gaz generatorowy nie może być doprowadzany do silnika bezpośrednio z gazogeneratora. Przed doprowadzeniem do silnika gaz musi być schłodzony oraz dokładnie oczyszczony w dodatkowej, dość skomplikowanej, instalacji zawierającej układ filtrów cyklonowych, chłodnic, zraszaczy, osuszaczy i filtrów porowatych.



Rys. 1. Zmiany temperatury gazu w instalacji oczyszczania [4]

Fig. 1. Schematic relationship of gas temperature to contaminant removal [4]

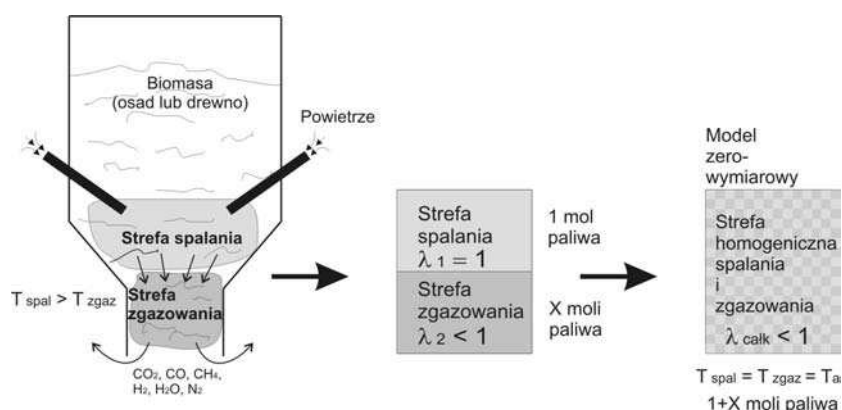
Doświadczenia eksploatacyjne wielu producentów instalacji zgazowujących pokazują, że systemy oczyszczania gazu nie pracują bezproblemowo i szczególnie w instalacjach małej mocy nie są w stanie zapewnić odpowiedniej czystości gazu.

W ramach praktycznej realizacji opracowanej w IMTiTS technologii, zbudowano prototyp instalacji zgazowującej o mocy 100kVA/80kW, złożonej ze zgazowarki osuszonego osadu ściekowego jako wytwornicy gazu generatorowego, instalacji oczyszczania gazu, tłokowego silnika spalinowego, generatora energii elektrycznej i bloku wymienników ciepła.

W artykule przedstawiono instalację zgazowania osuszonego osadu ściekowego w skład, której wchodzi, zgazowarka współprądowa ze złożem stałym oraz system oczyszczania gazu generatorowego powstałego w wyniku zgazowania. Instalację zaprojektowano, wykonano i uruchomiono, w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej, w ramach grantu R10 019 02 pt. Tłokowy silnik gazowy w instalacji zgazowania osadu ściekowego.

ISTOTA PROCESU ZGAZOWANIA OSADU ŚCIEKOWEGO

Proces zgazowania paliwa stałego lub biomasy (najczęściej drewna) jest pewną odmianą niepełnego spalania realizowanego ze znacznym niedomiarem tlenu. Proces ten realizuje się w gazogeneratorze nazywanym także czadnicą, zgazowarką albo gazownicą. Instalacje zgazowujące różne substancje organiczne, głównie kawałkowane drewno, węgiel drzewny, torf itp. były dość rozpowszechnione na przełomie XIX i XX wieku i są szeroko opisane m.in. w archiwalnej literaturze [5,6] i współczesnej m.in. [7,8,9,10]. W dostępnej literaturze opisane są liczne instalacje zgazowujące biomasę (głównie kawałkowane drewno lub granulowane odpady drewna) natomiast brak jest danych o instalacjach umożliwiających zgazowanie osuszonego osadu ściekowego. Uwzględniając wnioski wynikające z analizy dotychczas zbudowanych instalacji w IMTiTS PCz podjęto prace badawcze mające na celu zbadanie możliwości zgazowania osuszonego i zgranulowanego osadu ściekowego w zgazowarce współprądowej ze złożem stałym wykorzystującej czyste powietrze, jako medium zgazowujące.



Rys. 2. Model zerowymiarowy i schemat rozmieszczenia stref reagujących w reaktorze zgazowującym, współprądowym

Fig. 2. Zerodimensional model and diagram of the reactive zones in the co-current gasifier reactor

Temperatura zgazowania osadu będzie znacząco niższa aniżeli temperatura zgazowania drewna. Przyczyną niższej temperatury dla osadu jest obecność składników mineralnych, które nie biorą udziału w procesie zgazowania, ale akumulują ciepło wytworzone podczas tego procesu. Ilość tego ciepła może stanowić około ¼ całkowitej ilości ciepła w zależności od udziału masowego składników mineralnych w osadzie.

SKŁAD I ZANIECZYSZCZENIA GAZU GENERATOROWEGO

Gaz generatorowy jest gazem palnym powstającym w wyniku zgazowania paliwa stałego, np. węgla, drewna (gaz drzewny) lub innego rodzaju biomasy. W zależności od składu paliwa, składu czynnika zgazowującego oraz konstrukcji gazogeneratora, skład gazu generatorowego może być różny, przy czym praktycznie zawsze składa się on z wodoru, tlenku węgla, metanu, pary wodnej, dwutlenku węgla i azotu. Wartość opałowa gazu generatorowego wynosi około 4-5,5 MJ/m³.

Tabela. 1. Przykładowy skład gazu z procesu gazyfikacji na złożu stałym [11]
Table 1. Composition of producer gas taken from fixed bed gasifier [11]

składnik	wymiar	gazogenerator przeciwprądowy	gazogenerator współprądowy
CO	%	15-20	10-22
H ₂	%	10-14	15-21
CO ₂	%	8-10	11-13
CH ₄	%	2-3	1-5
N ₂	%	pozostałość	pozostałość
H ₂ O	%	10-20	10-20
W _d	MJ/m _n ³	3,7-5,1	4,0-5,6
cząstki stałe	mg/m _n ³	100-3000	20-8000
substancje smoliste	mg/m _n ³	10000-150000	1-6000

W przypadku wykorzystania gazu generatorowego do zasilania silnika tłokowego należy mieć na uwadze stosunkowo ostre wymagania w zakresie czystości gazu. Poza cząstkami stałymi i smołą, producenci silników [12,13] określają dopuszczalne poziomy takich zanieczyszczeń jak [14]:

- związki siarki: mniej niż 2000 – 2200 mg/m_n³ (w przeliczeniu na H₂S),
- amoniak: mniej niż 50 – 100 mg/m_n³,
- związki krzemu (siloxany): mniej niż 10 – 50 mg/m_n³ (odpowiedzialne za formowanie się depozytów w układzie przepływowym silnika),
- związki chloru i fluoru (halogenki): mniej niż 100 – 400 mg/m_n³ (wpływają na zmniejszenie właściwości smarnych oleju silnikowego).

W tabeli przedstawiono zawartość zanieczyszczeń w gazie generatorowym zmierzoną w różnych instalacjach generatorów gazu.

Tabela. 2. Przykłady zawartości zanieczyszczeń w gazie zmierzonych w kolektorze dolotowym silnika tłokowego [15]

Table. 2. Impurities content of producer gas measured in intake manifold of piston engine [15]

nr kolejnej instalacji	zawartość cząstek stałych w gazie mg/m_n^3	zawartość smoły w gazie mg/m_n^3
1	120 – 150	120 – 150
2	40 – 80	100 – 400
3	<5	<10
4	10 – 30	500 – 700
5	250 – 300	3000 – 4000
6	<100	1000 – 2000
wart. dopuszczalna	<50	<100
wart. preferowana	<5	<50

Tabela. 3. Pożądany skład gazu generatorowego do silników Deutz Energy [12]

Table. 3. Desirable composition of generator gas for Deutz Energy engines [12]

wielkość	symbol	jednostka	wartość
wartość opałowa	Hu	kWh/m_n^3	≥ 4
dwutlenek węgla	CO_2/Hu	$\text{Vol}\%/\text{kWh}/\text{m}_n^3$	<10
siarka	S	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<2200
siarkowodór	H_2S	$\text{Vol}\%/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<0.15
chlor	Cl	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<100
fluor	F	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<50
sum. chlor i fluor	(Cl+F)	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<100
amoniak	NH_3	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<30
pył		$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<10
ziarnistość		μm	3 - 10
smoły oleiste (>C5<C10)		$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<3000
smoły oleiste (>C10)		$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<250
krzem	Si	$\text{mg}/\text{m}_n^3 \text{CH}_4$	<10
wilgotność	φ	%	<80
ciśnienie gazu		mbar	20
oscylacje ciśnienia gazu		%	± 10
temperatura gazu		$^\circ\text{C}$	10 - 50

Zbudowana w IMTiTS zgazowarka wytwarza ok. 0,06 m³/s gorącego gazu generatorowego o temperaturze do ok. 500 °C. Gaz ten zawiera ok. 12% CO, 9,5% H₂, 10% CO₂, 1,3% CH₄, 67% N₂ i jest zanieczyszczony następującymi substancjami:

- pył,
- smoły pogazowe,
- para wodna.

Gaz wychodzący ze zgazowarki jest chłodzony w chłodnicy wodno-rurkowej do temperatury poniżej 90°C i oczyszczony z zanieczyszczeń. Proces oczyszczania jest realizowany w instalacji oczyszczającej, w skład której wchodzi:

- separator cyklonowy,
- chłodnica gazu,
- chłodnica cieczy obiegowej chłodnicy gazu z wentylatorem nadmuchowym,
- skrubler systemu Venturi,
- chłodnica cieczy obiegowej skrubera z wentylatorem nadmuchowym,
- filtr z wymiennym wkładem porowatym,
- zbiorniki kondensatu wody,
- pompa cieczy,
- dmuchawa o wydajności 0,06 m³/s i sprężu min. 0,5 kPa.

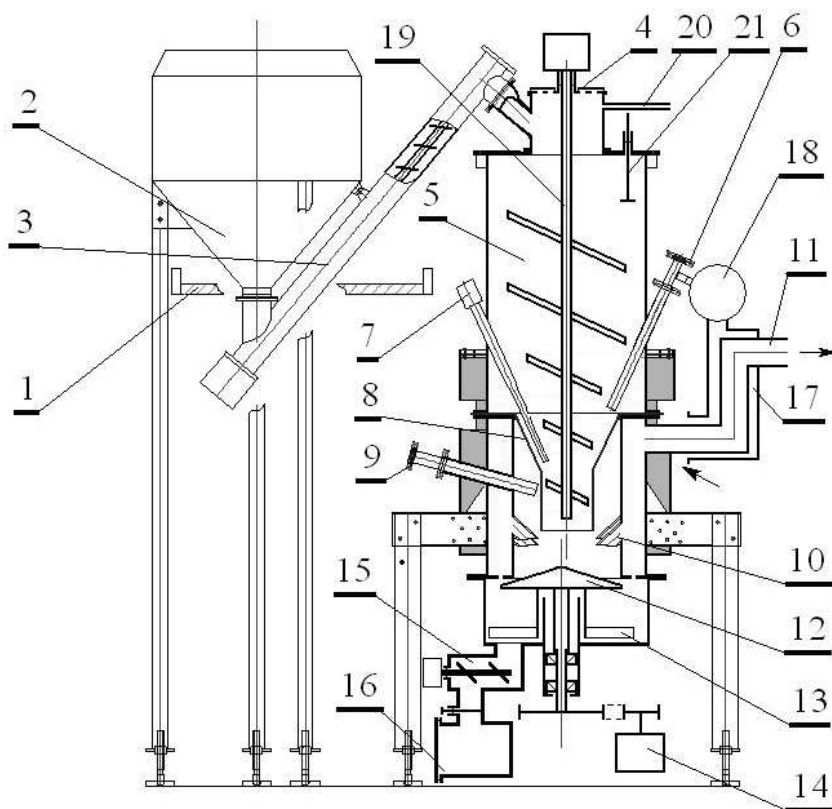
Ze względu na agresywny charakter gazu instalacja oczyszczająca wykonana jest ze stali odpornej na korozję, a wszystkie elementy zostały zainstalowane na wspólnej ramie posadowionej na przyczepie.

Schłodzony i oczyszczony gaz generatorowy powinien być pozbawiony wody oraz smoły pogazowej. Dopuszcza się możliwość występowania w gazie:

- nie więcej niż 50 mg/m³ pyłu,
- nie więcej niż 100 mg/m³ par smoły pogazowej.

INSTALACJA ZGAZOWUJĄCA OSAD ŚCIEKOWY W IMTiTS

Koncepcję instalacji zgazowującej oparto na zgazowarce współprądowej ze złożem stałym o konstrukcji nawiązującej do rozwiązań technicznych zgazowarki Imberta i zgazowarki firmy ANKUR. W projekcie zgazowarki wykonanej przez firmę PPUH „MARSZ” M. Szymor wg koncepcji Instytutu Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej wykorzystano doświadczenia własne i wnioski uzyskane w czasie badań zgazowarki ANKUR i zgazowarki Boreckiego [16]. W projektowanej zgazowarce zmechanizowano dostarczanie świeżego osadu i odprowadzanie popiołu w stopniu umożliwiającym ciągłą eksploatację zgazowarki bez potrzeby przerywania procesu w czasie uzupełniania osadu zastosowano mieszadło rozkruszające zbrylający się osad. Specyfika procesu zgazowania osadu ściekowego wymaga wprowadzenia szeregu zmian w stosunku do klasycznej zgazowarki zasilanej drewnem. Zmiany te stały się konieczne również w stosunku do I-ej wersji zaprojektowanej zgazowarki w celu uzyskanie jej stabilnej pracy. Schemat zgazowarki pokazano na rys. 3, natomiast na rys. 4 przedstawiono schemat instalacji oczyszczającej gaz generatorowy.



Rys. 3. Uproszczony schemat zgazowarki:

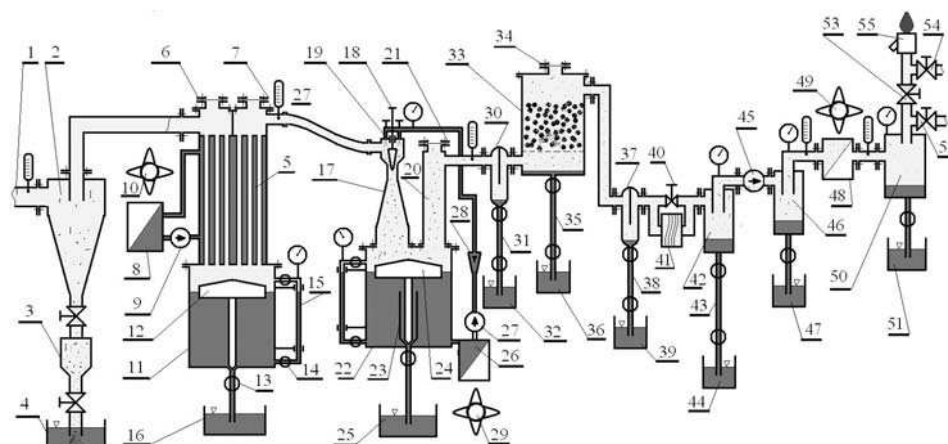
1 - podest, 2 - zasobnik granulowanego osadu, 3 - podajnik ślimakowy napędzany silnikiem elektrycznym załączanym cyklicznie w zależności od poziomu osadu w komorze zgazowarki, 4 - przeciweksplozyjna kłapa bezpieczeństwa, 5 - komora zgazowarki, 6 - dysze doprowadzające powietrze do zgazowarki z wziernikami (3szt), 7 - dysza doprowadzające gorące powietrze podgrzane w elektrycznej zapalce, 8 - stożkowa strefa zgazowania i walcowa strefa redukcji, 9 - wziernik do komory popielnika, 10 - dysze odprowadzające wytworzony gaz generatorowy, 11 - wylot gazu generatorowego, 12 - obrotowy ruszt napędzany elektrycznie w sposób cykliczny, 13 - łopatkę zgarniacza popiołu, 14 - silnik elektryczny z przekładnią zasilany cyklicznie, 15 - ślimakowy podajnik popiołu napędzany elektrycznie, 16 - suchy zbiornik popiołu, 17 - jednorurkowy wymiennik ciepła gaz - powietrze, 18 - kolektor rozprowadzający podgrzane powietrze do dysz, 19 - obrotowe mieszadło napędzane elektrycznie w sposób cykliczny, 20 - doprowadzenie gazu generatorowego o nadciśnieniu ok. 10 Pa, 21 - wskaźnik poziomu granulowanego osadu w komorze zgazowarki

Fig. 3. Simplified diagram of the gasifier:

1 - platform, 2 - granular sludge tank, 3 - screw feeder driven by electric motor, which is activated periodically depending on the level of sediment in the gasifier chamber, 4 - Anti-explosion safety flap, 5 - gasifier chamber, 6 - air supply nozzles to the gasifier with sight glasses (3 pcs), 7 - nozzle inlet hot air heated in the electric exploder, 8 - cone gasification zone and helical reduction zone, 9 - viewing window into the chamber ash, 10 - efferent nozzles produced gas generator, 11 - exhaust generator gas, 12 - electrically driven rotating grate in a cyclical manner, 13 - Ash scraper blade, 14 - electric motor-powered cycle with gear, 15 - ash screw feeder driven by electric motor, 16 - dry ash tank, 17 - single-pipe heat exchanger of gas - air, 18 - manifold redistributing the heated air to the nozzles, 19 - electrically driven rotary agitator in a cyclical manner, 20 - supply of generator gas by high blood pressure about 10 Pa, 21 - indicator of granular sludge in the gasifier chamber

Podstawowym problemem, występującym w układach zgazowania są substancje smoliste, których głównym składnikiem są to wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, należące do grupy najpowszechniej występujących, trwałych zanieczyszczeń organicznych. Ilość i skład substancji smolistych zależy od typu reaktora, parametrów procesu (ciśnienie, temperatura, czas), właściwości wsadu (rodzaj, wilgotność, rozdrobnienie wsadu).

Zgodnie z wytycznymi projektu instalacji zgazowania osadu ściekowego do układu oczyszczania gazu zaproponowano użycie filtrów cyklonowych wraz z odpylaczami mokrymi nazywanymi skruberami Venturiego.



Rys. 4. Instalacja oczyszczająca gaz generatorowy

1 - dopływ zanieczyszczonego gazu generatorowego ze zgazowarki, 2 - cyklonowy separator gorącego pyłu i kondensatu wysokowrzących smół, 3 - dwuzaworowa śluza łącząca cyklon ze zbiornikiem pyłu, 4 - wypełniony wodą otwarty zbiornik pyłu odprowadzany z cyklonu, 5 - chłodnica wodno-rurkowa typu U schładzająca gorący gaz generatorowy, 6 - przeponowy zawór przeciwybuchowy „gorący” (siatka miedziana + folia metalowa), 7 - przeponowy zawór przeciwybuchowy „zimny” (siatka miedziana + folia metalowa), 8 - chłodnica schładzająca gorącą wodę wypływającą z chłodnicy gazu, 9 - pompa tłocząca chłodną wodę z chłodnicy wody do chłodnicy gazu, 10 - wentylator nadmuchujący powietrze na chłodnicę wody obiegowej, 11 - zamknięty zbiornik cieczy skondensowanej w chłodnicy gazu, 12 - pływak z iglicowym zaworem stabilizujący poziom kondensatu w zbiorniku, 13 - zawór kulowy odcinający odpływ kondensatu ze zbiornika, 14 - zawór kulowy odcinający odpływ wody z poziomowskazu, 15 - przezroczysty przewód poziomowskazu, 16 - otwarty zbiornik nadmiaru cieczy skondensowanej w chłodnicy gazu, 17 - skruber z nastawną dyszą Venturiego, 18 - śruba przesuwająca pionowo stożek nastawiający minimalny przelot dyszy Venturiego, 19 - nastawne dysze rozpylające wodę we wlotowej części skrubera (4 szt.), 20 - kominek wstępnie separujący krople wody, 21 - przeponowy zawór przeciwybuchowy (siatka miedziana + metalowa folia), 22 - zamknięty zbiornik wody rozpylonej w skruberze, 23 - komin wodny odprowadzający ciecz (woda + smoły) z górnej części zbiornika wody, 24 - pływak z iglicowym zaworem stabilizującym poziom wody w zbiorniku skrubera, 25 - otwarty zbiornik nadmiaru cieczy odprowadzonej z zamkniętego zbiornika wody, 26 - chłodnica wody skroplonej w zbiorniku skrubera, 27 - pompa obiegowa tłocząca ochłodzoną wodę z chłodnicy do dysz skrubera, 28 - przepływomierz wody zasilającej dysze skrubera, 29 - wentylator nadmuchujący powietrze na chłodnicę wody, 30 - przegrodowy separator kondensatu w ciągu podciśnieniowym, 31 - śluza dwuzaworowa, 32 - otwarty zbiornik kondensatu z separatora, 33 - zbiornik filtra z porowatym wkładem, 34 - przeponowy zawór przeciwybuchowy (siatka miedziana + metalowa folia), 35 - śluza dwuzaworowa, 36 - otwarty zbiornik kondensatu z filtra porowatego, 37 - przegrodowy separator kondensatu w ciągu podciśnieniowym, 38 - śluza dwuzaworowa, 39 - otwarty zbiornik kondensatu z separatora, 40 - bateria równoległych filtrów z wkładami tkaninowymi (4 szt.), 41 - zawór

bocznikujący baterię filtrów tkaninowych, 42 - cyklonowy separator kondensatu w ciągu podciśnieniowym przed sprężarką gazu, 43 - śluza dwuzaworowa, 44 - otwarty zbiornik kondensatu z separatora przed sprężarką, 45 - dmuchawa Rootsa sprężająca gaz generatorowy zassany z instalacji, 46 - cyklonowy separator kondensatu w ciągu nadciśnieniowym za sprężarką gazu z zaworem spustowym, 47 - otwarty zbiornik kondensatu z separatora za sprężarką, 48 - chłodnica sprężonego gazu, 49 - wentylator nadmuchujący powietrze na chłodnicę gazu, 50 - cyklonowy separator kondensatu w ciągu nadciśnieniowym za chłodnicą gazu z zaworem spustowym, 51 - otwarty zbiornik kondensatu za chłodnicą gazu, 52 - zawór odcinający, 53 - zawór odcinający, 54 - zawór odcinający, 55 - pochodnia z gazowym palnikiem inicjującym zapłon gazu generatorowego

Fig. 4. Diagram of the generator gas cleaning system

1 - supply of polluted generator gas from gasifier, 2 - cyclone hot dust separator and condensation of high boiling pitch, 3 - two-valve lock connecting the cyclone and the dust tank, 4 - open tank filled with water dust discharged from the cyclone 5 - tubular water-cooler type U, cooling hot gas generator, 6 - diaphragm valve explosion-proof „hot” (copper grid + foil), 7 - diaphragm valve explosion-proof „cold” (copper grid + foil), 8 - radiator cooling hot water flowing from the gas cooler, 9 - pump pumping cold water from the water cooler to the gas cooler, 10 - fan blowing air at the water cooler, 11 - closed container of liquid condensed in the gas cooler, 12 - float with the needle valve for stabilizing the level of condensate in the tank, 13 - ball valve drain off condensate from the tank, 14 - ball valve cutting off the outflow of condensate from the tank, 15 - clear cord level indicator, 16 - open container of excess liquid condensed in the gas cooler, 17 - scrubber with adjustable Venturi nozzle 18 - pitch propeller of the minimum flight Venturi nozzle, 19 - water spray adjustable nozzles in the inlet of the scrubber (4 pcs), 20 - fireplace isolation of water drops, 21 - diaphragm valve explosion-proof (copper grid + foil), 22 - closed container of water sprayed in the scrubber, 23 - chimney drain liquid water (water + tar) from the top of the water tank, 24 - float with the needle valve stabilizing the water level in the tank scrubber, 25 - open container of excess fluid drained from the closed water tank, 26 - cooler water condensation in the tank scrubber, 27 - circulating pump pumping cold water from cooler to the scrubber nozzles, 28 - flowmeter of the water supply scrubber nozzles, 29 - fan blowing air at the water cooler, 30 - septal condensate separator in the draft vacuum, 31 - two valve lock, 32 - open condensate tank with separator, 33 - reservoir with a porous filter cartridge, 34 - diaphragm valve explosion-proof (copper grid + foil), 35 - two valve lock, 36 - open condensate tank with a porous filter, 37 - septal condensate separator in the, draft vacuum, 38 - two valve lock, 39 - open condensate tank with separator, 40 - battery parallel fabric filter cartridges (4 pcs), 41 - bypass valve battery with fabric filters, 42 - cyclone separator condensate in the vacuum before the gas compressor, 43 - two valve lock, 44 - open condensate tank with a separator before the compressor, 45 - Roots blower stressing gas is sucked from the system, 46 - cyclone separator condensate during positive pressure behind the compressor gas from the drain valve, 47 - open condensate tank from separator behind the compressor, 48 - compressed gas cooler, 49 - fan blowing air at the cooler, 50 - cyclone separator condensate during positive pressure behind the gas cooler with drain valve, 51 - open condensate tank behind the cooler gas, 52 - cut-off valve, 53 - cut-off valve, 54 - cut-off valve, 55 - torch with a gas burner initiates the ignition of generator gas

BADANIA INSTALACJI ZGAZOWUJĄCEJ OSAD ŚCIEKOWY

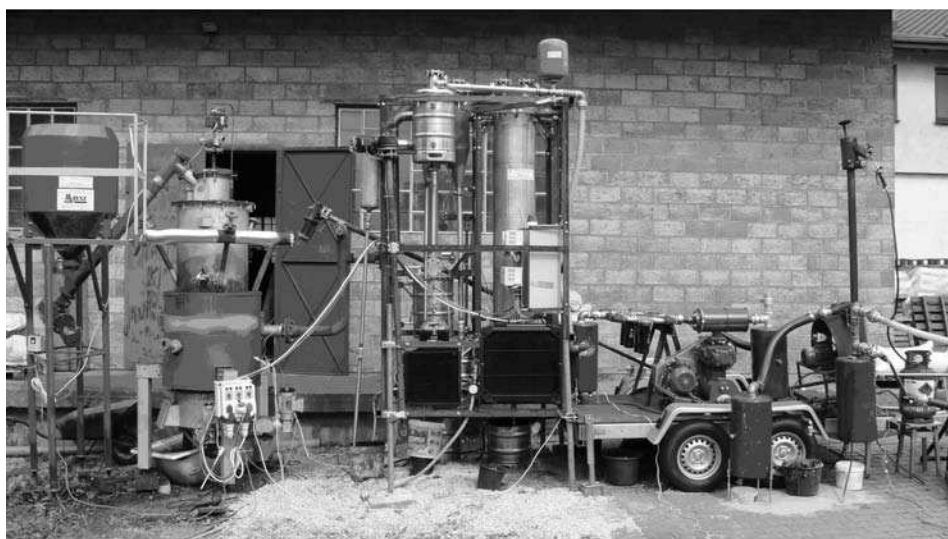
Prace modernizacyjne doprowadziły do uzyskania stabilnej pracy zgazowarki zasilanej osuszonym osadem ściekowym. Badania działania i funkcjonalności instalacji zgazowującej oraz instalacji oczyszczającej gaz generatorowy obejmowały m.in.: skład uzyskiwanego gazu generatorowego, szczelność zgazowarki (miarą szczelności jest zawartość tlenu w uzyskiwanym gazie), jakość oczyszczania gazu z substancji smolistych, zawartość popiołu. Stabilność procesu zgazowania uzyskiwano jest po czasie ok. 3h od chwili uruchomienia zgazowarki. W tabeli 4 podano średnie wartości składu gazu generatorowego oraz wartości opałowe i teoretycznego zapotrzebowania powietrza uzyskanego w czasie jednej z prób przeprowadzonych po ostatecznych modernizacjach instalacji zgazowującej osad ściekowy. Po osiągnięciu stabilnej pracy zgazowarki

oraz zadowalającego składu gazu generatorowego, przeprowadzono badania silnika spalinowego zasilanego gazem generatorowym oraz olejem napędowym.

Tabela 4. Uśrednione wartości składu gazu generatorowego uzyskanego w przeprowadzonej próbie zgazowania osadu ściekowego oraz wartości opałowe i teoretyczne zapotrzebowanie powietrza

Table 4. Averaged values of the composition of the generator gas obtained by gasification of dried sludge and calorific values and the theoretical air requirement

	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	W _{dm}	W _{dg}	L _t	O ₂
	[%]	[%]	[%]	[%]	[MJ/m ³]	[MJ/m ³]	[m ³ /m ³]	[%]
Wartość średnia	3,81	13,40	7,69	0,97	1,63	2,44	0,50	3,84
Wartość maksymalna	4,17	14,18	8,10	0,98	1,67	2,54	0,52	3,99
Odchylenie standardowe	0,13	0,79	0,41	0,01	0,04	0,09	0,02	3,69



Rys. 5. Kompletna instalacja zgazowująca osuszony osad ściekowy złożona ze zgazowarki i systemu oczyszczania uzyskanego gazu generatorowego

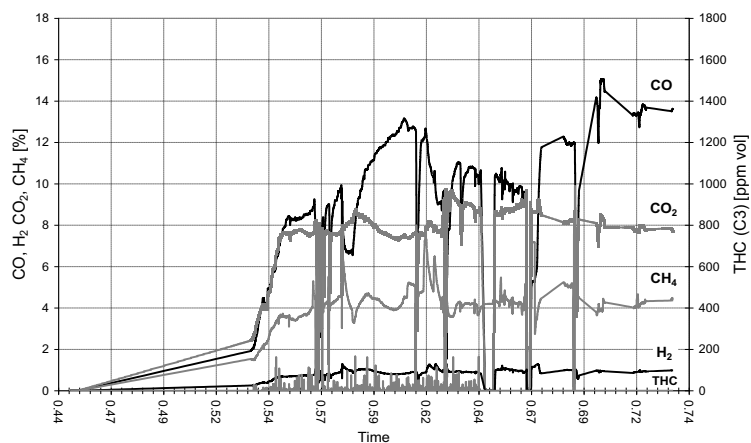
Fig. 5. Complete installation of gasifying dried sludge consisting of gasifier and gas cleaning system

Tabela 5. Wartości charakterystycznych parametrów procesu zgazowania odniesione do analitycznego stanu osadu i popiołu pozostającego po zgazowaniu

Table 5. The values of characteristic parameters of the gasification process related to the analytical state of sludge and ash remaining after the gasification

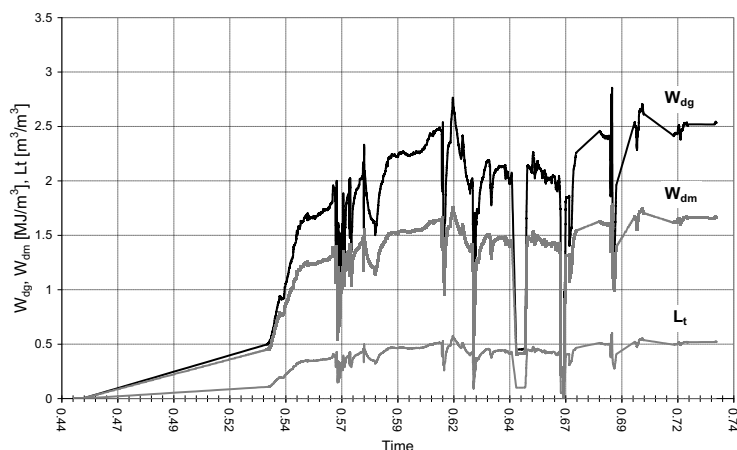
Wielkość	Oznaczenie	Wymiar	Wartości liczbowe	
			Osad	Popiół
Wartość opałowa zmierzona	W	[MJ/kg]	12,332	10,211
Udział masowy węgla	C	-	0,322	0,285
Udział masowy substancji mineralnych	A	-	0,378	0,537
Masa popiołu / masa osadu	$U_p = A_o / A_p$	-	0,689	
Energia popiołu / Energia osadu	$U_{pe} = W_p \cdot U_p / W_o$	-	0,5791	
Stopień wykorzystania energii osadu	$1 - U_c$	-	0,4209	
Wydajność teoretyczna zgazowania	g	[m ³ /kg]	~1,995	
Wydajność rzeczywista zgazowania	g	[m ³ /kg]	~1,45	
Wartość opałowa gazu rzeczywista	W_g	[MJ/m ³]	2,59	
Wartość opałowa gazu skorygowana ¹	W_g	[MJ/m ³]	3,512	
Energia gazu / Energia osadu	U_{ge}	-	~0,407	

¹ Wartość opałowa gazu skorygowana przez odliczenie ilości powietrza zasysanego przez nieszczelności i wprowadzającego do gazu 5,5% wolnego tlenu



Rys. 6. Skład chemiczny gazu generatorowego rejestrowany od chwili uruchomienia instalacji do chwili osiągnięcia stabilnych warunków pracy instalacji zgazowującej, gaz zawiera ok. 5,5% O₂ zassanego do instalacji przez nieszczelności wraz z powietrzem

Fig. 6. The chemical composition of the generator gas, recorded from the start of the installation to the achievement of stable operating conditions of the gasifying installation, gas containing about 5.5% O₂ suctioned to the installation through a leak along with the air



Rys. 7. Wartość opałowa rzeczywista gazu generatorowego, stechiometrycznej mieszanki palnej gazu generatorowego z powietrzem i stechiometryczne zapotrzebowanie powietrza obliczone na podstawie wyników analizy składu chemicznego rejestrowanych od chwili uruchomienia instalacji do chwili osiągnięcia stabilnych warunków pracy instalacji zgazowującej, gaz zawiera ok. 5,5 % O_2 zassanego do instalacji przez nieszczelności wraz z powietrzem

Fig. 7. The calorific value of the actual generator gas, the calorific value of the stoichiometric burn mixture of generator gas from the air and stoichiometric air requirement calculated on the basis of analyzing the chemical composition, recorded from the start of the installation to the achievement of stable operating conditions of the gasifying installation, gas containing about 5.5% O_2 suctioned to the installation through a leak along with the air

PODSUMOWANIE

W ramach zrealizowanego w latach 2007-2010 w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej projektu badawczego rozwojowego zaprojektowano, wykonano, uruchomiono i zbadano prototypową, mobilną instalację zgazowania osuszonego osadu ściekowego, instalację oczyszczalnia pozyskiwanego gazu generatorowego i zespół prądowców o nominalnej wartości czynnej mocy elektrycznej 80 kW napędzany doładowanym silnikiem tłokowym adaptowanym do zasilania dwupaliwowego tym gazem i paliwem płynnym. Po szeregu prac modernizacyjnych uzyskano stabilne działanie zgazowarki z realną sprawnością konwersji węgla z osadu do gazu generatorowego nie mniejszą od 40 %. Wyniki badań instalacji zgazowującej i oczyszczającej gaz generatorowy wykazały, że masa stałych pozostałości po zgazowaniu osuszonego osadu ściekowego w badanej instalacji wynosi ok. 70% masy osuszonego osadu. W wyniku zgazowania z 1 tony osadu można otrzymać, co najmniej 1450 m^3 gazu generatorowego o wartości opałowej zawierającej się w granicach (2,5-3,5) MJ/m^3 . Popiół pozostający po zgazowaniu oprócz substancji mineralnych zawiera także ok. 20% niezgazowanego węgla. Instalacja oczyszczająca zapewnia oddzielenie smół pogazowych zawartych w osadzie w stopniu eliminującym kondensację tych smół w układzie dolotowym doładowanego silnika tłokowego z chłodnicą sprężonej mieszanki gazu generatorowego z powietrzem.

Efekty dotychczas uzyskane w tej instalacji dowodzą, że opracowana w ramach projektu technologia zgazowania osuszonych osadów ściekowych i oczyszczania gazu generatorowego, realizowana w odpowiednio powiększonej instalacji wyposażonej w silnik dwupaliwowy o zmniejsz-

szonym udziale energetycznym paliwa płynnego może być uzasadniona technicznie i opłacalna ekonomicznie.

PIŚMIENNICTWO

1. Ustawa o odpadach. Dz. U nr 62 z 20.06.2001, poz. 629 i Dz. U. nr 7 2003, poz.78.
2. Krajowy plan gospodarki odpadami 2010. MP nr 90 z 29.12.2006, poz. 946.
3. Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 w sprawie składowania odpadów Dz. Urz. WE L 182 z 16.07.1999.
4. Handbook of Biogas Downdraft Gasifier Engine Systrms. Solar Energy Research Institutie. Colorado 1988.
5. Guldner H.: Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren. Handbuch für Konstrukteure und Erbauer von Gas – und Ölkraftmaschinen. 2 Auflage, Verlag von Julius Springer. Berlin 1905, s. 1-626.
6. Albrecht: Kraftfahrtechnischer Leitfaden. Albrecht Verlag ok.1939.
7. Marcio L. de Souza-Santos.: Solid Fuels Combustion and Gasification. Modeling, Simulation, and Equipment Operation. Marcel dekker Inc (USA), 2004, s. 1 – 439.
8. Reed B., Das A.: Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems. SERI/SP-271-3022. Solar Energy Research Institute. Golden Co. March 1988, s 1-140.
9. Steinbrecher N.,Walter J.:Marktanalyse 2000 für Holzvergasersysteme bis 5 MW. Öko- Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V). Darmstadt 2001 s. 1-77.
10. Vogel A., Bolhar-Nordenkampf M., Kaltschmitt M., Hofbauer H.: Analyse und Evaluierung der thermochemischen Vergasung von Biomasse. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 29, Münster 2006, s. 1-433.
11. Pogoreutz M.: Economical and technological comparision of small-scale CHP on the basis of biomass. 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry. Seville 2000.
12. <http://www.deutz.de/>
13. <http://information.jenbacher.com/>
14. Kalina J.: Wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej w skojarzeniu w układach rozproszonych małej mocy, zintegrowanych ze zgazowaniem biomasy. Gospodarka Paliwami i Energią. Nr 11-12/2004.
15. Stassen HE, Knoef H. Theoretical and practical aspects on the use of LCV-gas from biomass gasifiers in internal combustion engines. BTG biomass technology group B.V. Enschede, Holandia
16. Cupiał K. i inni: Sprawozdanie merytoryczne z wykonania zadań objętych projektem rozwojowym R10 019 02 „Tłokowy silnik gazowy w instalacji zgazowania osadu ściekowego”. IMTiTS PCz. Częstochowa 2011.
17. Cupiał K., Pyrc M., Jamrozik A., Tutak W., Kociszewski A.: Problemy oczyszczania gazu generatorowego o dużej zawartości pyłów i smół pogazowych. SILNIKI GAZOWE. Częstochowa 2010.
18. Shkatov A., Pastushenko S., Gorbenko E., Ogienko N.: Gravitation pressure of liquid as alternative to traditional sources of energy. MOTROL - Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 9A/2007.
19. Bocheński C., Bocheńska A.: Ocena zasobów ropy naftowej i perspektywy jej substytucji biopaliwami. MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 10/2008.
20. Michalski R, Krasowski E.: A concept of renewable energy industry development within scientific and economic cooperation of eastern Poland with Ukraine (the project prepared

within strategy viii, Priority 8.4 MNISW). MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 10/2008.

INSTALLATION GASIFYING THE DRIED SLUDGE

Summary. Technology for thermal neutralization of sewage sludge is gasification and it uses the resulting gas generator to power supply the piston engines of stationary generating sets. The article presents the installation of gasification of dried sludge, designed and made in the Institute of Internal Combustion Engines and Control Engineering at the Czestochowa University of Technology. The installation consists of: fixed bed co-current gasifier and gas cleaning system, which was the result of the gasification process. In order not to reduce the life of the engine, gas generator should be characterized by a high calorific value for both the economic and technical reasons, and should not contain dust and gas pitch. Gas before supplying to the engine must be cleaned of dust and gas pitch. As a result of modernization in order to achieve stable operation, the gasifier's real efficiency of conversion of carbon from the sludge to the gas generator has reached at least 40%. As a result of the gasification process from 1 ton of sludge at least 1450 m³ of gas generator was obtained with the calorific value from 2.5 to 3.5 MJ / m³. The generator gas cleaning system allowed the separation of gas pitch in the sludge and prevented the condensation of tars in the test intake supercharged piston engine.

Key words: piston engine, producer gas, gasifier, sewage sludge, gasification.

ANALYSIS OF SEASONALITY OF SALES AND OF DEMAND
FOR SPARE PARTS FOR TRACTORS AND AGRICULTURAL
MACHINERY IN POLAND ON THE EXAMPLE OF A SELECTED
FIRM DEALING WITH THE DISTRIBUTION OF SPARE PARTS

Piotr Dąbrowa*, Waldemar Izdebski**, Jacek Skudlarski***, Stanisław Zając****

* Rol-Mar, ** Department of Production Management, Warsaw University,

*** Department of Organization and Production Engineering, SGGW, Warsaw,

**** State Higher Vocational School in Krosno

Summary. An analysis of seasonality and demand for spare parts for tractors and agricultural machinery was made. The demand for spare parts for agricultural machinery is correlated with the agrotechnological timing, although sales of spare parts takes place all year round. The biggest demand for replacement parts is for the older generation of URSUS tractors, which are widely used in Polish agriculture.

Key words: spare parts, sales, seasonal sales.

INTRODUCTION

High operational availability of tractors and agricultural machinery is associated with the proper removal of defects, which is often associated with a rapid supply of spare parts needed in the necessary range and quantity. Factors such as delivery time of spare parts needed, complete supply of spare parts and time of the repair work, as suggests Masiuk in his research (1998) are of utmost importance in maintaining the operational readiness of technical measures. The fact that the efficient distribution of spare parts is important is proven by Pasyniuk's observations (2007), who states that most of the work on the operation of equipment repairs was associated with replacing components or entire sets (over 60% of observations). Efficient distribution requires an efficient logistics system [Juściński and Piekarski 2008, Slobodyanyuk and Nechaev 2010]. An important factor for an effective system of distribution of spare parts is to know the seasonality of demand and the structure of demand for spare parts.

AIM

The aim of this study was to analyze the seasonality of sales and demand for spare parts for tractors and agricultural machines in Poland. The results were obtained on the basis of distribution

of spare parts for tractors and agricultural machines in the company of ROL-MAR involved in the supply of spare parts to customers throughout the country and the knowledge and professional experience of its employees.

SEASONALITY OF SALES OF SPARE PARTS FOR TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINERY

Seasonality of field work depending on climatic conditions is also reflected in the seasonality of sales of spare parts. Based on the experience of ROL-MAR company general spare parts spread out over two seasons: the first season, depending on the year and the temperature increase above the "0" covers the months of February, March, April and May and the second season starts from late July and August and lasts until October when the amount of field work decreases. Seasonality and structure of sales of spare parts for 2007-2009 are shown in Figures 1-3. Due to limited public availability of the presented data, the charts show no values on the y-axis.

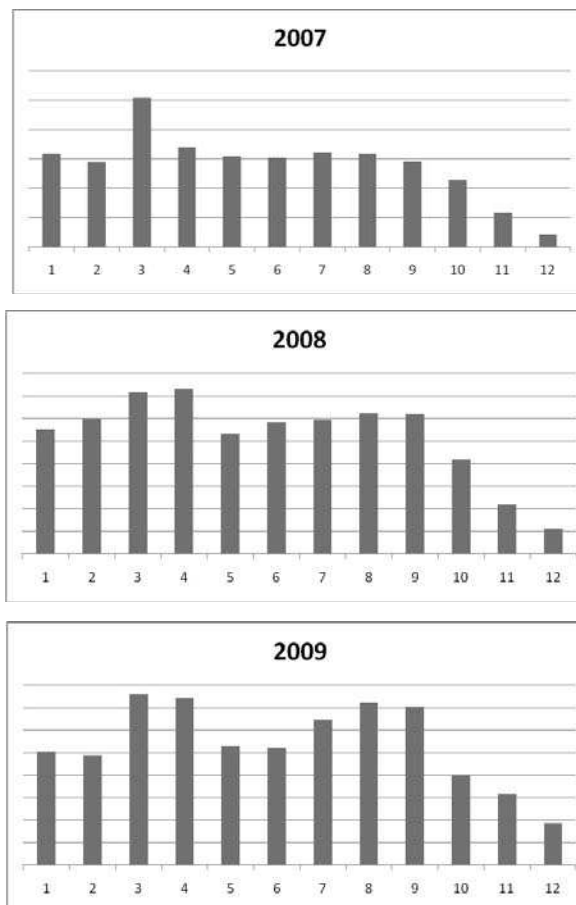


Figure 1 -3 Seasonality of sales of all parts for agricultural machinery
Source: The authors' own calculations based on ROL-MAR

However, when analyzing cases of specific machines it can be concluded that the peak demand for spare parts is correlated with periods of work of specific agricultural machines, but sales of spare parts for these machines takes place practically the whole year. So, spare parts for such machinery, such as lawn mowers, although the actual time of mowing the grass is - depending on the weather- the period from May until August and sometimes later, they start to sell at the end of January or early February, because large stores want to buy in large quantities at low prices for goods before the season. This leads to a forward shift in the season compared to the actual needs of farmers in each subsequent lot of the sale. Therefore, the manufacturers of such components must begin production well in advance to the expected season of the actual work and machinery repair. A large number of manufacturers have focused on the parts for one type of machine in order to prevent the seasonality of work causing increased discounts in their companies during periods of reduced demand for products. Seasonality of sales of parts for lawnmowers is shown in Figure 4

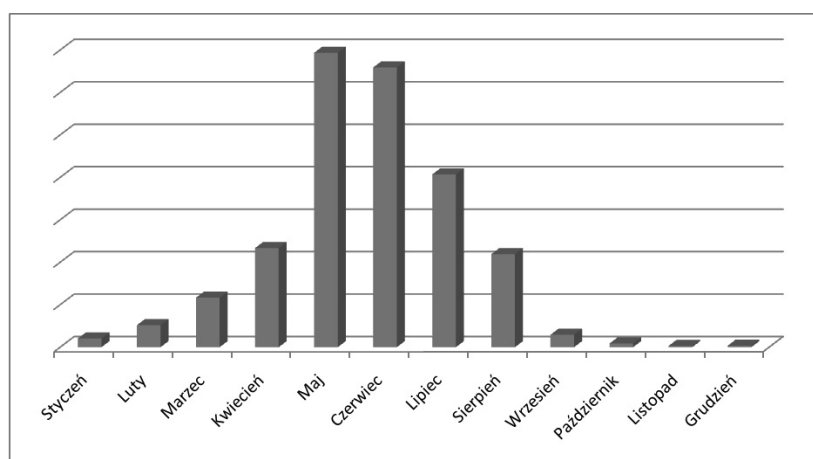


Fig.4 Seasonal sales of parts for rotary lawn mower
Source: The authors' own calculations based on ROL-MAR

As the chart shows the maximum peak sales more or less coincides with the time of the work of the mower. However, its start is shifted forward by several months until January. As comes from the observation, such is the case with most groups of parts for agricultural machinery. The shift is even greater in the case of machines with a very complex structure and forced long term repairs such as combine harvesters like Bizon.

A similar phenomenon was observed by Juściński and Piekarski (2009), who examined the seasonality of demand for replacement parts for warranty repairs for John Deere tractors.

ANALYSIS OF THE DEMAND FOR SPARE PARTS FOR MACHINERY AND TRACTORS

In the market of spare parts, as in other types of sales, an increased demand for specific products is present for different reasons. The most frequently ordered spare parts for tractors and agricultural machines in the country are summarized in Table 1

Table 1. The most frequently ordered spare parts for tractors and agricultural machinery

Nr.	Index	Name
1	50671060	Driver's seat C-330/360
2	46650440	CENTRAL LINK C-360
3	46650110	HANGER P KOMPL. C-360
4	50613030	Radiator C-360
5	50671070	One-piece driver's seat C-330/360
6	46650390	SIDE CHAIN C-360
7	1410010010	Cultivator tooth Bagra
8	CPDOP150S525.04	Dispenser for motor C-360 HSL150/F2
9	42371110	HANGER P KOMPL. C-330
10	42293023	Radiator C-330
11	46650040	Lower link for tools C-360
12	42272213	Pivot switch 16 with nut C-330/360
13	46546310	Hydraulic pump (lift) C-360 HYLMET
14	THMC360	Repair kit THM C-360
15	5036010450/G	Rotation lawn mower knife (Polish) Gerlach
16	86450999	Upper link C-385 4-cyl.
17	50490030	Valve plug M22x1.5 COP50.072.490030
18	42370451	Central link C-330
19	46403991/OS	crankshaft C-360 (Ostróda)
20	69185771RI	Starter with reducer C-330/360/Zetor import
21	466570001	starter R-11a -Import C-330/360
22	9620010	switch WE11A C-330/360 Kwidzyń
23	46505110CH	Motor head with set of valves URSUS C-360
24	LRH3P	Operating rectangular lamp LRH3P
25	50833091K	BOLT SET flat axle -330/360

Source: The authors' own calculations based on ROL-MAR

As noted, there is a strong demand for items 1 and 5, that is the seat for Ursus C-330 and C-360 tractors and this is due to the relatively high age of the machines and the frequent damage to

the seats and their not very high resistance. Another group for which there is significant demand is part of the three-point suspension system (items, 2, 3, 6.9, 11, 16.18), which wear out quite quickly due to work under heavy load during the field work such as ploughing. They are also often cited because of the large number of poor-quality products that are on the market which is caused by a very big urge of farmers to low prices.

Studies have shown that there is always quite strong demand for the import of low quality but cheap parts and thus very frequent exchanges and forced purchases of new parts. Often cited elements are also spare parts for tractor engines, such as coolers and that due to their fragility and vulnerability to mechanical damage. Another reason is the presence of poor quality coolers on the market that can not withstand the high temperatures in summer and are overheating and leaking. Coolers occurring in the market have sometimes reduced amount of water channels, thus they are lighter, cheaper, but not appropriate for the machines in which they are used, and hence their high failure rate. Studies have shown that the most commonly sold spare parts account for about 20% in the ROL-MAR wholesale offer of quantitative structure and the proceeds from the sale of spare parts of this group can reach even 80% of aggregated revenues which confirms the 20/80 rule (Pareto principle) [Internet] in the company's business. As employees responsible for the distribution of ROL-MAR state, the remainder of the offer, however, is necessary because the sale of the remaining parts drives the sales of these top-selling products. If less popular equipment was not on offer which is the mentioned 80% of the sales structure this would reflect adversely on the distribution of spare parts, as most stores would be supplied elsewhere, where the offer is much broader.

CONCLUSIONS

Studies confirm findings of other researchers that the sales volume of spare parts for tractors and agricultural machinery is seasonal and associated with the timing of agricultural practices performed. However, the overall sales do not show absolute correlation of volume of sales of spare parts with periods of field work performance. This is due to the fact that a number of retail buyers make pre-season purchase of spare parts by using the manufacturers' discounts. A significant share in the structure of demand belongs to the spare parts for the older generation of currently not produced URSUS tractors. This is due to the fact that these tractors are still widely used in the Polish agriculture and because of age are subject to frequent breakdowns.

REFERENCES

- Internet: Wikipedia: Pareto Principle. http://pl.wikipedia.org/wiki/Zasada_Pareto
- Juściński S., Piekarski W., 2008: Zarządzanie logistyczne autoryzowanym serwisem ciągników i maszyn rolniczych. *Eksploatacja i Niezawodność* 2(38): 25-33
- Juściński S., Piekarski W., 2009: Naprawy pogwarancyjne ciągników rolniczych jako element autoryzowanego systemu dystrybucji. *Inżynieria Rolnicza* 8 (117): 23-30
- Masiuk A., 1998: Wpływ profilaktyki eksploatacyjnej na efektywność produkcji mleka. *Rozprawa habilitacyjna*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa
- Pasyniuk P., 2007: Dealerskie punkty sprzedaży sprzętu rolniczego w systemie obsługowo-naprawczym techniki rolniczej. *Inżynieria Rolnicza* 7(95): 161-167
- Slobodyanyuk M, Nechaev G., 2010: The avaluation technique of logistics' system cargo transportation efficiency development. *TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN*, 10B: 162-170

ANALIZA SEZONOWOŚCI SPRZEDAŻY I POPYTU CZĘŚCI ZAMIENNYCH
DO CIĄGNIKÓW I MASZYN ROLNICZYCH W POLSCE
NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH FIRM ZAJMUJĄCYCH SIĘ
DYSTRYBUCJĄ CZĘŚCI ZAMIENNYCH

Streszczenie. Przeprowadzono analizę sezonowości i popytu na części zamienne do ciągników i maszyn rolniczych. Popyt na części zamienne do maszyn rolniczych jest skorelowany z sezonami zabiegów agrotechnicznych, mimo że sprzedaż części zamiennych odbywa się przez cały rok. Największy jest popyt na części zamienne dla starszej generacji ciągników URSUS, które są szeroko stosowane w polskim rolnictwie.

Słowa kluczowe: części zamienne, sprzedaż, sezonowa wyprzedaż.

ENERGETIC AND TECHNICAL ANALYSIS OF WINTER RAPESEED PRODUCTION TECHNOLOGY

Adam Drosio*, Marek Klimkiewicz*, Remigiusz Mruk*

* Warsaw University of Life Sciences, Poland

Summary. There were carried out energetic and technical analyses and evaluation of production technology of winter rape seeds designed for RME production in the farm. The technological process was subjected to optimization in respect to energy inputs.

The developed model of winter rape seed production in the farm is a tool that facilitates decision making on advisability of production undertaking or abandonment under conditions of the farm. It would facilitate a direct selection of machines and equipment for the defined production scale.

Key words: winter rape cultivation, process energy consumption, winter rape, raw material for RME production.

INTRODUCTION

An increase in prices and petroleum shortage caused the interest in renewable fuels (biofuel) originated also from the oil plants. Biofuels for engine fuel systems should be, first of all, used in agriculture, since raw materials for biofuel production come mainly from agricultural production as a main crop or its by-products. The opinion that satisfaction of agricultural energetic needs should be achieved with the use of farm raw materials becomes more and more common [Drosio and Klimkiewicz 2009]. The efforts in this direction will enhance activity and restructuring of rural areas and allow for utilization of biofuel and its by-products directly by the producers. Fulfillment of this postulate can enhance stabilization of agricultural production and prices of agricultural products; it can also assure the energetic and food security of the country.

European Union maintains the agrarian policy that supports production of plant raw materials to be used in biofuel production [Kupczyk 2008]. These materials should not compete with food production and should be utilized directly on the farm; this will greatly reduce the logistic costs and technical infrastructure development, and improve energetic security in particular countries and UE [Bowszys et al. 2007, Jaros and Pabis 2007, Chmielecki 2006].

The rapeseed methyl esters (RME) can be most widely used, since they can be fed to the self-ignition engines that are widely used in agriculture, without any constructional changes [Bocheński and Bocheńska, 2008, Jakóbiec et al. 2009, Konstantynowicz et al, 2009]; however, utilization of rapeseed oil is possible after a modification of the fuel system.

Utilization of rapeseed for energy purpose in farms can enhance the full use of production potential of seeds, straw and by-products. Part of seed crop can be used for food purposes, and

the second part for biofuel production. The rape straw with addition of glycerin can be used for fabrication of highly-energetic fuel in the form of briquettes or pellets. The interests in straw fuel has been increasing along with an increase in mineral fuel prices [Denisiuk and Piechocki 2005]. Possibility for utilization of oilcake obtained in the process of rapeseed oil extraction as an animal feed component is also important. It would enable to reduce costs of high-protein and highly-energetic feed production. Every farm that performs agricultural technological operations has different specific production and site conditions and various production purposes. Therefore, criteria for their energetic effectiveness are usually quite different [Banasiak 2008].

The subject of these investigations was evaluation of energy inputs in winter rapeseed production under conditions of small farm. There is no such elaboration in references, although wide evaluation of technology for harvesting and conservation of green fodder plants can be found in the work of Gach (2009).

In the production process one can distinguish the constant production factors and decision human-dependent variables [Skrobacki 1986]. The technological process of rapeseed production is complex and quite independent of human activity. The independent factors are: annual temperature sum, annual precipitation sum, maximal temperature and minimal temperature (that cause freezing out of rape plants on plantations), weather conditions – favourable or unfavourable during plant vegetation and harvest.

Particular production factors are mutually inter-related and determine the volume and quality of yield. Proper storage of harvested rapeseed is very important with respect to its physical and chemical properties; it should be performed with cleaning and drying of seeds to moisture content 7-10% [Lisowski 2005].

The condition for obtaining the expected yield is providing of proper fertilization level for winter rape plantation to supplement the nutrients' shortage [Bartkowiak-Broda 2006]. This challenge is met by precision agriculture that determines the fertilizer dose basing on physiological state of plants [Gozdowski et al. 2007]. Fertilizing aims at satisfying of plant nutritive needs to obtain the maximum assumed yield within the energetic and economic profitability. In the developed model there were considered the decision variables – the production factors affected directly by the farmer during winter rape vegetation period. The constant production factors were excluded from optimization process since they did not affect directly the optimization process and selection of optimal variant.

THE AIM AND METHODS

The work aimed at an analysis of energy inputs in winter rapeseed production process on a small farm. The basic tool used in the work was process modeling that allowed for an analysis and consideration of variants.

In optimization models the resources characteristic for the small farm of 60 ha were assumed. Such area enables to obtain the commodity production with respect to market situation in EU; it is determined by technological, economic and social conditions. In the farm there was assumed four-year time sequence of winter rape and its 25% share in the crop structure; the remaining 75% share was taken by cereals.

The liquid fuel farm needs were taken as 86 l/ha of diesel oil, according to Council of Ministers' Decree of 8 Dec. 2009 on the excise tax refund included in diesel oil price used in agricultural production. No excise tax refund included in biofuels was considered in the decree.

It was assumed that the farm is situated on arable lands of II soil valuation class rich in nutrients and of high ground water level that enable to achieve a full physiological production ability of winter rape at the level of 5 Mg/ha.

The optimal weather conditions were assumed, since the site conditions of a model farm were independent of human activity.

The number and types of tractors and machines were determined basing on the review of possible combinations of tillage outfits and limitations resulted from process realization conditions [Siarkowski et al. 2005, Muzalewski 2008, Waszkiewicz 2009]. Selection of agro-technical operations was made basing on a given objective function: energy inputs minimization, cost minimization and labour inputs minimization.

The technical parameters of proposed tractors and agricultural machines were taken from the Lorencowicz's work [Lorencowicz 2007].

For each operation of winter rape production there were calculated the inputs of tractors, machines and labour and also exploitation inputs. In calculations of energy consumption there was used the methodology elaborated in Institute for Building, Mechanization and Electrification of Agriculture.

The results of calculations served for carrying out the investigations on energy inputs optimization in the process of winter rape production in the small farm.

The optimization processes were carried out with the use of MATLAB program and the Optimization Toolbox function library.

Modeling of the winter rapeseed production process

In the rapeseed production process the following agro-technical operations were considered: *nitrogen, phosphor and potassium fertilizing, liming, manure spreading, secondary tillage, sowing, plant protection and harvesting.*

Variants of these operations are the decision variables introduced to optimization model. Their values change depending on the site and weather conditions as well as on the level of expected yield and the soil nutrient contents.

The agro-technical operations that occur in majority of production technologies were considered also. Since they are constant, they are not taken as decision variables. These are: *pre-sowing ploughing, harrowing, chemical weed control, Polen beetle (*Meligethes aeneus*) control.*

Particular production factors distinguished in rapeseed production technology take minor or major share in the energy inputs. The global level of inputs determines the advisability or abandonment of production realization.

For every agro-technical operation in winter rape production technology there were calculated the energy inputs for tractors, machines, labour and exploitation inputs, for the needs of optimization process. For agro-technical operations involving fertilizers and plant protection agents there were calculated energy inputs included in these materials.

In calculations of energy consumption there was used methodology developed at Institute for Building, Mechanization and Electrification of Agriculture, with further up-dates introduced by many authors [Grześ 2005, Muzalewski 2002, Klikocka 2006, Harasim 2002].

Below there are presented equations used in calculations of cumulated energy consumption for rapeseed production process with consideration to energy consumption for particular components.

Energy consumption of tractors was calculated with dependence:

$$E_{cgt} = \frac{M_c \cdot W_{ec} + Z_c \cdot W_z}{T_{nc} \cdot W_{07}} \quad [MJ / ha], \quad (1)$$

where:

- E_{cgi} – energy consumption for i-tractor operation [MJ/ha],
- M_c – mass of tractor [kg],
- T_{nc} – nominal number of working hours for tractor during its utilization period [h],
- W_{07} – effective field capacity of outfit for a given operation [ha/h],
- W_{ec} – index of specific energy consumption for tractors [MJ/kg],
- W_z – index of specific energy consumption for spare parts [MJ/kg].

The energy inputs for particular machines were calculated as follows:

$$E_{mi} = \frac{M_m \cdot W_{em} + Z_m \cdot W_z}{T_{mm} \cdot W_{07}} \quad [MJ / ha] , \quad (2)$$

where:

- E_{mi} – energy consumption for i-machine operation [MJ/ha],
- M_m – mass of machine [kg],
- T_{mm} – nominal number of working hours for machine during its utilization period [h],
- W_{07} – effective field capacity of outfit for a given operation [ha/h],
- W_{em} – index of specific energy consumption for machine [MJ/kg],
- W_z – index of specific energy consumption for spare parts [MJ/kg].

The fuel consumption was calculated according to equation:

$$Q_p = N_s \cdot q \cdot h \cdot f \quad [kg] , \quad (3)$$

where:

- Q_p – amount of fuel consumed [kg],
- N_s – nominal power of engine [kW],
- q – engine specific fuel consumption [kg/kWh],
- h – time needed for execution of operation [h],
- f – coefficient of engine loading during operation [-].

The inputs of material means of production were calculated with equation:

$$E_{suri} = M_{msi} \cdot W_{esk} \quad [MJ] , \quad (4)$$

where:

- E_{suri} – energy input included in material means of production in agro-technical i-operation [MJ/ha],
- M_{msi} – mass of i-material mean of production [kg],
- W_{esk} – coefficient of specific energy consumption for material mean of production [MJ/kg].

The human effort is an inseparable element of every agro-technical operation. This factor is difficult to estimate, since depending on the worker's skill this factor is different as the intellectual input of the worker; this should be subjected to further investigations. In this work the labour inputs were calculated according to Wójcicki [Wójcicki 1979] with the use of equation:

$$E_{zi} = h_i \cdot W_z \quad [MJ] , \quad (5)$$

where:

- E_{zi} – labour energy consumption for agro-technical i-operation [MJ],
 h_i – time of execution for i-operation [h],
 W_z – coefficient of labour specific energy consumption [MJ/h].

The inputs for i-operation were calculated with equation:

$$E_{agri} = E_{czi} + E_{mi} + E_{suri} + E \quad [MJ / ha], \quad (6)$$

where:

- E_{agri} – energy consumption for agro-technical i-operation [MJ/ha],
 E_{czi} – energy consumption for i-tractor operation [MJ/ha],
 E_{mi} – energy consumption for i-machine [MJ/ha],
 $E_{ni} = Q_p$ – amount of fuel consumed [kg],
 E_{suri} – energy input included in material means of production in agro-technical i-operation [MJ/ha],
 E_{zi} – labour energy consumption for agro-technical i-operation [MJ].

In majority of agro-technical operations the tractor is combined with machine. The inputs for the outfits and for i-operation were calculated with equation:

$$E_{ii} = E_{czi} + E_{mi} \quad [MJ / ha], \quad (7)$$

where:

- E_{ii} – energy inputs for tractors and machines for agro-technical i-operation [MJ/ha],
 E_{czi} – energy inputs for i-tractor operation [MJ/ha],
 E_{mi} – energy inputs for i-machine operation [MJ/ha].

The cumulated energy consumption for rapeseed production technological process was calculated with equation:

$$E_p = \sum E_{agri} \quad [MJ / ha], \quad (8)$$

where:

- E_p – cumulated energy consumption for rapeseed production process [MJ/ha],
 E_{agri} – energy consumption for agro-technical i-operation [MJ/ha].

RESULTS AND DISCUSSION

Optimization of the winter rapeseed production process with respect to energy inputs: The structure of modeling the process:

1. **The optimization subject** is technological process of winter rapeseed,
2. **The optimization scope** takes into consideration variability of production process factors: variability of fertilizing level, variants of field operations,
3. **Criteria** – in optimization process there were assumed the criteria that considered the energy inputs for winter rapeseed production process,

4. Determination of decision variables:

a) Decision variables for fertilizing,

- Q_{Ca} – Ca fertilizer dose (from 200 to 1400 [kg/ha]),
- Q_N – N fertilizer dose N (from 30 to 485 [kg/ha]),
- $Q_{P, K}$ – P, K fertilizers dose (from 0 to 647,5 [kg/ha]),
- $Q_{Obornika}$ – manure spreading dose (from 2,0 to 14,5 [Mg/ha]),

b) Decision variables for agro-technical operation variants:

- W_{pk} – no *Hessian fly* (*Dasyneura brassicae*) control (W_{pk1}) or application of *Hessian fly* (*Dasyneura brassicae*) control (W_{pk2}),
- W_s – sowing with the use of tilling-sowing combine (W_{s1}) or cultivation with tillage set and sowing with drill (W_{s2}),
- W_z – one-stage harvest (W_{z1}) or two-stage harvest (W_{z2}),

5. Inequality limitations

- Q_{Ca} – $200 \leq Q_{Ca} \leq 1400$ [kg/ha],
- Q_N – $30 \leq Q_N \leq 485$ [kg/ha],
- $Q_{P, K}$ – $0 \leq Q_N \leq 647,5$ [kg/ha],
- $Q_{Obornika}$ – $2 \leq Q_{Obornika} \leq 14,5$ [Mg/ha],

6. Equality limitations

- W_{pk} $\in \{W_{pk1}, W_{pk2}\}$,
- W_s $\in \{W_{s1}, W_{s2}\}$,
- W_z $\in \{W_{z1}, W_{z2}\}$,

Basing on the analysis of collected material and the results of energy inputs estimation for agro-technical operations, in further stages of optimization process there was proposed the objective function of the form:

$$E_{celu} = E_{Ca} + E_{obornik} + E_{PK} + E_N + E_{pk} + E_s + E_z + E_o + E_{os} + E_{Nst} + E_{br} + E_h + E_s \quad , \quad (9)$$

where:

- E_{celu} – objective function with consideration to energy inputs [MJ/ha],
- E_{Ca} – energy consumption for fertilizing operation Ca [MJ/ha],
- $E_{obornik}$ – energy consumption for manure spreading operation [MJ/ha],
- E_{PK} – energy consumption for fertilizing with phosphor - P and potassium - K [MJ/ha],
- E_N – energy consumption for fertilizing with nitrogen - N [MJ/ha],
- E_{pk} – energy consumption for *Hessian fly* (*Dasyneura brassicae*) control operation [MJ/ha],
- E_s – energy consumption for sowing operation [MJ/ha],
- E_z – energy consumption for harvesting operation [MJ/ha],
- E_o – energy consumption for plant protection with fungicides [MJ/ha],
- E_{os} – energy consumption for pre-sowing ploughing operation [MJ/ha],
- E_{Nst} – energy consumption for fertilizing with nitrogen - N starting dose [MJ/ha],
- E_{br} – energy consumption for harrowing operation [MJ/ha],
- E_h – energy consumption for weed control operation [MJ/ha],
- E_{sl} – energy consumption for *Polen beetle* (*Meligethes aeneus*) control operation [MJ/ha].

The component elements of objective function E_{Ca}, \dots, E_{st} , were calculated with a general equation, with consideration to particular variants of given agro-technical operations.

This equation includes the key elements of energy balance for particular agro-technical operations, grouped into the energy inputs for tractors and machines used, labour energy and energy inputs for material means of production:

$$E_i = E_{ii} + E_{zi} + E_{suri} \quad ; \quad i = 1, \dots, n \quad , \quad (10)$$

gdzie:

E_i – energy consumption for agro-technical i-operation [MJ/ha],

E_{ii} – energy input of tractors and machines for agro-technical i-operation [MJ/ha],

E_{zi} – labour energy consumption for agro-technical i-operation [MJ],

E_{suri} – energy input included in material means of production for agro-technical i-operation [MJ/ha],

i – i-variant of agro-technical operation.

In the case of agro-technical operations involving the change in fertilizer dose, the energy inputs for material means of production were combined with decision variables ($Q_{Ca}, Q_N, Q_P, K, Q_{Obornika}$) on the form of equation:

$$E_{suri} = A_i \cdot Q_i \quad i = 1, \dots, n \quad , \quad (11)$$

where:

E_{suri} – energy input included in material means of production for agro-technical i-operation [MJ/ha],

A_i – coefficient of energy consumption for i-fertilizer [MJ/kg],

Q_i – dose of i-fertilizing [kg/ha],

i – i-operation of fertilizing [-].

The subject of worked out optimization is searching for minimal values of objective function according to equation:

$$\min E_{celu}(Q_i, W_i) \quad i = 1, \dots, n \quad , \quad (12)$$

where:

E_{celu} – objective function with consideration to energy inputs [MJ/ha],

Q_i – dose of i-fertilizing [kg/ha],

W_i – variant of agro-technical i-operation [-],

i – i-operation of fertilizing [-].

Investigations on objective function course with consideration to energy inputs for rapeseed production

The obtained course of objective function variability that determine *energy inputs* (E_{celu}) resulted from all agro-technical operation variants taken into consideration in this work and the changes in fertilizing levels for particular fertilizers within assumed limitation ranges of optimization process.

Figures 1 and 2 present the objective function values for combinations of agro-technical operation variants, where objective function is minimal.

The course of objective function variability was made dependent on the step changes in the level of P, K fertilizing and continuous changes in fertilizing with Ca and manure, at determined level of nitrogen fertilizing. To make the model presentation more legible, four levels of phosphor and potassium fertilizing (P, K) were marked with different net colours.

Changes in nitrogen (N) fertilizing level were put on the above factors; this changes the height of particular nets' position for P, K fertilizing. Besides fertilizing factors there were verified the energy inputs for various sowing variants: sowing with till-sow combine and two-stage sowing (cultivation with tillage set followed by sowing with drill. The variants of plantation protection against pests were considered also: with *Hessian fly* (*Dasyneura brassicae*) control and without it.

Different colour of surface filling particular nets determines changes in energy inputs per 1 ha of winter rape plantation depending on the effect of particular production factors.

Figure 1 presents the variant of energy inputs for rapeseed production with consideration to minimal level of nitrogen fertilizing (N).

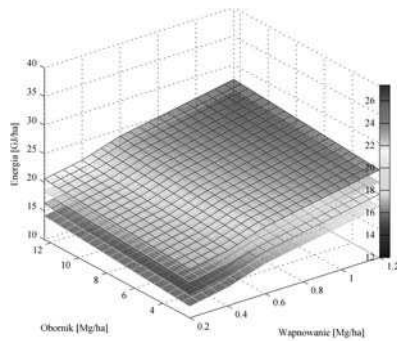


Fig. 1. Model of energy inputs for rapeseed production at minimal inputs of production factors: $N - 30$ [kg/ha], sowing with till-sow combine, no pest control – *Hessian fly*, one-stage harvesting, fertilizing with P and K, manure and liming according to limitations.

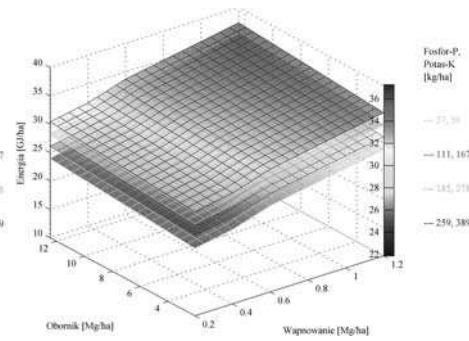


Fig. 2. Model of energy inputs for rapeseed production at maximal inputs of production factors: $N - 485$ [kg/ha], soil cultivation with tillage set, sowing with drill, with pest control – *Hessian fly*, two-stage harvesting, fertilizing with P and K, manure and liming according to limitations.

Source: own elaboration.

Figure 2 presents energy inputs distribution for maximal values of production factors in particular variants. One can find that the height of nets increased considerably, while the trends of energy inputs course did not change, since the production factors energy inputs increased proportionally. However, the global energy input for winter rape production process increased.

Results of optimization process for rapeseed production with respect to energy inputs

Figures 3 i 4 present results of optimization process with consideration to all decision variables of the scalar objective function.

Application of a dense net for starting points enabled to eliminate the phenomenon of optimization process interrupting at local minima of objective function. Then, the results of particular iterations of the optimization process were analyzed to find the global minimum of objective function. On diagram (Fig. 3) this value is distinguished with magenta colour.

Figure 3 presents the course of objective function variability with consideration to energy inputs that depend on changes in production process parameters (harvesting, *Hessian fly* control, sowing technique, fertilizing with nitrogen, phosphor, potassium and manure as well as liming).

The starting points for particular iterations of optimization process were introduced to the diagrams below.

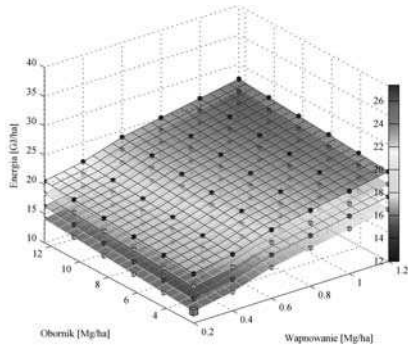


Fig. 3. Optimization results of objective function *energy inputs* for decision variables (*one-stage harvesting, no Hessian fly control, sowing technique-till-sow combine, fertilizing: N – 30 [kg/ha], P and K, manure and liming according to limitations*).

Source: own elaboration.

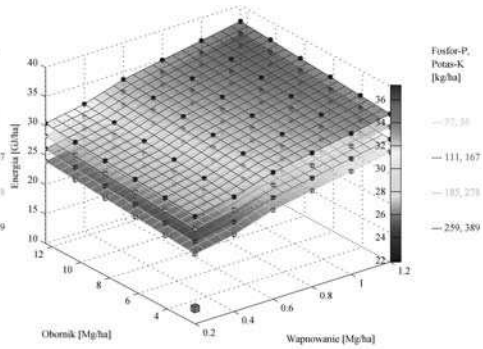


Fig. 4. Optimization results of objective function *energy inputs* for decision variables (*joint dose of N fertilizing 485 [kg/ha], sowing technique-cultivation with tillage set, with Hessian fly control, two-stage harvesting, fertilizing P and K, manure and liming according to limitations*).

The diagram on Fig. 3 presents the course of objective function *energy inputs* for defined combination of decision variables giving the least values. The decision variables included: *one-stage harvesting, no Hessian fly control, swing technique with till-sow combine, nitrogen fertilizing – starting dose only*, the remaining fertilizing, see diagram. The diagram on Fig. 4 presents defined combination of decision variables giving the maximal values of objective function *energy inputs*.

Table 1: List of optimization results for particular objective function assumed in the work

Objective function	Value of objective function	Ca Dose [kg/ha]	Manure dose [kg/ha]	P, K dose [kg/ha]	N dose [kg/ha]	Sowing (*)	Hessian fly (**)	Harvest (***)
Energy input [GJ/ha]	11.993	200	2075	92.5	30	W_{s1}	W_{pk1}	W_{z1}

(*) – till-sow combine (W_{s1}) or cultivation with tillage set and sowing with drill (W_{s2}),

(**) – no Hessian fly control (W_{pk1}) or with Hessian fly control (W_{pk2}),

(***) – one-stage harvesting (W_{z1}) or two-stage harvesting (W_{z2}),

Source: own elaboration.

As a result of carried out optimization process of rapeseed production with respect to energetic effectiveness the optimal values of decision variables were determined.

CONCLUSIONS

The rapeseed production process is the most energy-consuming and dynamic stage of the RME production process, and errors resulted from its abandonment cause the biggest losses, both energetic and economic. With the use of optimization process one can select particular production factors to obtain the highest effectiveness of the process at a defined field.

On the basis of the carried out optimization of winter rapeseed production process (at assumed limitations and small farm parameters) one can find that:

- minimal energy inputs for each combination of agro-technical operation variants range from 11.99 – 12.66 [GJ/ha],
- minimal energy inputs amount to 11.99 [GJ/ha]

REFERENCES

- Banasiak J., 2008: Wydajnościowa analiza w procesach eksploatacji maszyn rolniczych. s. 63-68, Inżynieria Rolnicza 4(102)/2008, Wrocław.
- Bartkowiak-Broda I., 2006: Kierunki hodowli rzepaku, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Oddział w Poznaniu, Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Oleistych., Warszawa.
- Bocheński C. I., Bocheńska A., 2008: Ocena zasobów ropy naftowej i perspektywy jej substytucji biopaliwami. Motorol, s. 23-30, Lublin.
- Bowszys T., Sądej W., Wierzbowska J., 2007: Use of agricultural and communal waste products in fertilization of oilseed rape grown for biofuel. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln., OL PAN 7, s. 43-50, Lublin.
- Chmielecki R., 2006: Rozwój form zespołowego użytkowania maszyn w rolnictwie Niemiec zachodnich., Instytut Ekonomiki Rolnictwa, Uniwersytet w Getyndze, Inżynieria Rolnicza Nr 13 (88) s. 37-45.
- Denisiuk W., Piechocki J., 2005: Techniczne i ekologiczne aspekty wykorzystania słomy na cele grzewcze., 2005, Olsztyn.
- Drosio A., Klimkiewicz M. 2009: Efektywność i samowystarczalność energetyczna rolnictwa. w. Ekonomiczne uwarunkowania stosowania odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo Wieś Jutra, Warszawa.
- Fotyma E., 2002: Efektywność i opłacalność nawożenia. Podstawy teoretyczne i praktyczne. Chemia rolna. Warszawa.
- Gach S., 2009: Metody oceny technologii zbioru i konserwacji zielonych roślin paszowych., SGGW, Inżynieria Rolnicza Nr 4/2009 s. 67- 74.
- Gozdowski D., Samborski S., Sioma S., 2007: Rolnictwo precyzyjne. Warszawa.
- Grześ Z., 2005: Metoda aktualizacji wskaźnika kosztów napraw maszyn rolniczych nowej generacji. Problemy Inżynierii Rolniczej Nr 3/2005 s. 39-46. Poznań.
- Harasim A., 2002: Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. Rozpr. Hab. IUNG, Puławy.
- Jakóbiec J., Konstantynowicz L., Janik R., Ambroziak A., 2009: Wpływ właściwości fizykochemicznych paliw ropopochodnych i pochodzenia roślinnego na właściwości rozruchowe silników ZS. Eksploatacja silników spalinowych., Rozruch silników spalinowych. Zeszyt Nr 18, Szczecin.
- Jaros M, Pabis S., 2007: Inżynieria systemów. SGGW. Warszawa.
- Klikocka H., 2006: Efektywność energetyczna różnych sposobów uprawy roli i nawożenia naturalnego w produkcji ziemniaka. Acta Agrophysica, 2006, 8(2), s.385-393, Lublin. 5

- Kupczyk A., 2008: Stan Aktualny i perspektywy wykorzystania biopaliw transportowych w Polsce na tle UE, Cz. IV. Aktualne Uwarunkowania i wykorzystanie biopaliw transportowych w Polsce. Biopaliwa II generacji. Energia i Ekologia, Warszawa.
- Lisowski A., 2005: Zasady przygotowania kombajnu do zbioru zbóż i rzepaku, 2005, s., SGGW, Dow Agro Science, Warszawa.
- Lorencowicz E., 2007: Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. Bydgoszcz.
- Muzalewski A., 2002: Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolnych. IBMER, Warszawa.
- Muzalewski A., 2008: Zasady doboru maszyn rolniczych. IBMER, Warszawa.
- Siarkowski Z., Lebedowicz W., Maciejewski, 2005: Metoda doboru pod względem energetycznym maszyn i urządzeń stosowanych w produkcji zbóż na paszę. Lublin.
- Skrobaccki, 1986: Wpływ czynników przyrodniczych i organizacyjnych na zużycie paliw silnikowych w procesach trakcyjnych w gospodarstwie rolnym. SGGW-AR. Warszawa.
- Waszkiewicz, 2009: Rynek wybranych narzędzi i maszyn rolniczych do produkcji roślinnej w Polsce w latach 2001-2007. Problemy Inżynierii Rolniczej Nr 1. s. 51-56, Warszawa.
- Wójcicki Z., 1979: Wskaźniki energochłonności niektórych produktów rolniczych. IBMER XXXI/21, Warszawa.

ANALIZA ENERGETYCZNO-TECHNICZNA TECHNOLOGII PRODUKCJI NASION RZEPAKU OZIMEGO.

Streszczenie. Przeprowadzono analizę energetyczną i ocenę technologii produkcji nasion rzepaku z przeznaczeniem na produkcję RME w gospodarstwie rolnym. Proces technologiczny poddano optymalizacji ze względu na nakłady energetyczne.

Opracowany model procesu produkcji nasion rzepaku ozimego w gospodarstwie rolnym jest narzędziem ułatwiającym podejmowanie decyzji o celowości podjęcia produkcji lub zaniechania jej w warunkach gospodarstwa rolnego. Ułatwi on bezpośredni dobór maszyn i urządzeń dla określonej skali produkcji.

Słowa kluczowe: uprawa rzepaku ozimego, energochłonność procesu, rzepak ozimy, surowiec do produkcji RME.

BADANIE UKŁADÓW EBS I SRS SAMOCHODU CIĘŻAROWEGO

Mieczysław Dziubiński

Katedra Pojazdów Samochodowych, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: m.dziubinski@pollub.pl

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono badania samochodu ciężarowego zgodnie z procedurami diagnostycznymi dla układów EBS i SRS. Na podstawie przeprowadzonych badań i wyciągnięciu odpowiednich wniosków określono czynności naprawcze. Przedstawione metody wykorzystują popularne schematy programu badań.

Słowa kluczowe: diagnoza, układ EBS, układ SRS, kody błędów.

WSTĘP

Głównym warunkiem uzyskania optymalnego okresu użytkowania pojazdów jest regularna obsługa techniczna.

Obsługa serwisowa jest ważnym czynnikiem, aby samochód mógł wykonywać swoje zadania na najwyższym poziomie niezawodności i przy najniższych kosztach [2,3,15,17]. Powinna ona zapewnić funkcjonowanie oraz możliwość kierowania pojazdem do następnego przeglądu. Wyznacznikiem okresu międzyobsługowego u wszystkich producentów jest wymiana oleju w silniku. Zgodnie z odpowiednim programem obsługi zapobiegawczej, powinna być wykonywana po przebyciu przez pojazd maksymalnego dystansu, odpowiedniego dla typu silnika, rodzaju oleju, nie rzadziej jednak niż co 6 miesięcy. Ponadto raz w roku lub po określonym przebiegu (zależnym od innych podzespołów) zamiast obsługi podstawowej wykonywana jest obsługa pełna. Przy obsłudze pełnej należy przejrzeć wszystkie podstawowe układy pojazdu pod kątem wystąpienia uszkodzeń oraz ewentualnego określenia ich stopnia zużycia.

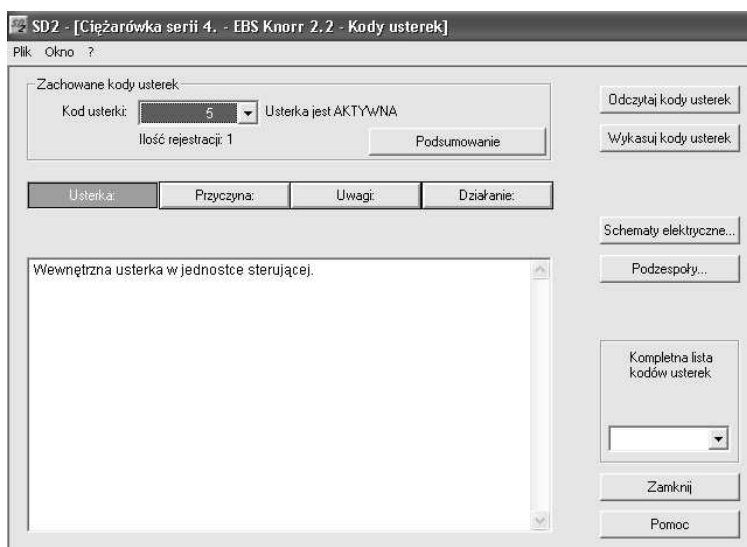
Układ pneumatyczny w samochodzie ciężarowym jest jednym z najważniejszych w pojeździe. Pełni funkcję sterującą i wykonawczą. Ważnym układem sterowanym przy pomocy sprężonego powietrza jest układ hamulcowy. Nie ma ściśle określonych terminów badań okresowych układu hamulcowego. W pracy przeprowadzono analizę programu badań układu hamulcowego, oraz sposób jego realizacji z wykorzystaniem techniki komputerowej [7,9,11,13]. We współczesnych samochodach ciężarowych coraz częściej funkcję sterowania przejmują układy elektroniczne. Przy okazji badań okresowych pojazdu diagnozuje się też uszkodzenia powstałe w elektronicznych układach sterujących podczas eksploatacji pojazdu. Uszkodzenia te sygnalizowane są lampkami

ostrzegawczymi. W pracy pokazano przykład diagnozowania i usunięcia powstałych usterek w głównych podzespołach pojazdu.

TESTOWANIE UKŁADU HAMULCOWEGO Z EBS

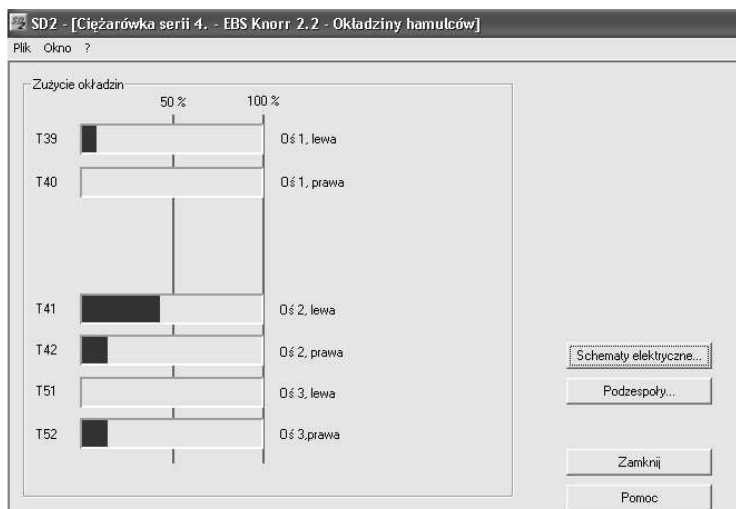
Sprawdzenie układu hamulcowego z EBS obejmuje:

1. Sprawdzenie ciśnienia roboczego, szczelności i zaworu kontrolnego w zaworze upustowym:
 - sprawdzenie zaworu kontrolnego w zaworze upustowym,
 - sprawdzenie szczelności układu,
2. Kontrolę zespołu grzałki osuszacza:
 - sprawdzenie elementu grzewczego,
3. Sprawdzenie czterodrożnego zaworu bezpieczeństwa:
 - ustalenie wartości ciśnienia otwarcia zaworu,
 - ustalenie wartości ciśnienia zamknięcia zaworu,
 - kontrola obwodu hamulca postojowego,
4. Sprawdzenie hamulca postojowego / hamulca awaryjnego oraz działania zaworu redukcji ciśnienia i kontrolnego zaworu przełącznikowego,
5. Odczytanie kodów usterek (rys. 1.),



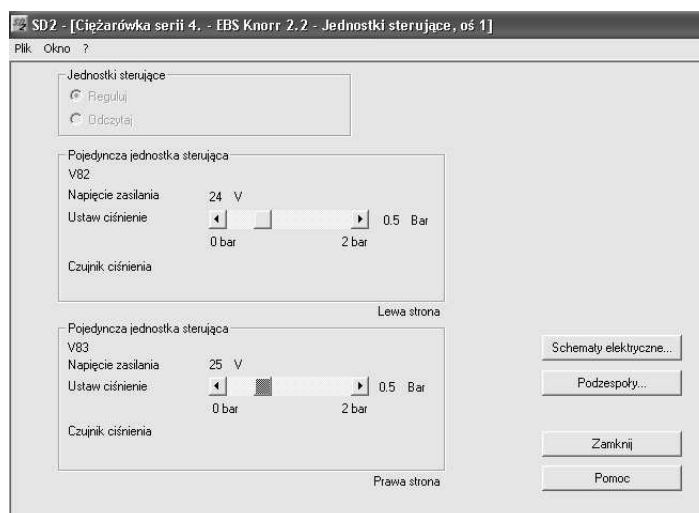
Rys. 1. Widok okna odczytu kodów błędów programu Scania Diagnos
Fig. 1. Module of the Scania Diagnos program for reading error codes

6. Sprawdzenie czujnika zużycia okładzin (rys. 2),



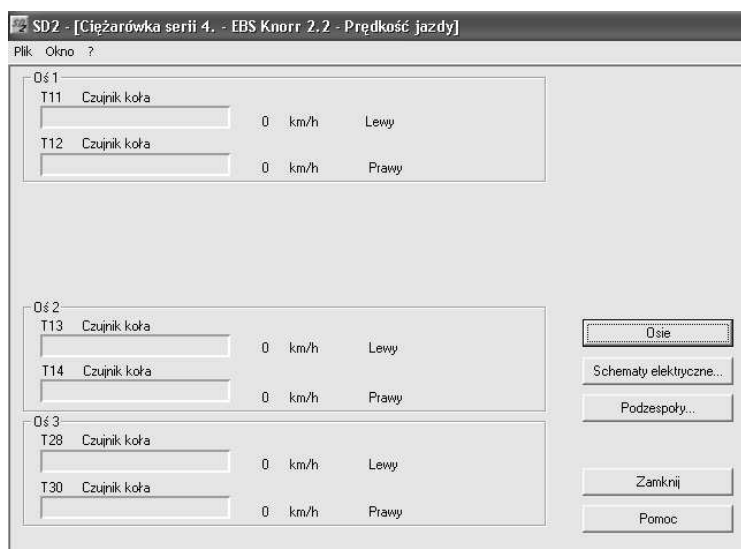
Rys. 2. Widok okna odczytu grubości okładzin hamulcowych programu Scania Diagnos
Fig. 2 Module of the program for checking the dimensions of the car brake facing layer thickness

7. Testowanie zaworu hamulca zasadniczego,
8. Kontrola ciśnienia początku hamowania,
9. Sprawdzenie modułów sterujących, napięcia zasilania, ciśnienia hamowania i ciśnienia w trybie awaryjnym (rys. 3),



Rys. 3 Ustawienie ciśnienia w programie Scania Diagnos
Fig. 3. Setting of pressure in the Scania Diagnos program

10. Testowanie zaworu przekaźnikowego przyczepy,
11. Sprawdzenie ciśnienia hamowania w trybie awaryjnym z elektronicznego modułu sterującego przyczepą,
12. Testowanie zaworu przekaźnikowego przyczepy/funkcja odciążania modułu sterującego przyczepą,
13. Sprawdzenie czujników kół (rys. 4).



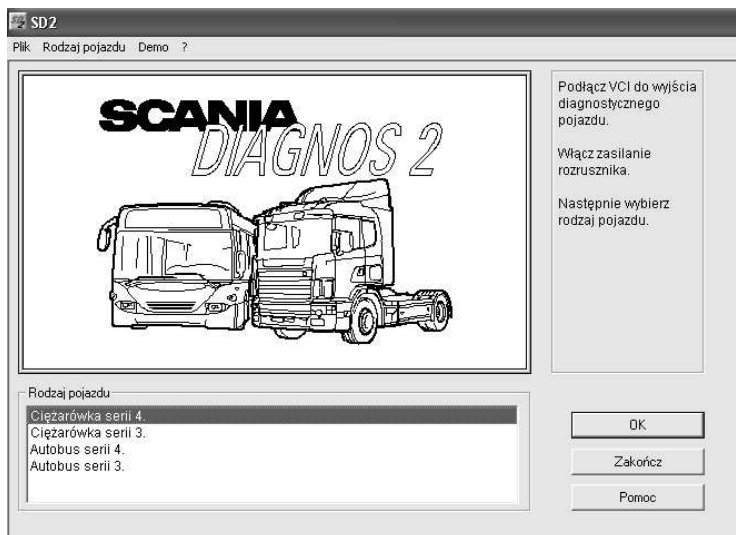
Rys. 4. Sprawdzenie prędkości jazdy
Fig. 4. Measurement of car speed

PRZEPROWADZENIE BADAŃ W RAMACH PRZEGLĄDÓW

W czasie przeglądu okresowego współcześnie podłącza się komputer z oprogramowaniem diagnostycznym odpowiadającym marce pojazdu. W przypadku wystąpienia awarii w obwodzie jakiegokolwiek podzespołu, jednostka sterująca generuje kody błędów. Kody te odczytać można przy pomocy komputera.

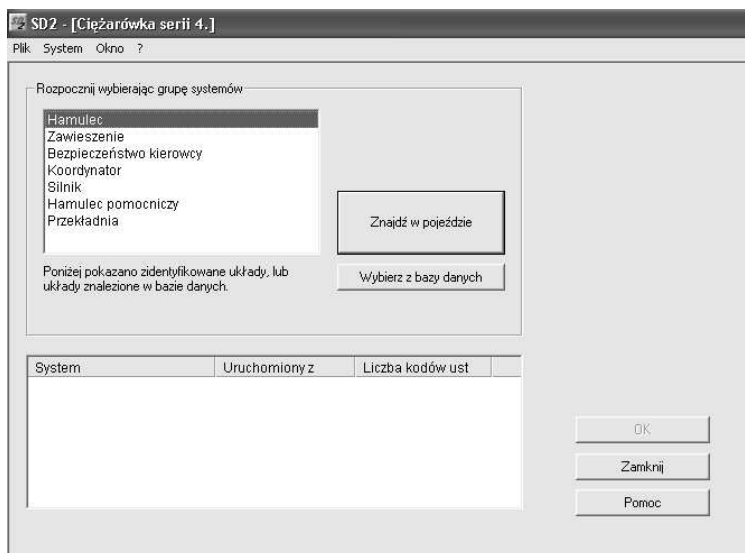
W ramach pracy przeprowadzono badania na losowo wybranym samochodzie marki Scania, przy pomocy oprogramowania Scania Diagnos wersja 2.26.002.

Po uruchomieniu programu Scania Diagnos postępowano zgodnie z instrukcjami wyświetlonymi na głównym panelu (rys. 5.).



Rys. 5. Widok panelu głównego programu Scania Diagnos
Fig. 5. View of the main panel of the Scania Diagnos program

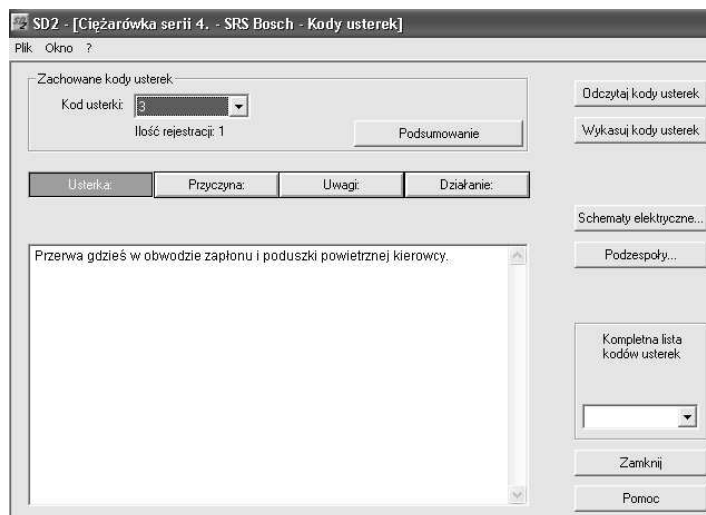
Po wykonaniu instrukcji wyświetlonych na ekranie przechodzi się do panelu wyboru zidentyfikowanych przez program układów w pojeździe (rys. 6).



Rys. 6. Wybór sprawdzanych elementów
Fig. 6 Selection of diagnosed components

Przeprowadzenie badań nadwozia –SRS.

W ramach badań odczytano kody błędów (rys. 7). Stwierdzono przerwę w obwodzie sterowania poduszki powietrznej kierowcy.

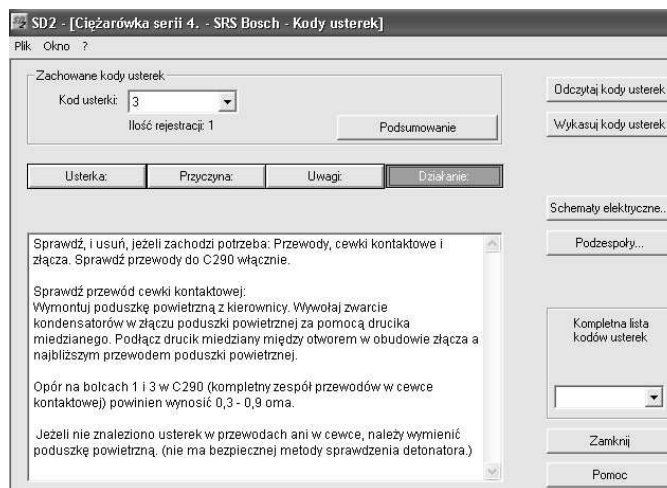


Rys. 7. Odczyt kodów błędów

Fig. 7. Block diagram of number of failures

W zakładce „Przyczyna:” odczytano: „Obwód otwarty w przewodach, cewce kontaktowej (przewody lub kondensatory) lub detonatorze.”

W zakładce „Działanie:” zapoznano się ze sposobem usunięcia awarii (rys. 8).



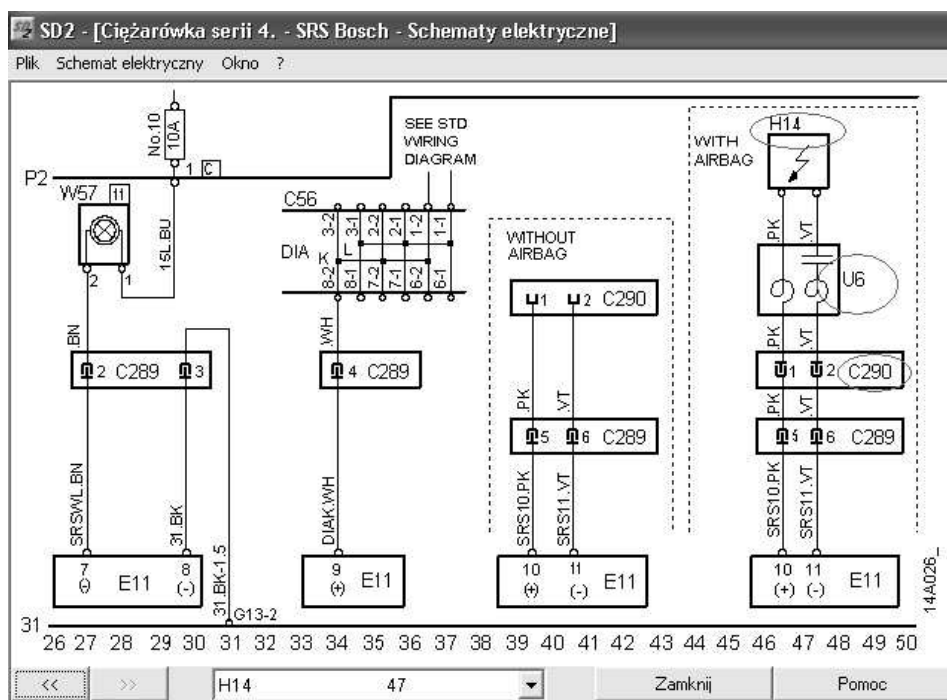
Rys. 8. Widok panelu „Działanie:” programu Scania Diagnos

Fig. 8. View of the panel „Working” of the Scania Diagnos program

Wybrano przycisk „Podzespoły...” i znaleziono zespół odpowiedzialny za wygenerowanie konkretnego kodu błędu.

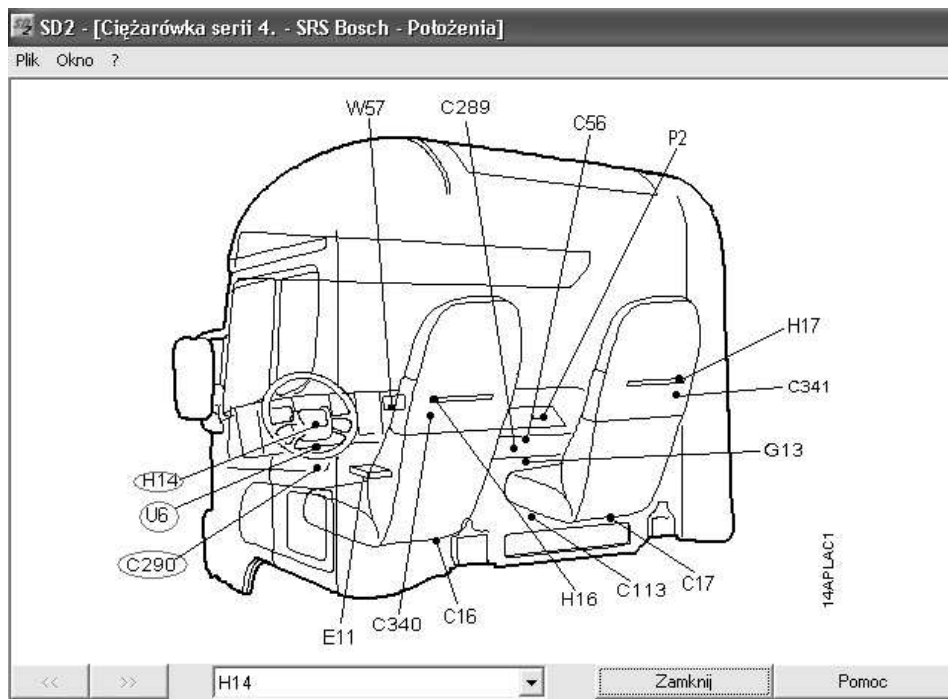
Wybrano przyciski „Schematy elektryczne...” i „Położenie...” w celu zlokalizowania podzespołu w pojeździe (rys. 9. i 10.) oraz zlokalizowano podzespoły:

- H14 –zespół poduszki powietrznej kierowcy,
- U6 –cewka kontaktowa poduszki,
- C290 –kostka elektryczna połączenia poduszki.



Rys. 9 Schemat elektryczny połączenia poduszki powietrznej

Fig. 9. Internal connections of the SRS system



Rys. 10. Widok podzespołów SRS
Fig. 10. Overview of the SRS elements

W następnej kolejności zdemontowano moduł poduszki powietrznej i wykonano zwarcie styków poduszki.

Przeprowadzono pomiar rezystancji w kostce C290 (rys. 10).

Wynik pomiaru: $0,4 \Omega$

Stwierdzono brak uszkodzenia na kostce elektrycznej i w obwodzie poduszki.

Wymieniono poduszkę na nową.

Wykasowano pamięć kodów błędów i odczytano ją ponownie - błędów nie stwierdzono.

WNIOSKI

Nowoczesna obsługa serwisowa pojazdów wymaga standaryzacji stosowanych procedur serwisowych. Ujednoczenie procedur możliwe jest dzięki zastosowaniu uniwersalnego formularza przeglądowego do obsługi pojazdów różnych marek.

Standaryzacja procedury obsługi serwisowej przy pomocy formularza przeglądowego zapewnia całkowitą powtarzalność wszystkich czynności na niezmiennym, wysokim poziomie jakości. Ogranicza błędy przy wykonywaniu przeglądu i umożliwia oszacowanie z góry jego kosztu. Formularz przeglądowy dostarcza danych do późniejszej analizy stanu pojazdu w toku jego eksploatacji. Można stosować go do każdej marki samochodu bez względu na rodzaj materiałów eksploatacyjnych zalecanych przez producenta pojazdu. Zastosowanie formularza skraca

czas przestoju dzięki jasnej i czytelnej procedurze oraz możliwości wcześniejszego przygotowania wszystkich potrzebnych materiałów.

Żaden z producentów pojazdów użytkowych nie posiada odrębnego protokołu do przeglądu układu hamulcowego. Układ hamulcowy testowany jest w ograniczonym zakresie podczas przeglądu pełnego pojazdu. Formularz przeglądu układu hamulcowego ma zastosowanie w przypadku zgłoszenia przez kierowcę uszkodzenia. Skraca czas postawienia diagnozy dzięki algorytmowi postępowania oraz eliminuje ryzyko pominięcia jakiegokolwiek etapu kontroli układu hamulcowego.

Przeprowadzone badania podwozia (EBS) i nadwozia (SRS), przy pomocy komputera z oprogramowaniem diagnostycznym przeznaczonym do wybranej marki pojazdu, pozwoliły określić stan samochodu ciężarowego.

Badanie okresowe przy pomocy komputera umożliwia w krótkim czasie stwierdzenie stanu technicznego poszczególnych układów elektronicznych w pojeździe. Zarejestrowane kody błędów można w prosty sposób wyświetlić. Program podpowiada prawdopodobną przyczynę uszkodzenia i sugeruje sposób naprawy. Załączone listy i schematy podzespołów pomagają w szybkiej lokalizacji elementów w pojeździe. Program opisuje sposób wykonania pomiarów kontrolnych podzespołów, a załączone wykazy wartości oczekiwanych umożliwiają natychmiastową ocenę ich stanu.

Procedury oraz unifikacja tabeli przeglądowej ustrzeżę mechanika przed lokalizacją uszkodzenia metodą pomiarów elementów w sposób przypadkowy i nieprzemyślany.

PIŚMIENNICTWO

14. Będkowski L., Dąbrowski T., 2005: Analiza wybranych przypadków niezdatności użytkowej obiektów wielozadaniowych, XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 57-67.
15. Będkowski L., Dąbrowski T., 2006: Wpływ komasacyjnego diagnozowania efektu na niezawodność systemu, XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 41-53.
16. Będkowski L., Dąbrowski T., 2010: Diagnozowanie funkcjonalne podstawą bezpieczeństwa systemów eksploatacji, XXXVIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 5-15.
17. Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S., 1999: Elektrotechnika i elektronika samochodowa, Lublin, 371 s.
18. Dziubiński M., 2003: Model Testing of the Diagnostic Process, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, 3, 91-98.
19. Dziubiński M., 2004: Badania elektronicznych urządzeń pojazdów samochodowych, Lublin, 100s.
20. Dziubiński M., 2004: Elektroniczne układy pojazdów samochodowych, Lublin, 138s.
21. Dziubiński M., 2005: An analysis of hydraulic braking system reliability, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, 5, 217-225.
22. Dziubiński M., 2007: Testing of an ignitron system In a car run on various fuels, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, 7, 97-104.
23. Grabski F., 2011: Stochastyczny model bezpieczeństwa obiektu w procesie eksploatacji, XXXIX Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk.
24. Knopik L., 2008: Maksymalizacja współczynnika gotowości obiektu technicznego z gwarancją, XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 171-182.
25. Młyńczak M., 2010: Ryzyko jako miara oceny efektywności działania systemu obsługi, XXXVIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 120-125.
26. Tylicki H., Żółtowski B., 2005: Zmiana stanu maszyny w procesie eksploatacji, XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 551-561.
27. Tylicki H., Żółtowski B., 2011: Urządzenia elektryczne pojazdów samochodowych, Piła 295 s.

28. Tylicki H., 2006: Procedury rozpoznawania stanu w niezawodności maszyn , XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 361-368.
29. Tylicki H., 2007: Metody optymalizacyjne w niezawodności symptomowej, XXXV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 518-527.
30. Tylicki H., 2008: Procedury oceny stanu w utrzymaniu gotowości technicznej maszyn, XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 345-354.
31. Żurek J., Mitkow Sz., Ziółkowski J., 2006: Metody oceny gotowości pojazdów, XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 398-409.
32. Żółtowski B., 2001: Metody identyfikacji w ocenie stanu dynamicznego maszyn, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, 1, 21-32.
33. Żółtowski B., 2007: Metody diagnostyki technicznej w ocenie destrukcji maszyn, XXXV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 587-599.

W pracy wykorzystano również materiały informacyjne następujących firm:

VOLVO, SCANIA, Zahnradfabrik ZF, Zakłady Starachowickie STAR S.A., WABCO, KNORR, MERCEDES-BENZ, RENAULT, MAN.

INVESTIGATION OF EBS AND SRS SYSTEMS OF THE TRUCK

Summary. The paper presents procedures and results of investigations of EBS and SRS systems of the truck. It has consisted in an analysis of elements failures occurring in the EBS and SRS systems. On the basis of the performed research and its conclusions, the process of repairing was described. The presented methods involve considerable advantages of well known experimental schemes of researches.

Key words: diagnosis, EBS, SRS, number of failures.

OPTIMIZATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF A STONE-REMOVING MACHINE FOR CHERRIES AND SWEET CHERRIES

Ihor Flys, Roman Lozovyi, Oleh Lakish

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Summary. This research represents the results that substantiate the structural scheme and optimization of technological and kinematic parameters of a stone-removing machine for the technological process of preserving cherries in their own juice.

Key words: optimization, structural scheme, technological and kinematic parameters, stone-removing machine, cherry, sweet cherry, small processing enterprise.

INTRODUCTION

The most important engineering problem to solve is the development of technological equipment for the processing of agricultural raw materials in small processing enterprises within the larger economies. (1) A number of suitable for food processing enterprises, individual farms and machine constructions for public use have been approved at the Department of Machinery Construction at Lviv National Agrarian University. (2)

One of the most essential operations in the process of making berries in their own juice from cherries and sweet cherries is the process of stone squeezing. In small processing enterprises it is usually done by hand. Thus, it is important to provide small but productive and effective machinery for squeezing stones out of cherries and sweet cherries.

Objectives: to substantiate the structural scheme and to optimize technological and kinematic parameters of a stone-removing machine for the technological process of making berries in their own juice.

Tasks:

1. to define the structural scheme of a stone-removing machine for cherries and sweet cherries,
2. to optimize the gear of a stone-removing machine for cherries and sweet cherries,
3. to consider the shape of the working surface of the puncheon for removing stones,
4. to research the dependency of reverse and forward movement of the puncheon on the angle of feed slope,
5. to estimate the effectiveness of the suggested development.

1. DESCRIPTION OF THE IMPROVED MACHINE CONSTRUCTION

Members of the staff of the Department of Machinery Construction at Lviv National Agrarian University have improved the construction of the previously developed small-sized machine for stone squeezing. (Fig.1) The machine consists of: frame 1, electromechanical drive 2 (motor reducer, wedge pass transmission 3, vibrohopper 4 for berries, drive vibrohopper 5 (electric engine and eccentric) 13, slope chamfer 6, brush mechanism 7, levered mechanism 11, mounting 14, spring 9 to press the puncheon 8.

The upgraded machine works as follows: berries are loaded into bunker 4. The switched on electric engine of vibration mechanism 5 powers the hopper 4 through the eccentric 13, berries are delivered, one at a time, through shutter and feed chamfer to bed. At this stroke the puncheon 8 effected by cam 10 and pressure plate 12 pierces a berry, and removes the stone. On the reverse stroke of puncheon the berry without stone is whipped off by brush 7 into the collective jar. Electric engine reducer 2 powers the puncheon through the wedge pass transmission 3. The brush 7 is run by levered mechanism 11, which in turn is run by drive pulley of wedge pass transmission 3 providing berries sweeping off. Kinematics of puncheon pulley and brush is arranged so that oscillatory movement of the brush to a berry is done on the backward stroke of puncheon and vice versa. The work of all parts and mechanisms of the unit is in kinematic balance during the technological process.

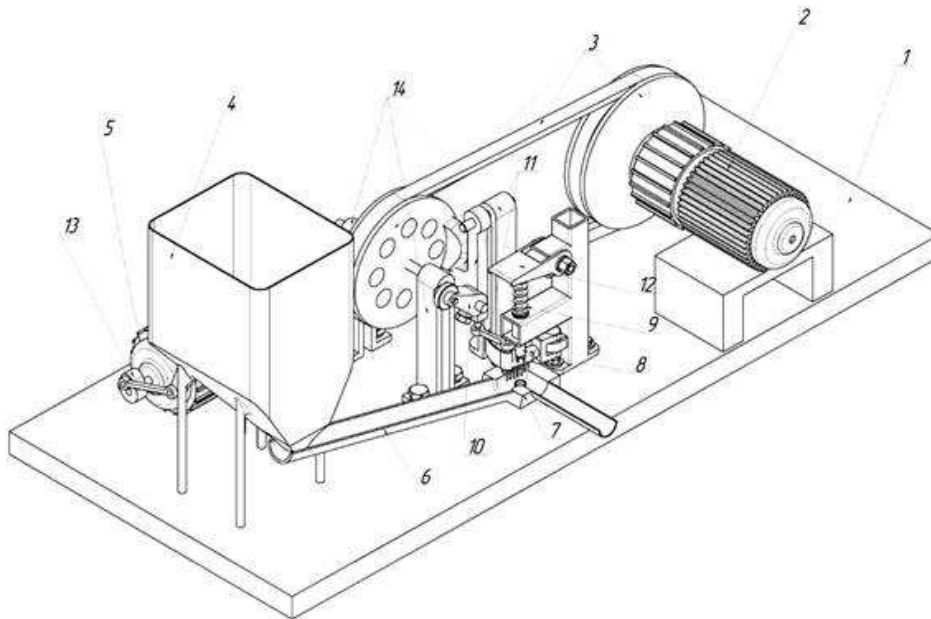


Fig. 1 Upgraded machine for stone squeezing from cherries and sweet cherries:

- 1-frame; 2-electric engine reducer; 3- wedge pass transmission; 4-bunker;
- 5- electric engine to power bunker; 6- feed chamfer; 7- brush; 8- puncheon;
- 9- spring; 10- press cam; 11- levers; 12- press plate; 13- eccentric; 14- stand bearings

The upgraded machine has a simplified construction in comparison with the basic one. Instead of two wedge pass transmissions we have installed only one. This transmission acts upon

levers and powers the puncheon and brush simultaneously. It is possible to change the angle of slope of feed chamfer. Moreover, we have improved the working surface of the puncheon, as well as some elements of mounting.

2. CALCULATIONS OF THE STRUCTURAL PARAMETERS OF THE MACHINE

2.1 Selection of electric engine for powering

To choose an electric engine, it is necessary to calculate how much power it needs. We used the formulas (9, 8,10,11) to define it:

$$P_{\text{os}} = \frac{P_{\text{свд}}}{\eta_{\text{nac}} \cdot \eta_{\text{mid}}^3 \cdot \eta_{\text{hamp}} \cdot \eta_k}, \quad (1)$$

where: η_{nac} - the efficiency of belt transmission ($\eta_{\text{nac}}=0,94$),
 η_{mid} - the efficiency of sliding bearings ($\eta_{\text{mid}}=0,98$),
 η_{hamp} - the efficiency of part that directs the puncheon ($\eta_{\text{hamp}}=0,95$),
 η_k - the efficiency of cam mechanism ($\eta_k=0,9$).

Power of drive shaft P (12, 22) is defined as follows:

$$P_{\text{свд}} = (F_s + F_{\text{np}}) \cdot V_n, \quad (2)$$

where: F_s - power of stone squeezing, H ;
 F_{np} - power of spring compression of puncheon, H ;
 V_n - speed of puncheon, m/c .

The speed rate of puncheon V is equal the speed of the rolling up of cherry (sweet cherry) V, with such a form of brush for rolling up berries. The maximum speed of berry is defined by the formula:

$$V_s = \sqrt{(2g(h - fl_1) + V_0^2)}, \quad (3)$$

where: g - free fall acceleration m/c^2 .
 f - friction rate ($f=0,3639$),
 l_1 - distance from 'bed' to the centre of berry, m ,
 V_0 - initial speed of berry ($V_0=0$), m/c ,
 $h = l_p \sin \alpha$ - height of chamfer at a distance l_p, m ,
 α - optimal angle of chamfer slope $\alpha = 45^\circ$.

Putting the values in the formula (3):

$$V_s = \sqrt{2 \cdot 9,8(0,02 \cdot \sin 45 - 0,3639 \cdot 0,02)} = 0,367 m/c.$$

On the other hand, the speed of puncheon stroke V (Fig.2) (22):

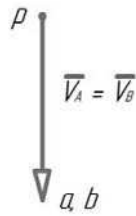


Fig. 2. Chart of puncheon speed

$$V_B = V_n + V_{BA}, \quad (4)$$

$$V_n = V_B - V_{BA},$$

$$V_n = \omega \cdot l_k, \quad (5)$$

where: ω - angle speed of drive shaft, rad/c,

l_k - length of cam (taking into account structural consideration ($l_k = 40 \text{ mm}$)).

Formula (5) defines the angular speed of drive shaft of machine ω :

$$\omega = \frac{0,367}{0,04} = 9,2 \text{ rad /c,}$$

The rotation frequency is defined as:

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = 88 \text{ min}^{-1}.$$

Thus, after the formula (2), we have got:

$$P_{\text{sed}} = (4+6) \cdot 0,367 = 3,67 \text{ W,}$$

After the formula (6) we have defined spin point of drive shaft T_{sed} :

$$T_{\text{sed}} = \frac{P_{\text{sed}}}{\omega}, \quad (6)$$

$$T_{\text{sed}} = \frac{3,67}{9,2} = 0,4 \text{ Hm.}$$

After formula (1) it is possible to count the power of the main electric engine of the machine:

$$P_{\text{de}} = \frac{3,67}{0,94 \cdot 0,98^3 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 4,86 \text{ W.}$$

According to the result of the calculations we chose the most available motor reducer *GST03-2M 19.31 063C2* with the following technical parameters (1, 2, 3):

- power $P=0,06 \text{ kW}$,
- rotation frequency of engine shaft $n_1 = 1425 \text{ min}^{-1}$,
- rotation frequency of output shaft of motor reducer $n_2 = 75 \text{ min}^{-1}$,
- efficiency – $0,63$,
- mass – $1,5 \text{ kg}$.

2.2 Optimization of the working part of puncheon

To increase the pressure per area of unit we have changed the formula of the working part of the puncheon into the cross-shaped construction with four blades of semicircular shape. Fig. 3 shows the construction of the puncheon we have developed:

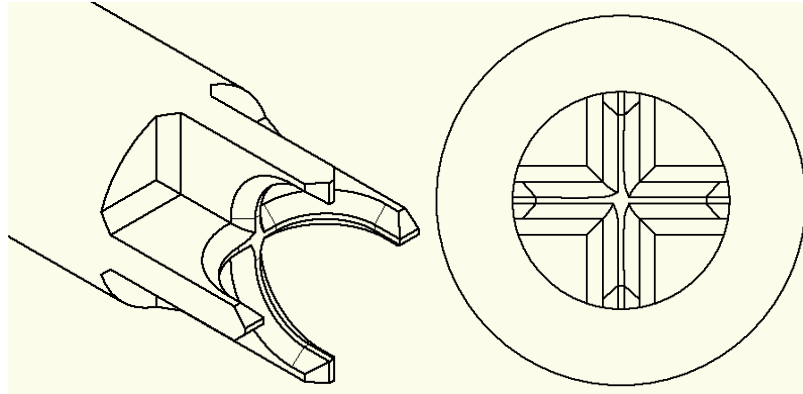


Fig. 3 The improved construction of the working surface of puncheon

Such construction provides higher pressure on a berry at a smaller area of contact, thus, with the use of blades, it improves the puncheon's penetration into a berry. With the improved working surface of the puncheon the loss of juice is reduced. The shape of blades contributes to the removing of stone as they are used as agents of direction.

2.3 Optimization of the angle of feed chamfer relative to puncheon stroke frequency.

The slope angle for cherries is 40°-45°, so when the angle is over 40°, berries will be rolled up independently to puncheon. The maximum angle is 45, otherwise, the chamfer will be overfilled. Thus, the slope angle can be changed within $40^\circ < \alpha < 45^\circ$.

Let's have a chart of dependency of berry's speed on the slope angle of chamfer. We use the formula (7):

$$V_e = \sqrt{(2g(h - fl_1) + V_0)}, \quad (7)$$

where: g - free fall acceleration, m/c^2 ,
 f - friction rate ($f=0,3639$),
 l_1 - distance from the centre of 'bed' to the centre of berry, m ,
 V_0 - initial speed of berry ($V_0=0$), m/c ,
 $h=l_1 \sin \alpha$ - height of chamfer at a distance l_1, m ,
 α - optimal angle of chamfer slope $\alpha = 45^\circ$.

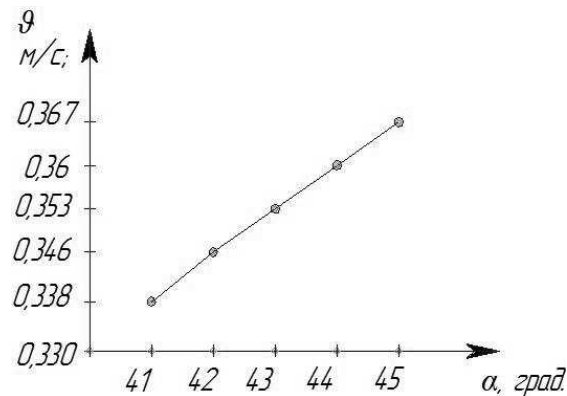


Fig. 4 Chart of dependency of berry speed from the slope angle of chamfer

It is obvious from Fig. 4 that the higher the slope angle, the higher the speed and $V=0,367$ m/c for the maximum angle $\alpha =45^\circ$.

3. ESTIMATION OF THE EFFECTIVENESS OF SCIENTIFIC DEVELOPMENT

The effectiveness of the presented development can be estimated according to the following features:

1. economic energy use for its powering due to:
 - reduced number of wedge pass transmissions from two to one,
 - improved working surface of puncheon with reduced efforts of removing stones,
 - installing of motor reducer with the power of 60W (basic -450W),
 - the optimal slope angle of chamfer - 45° .
2. economic metal and material use for the construction due to:
 - reduced number of wedge pass transmissions from two to one,
 - replacing of some elements unit construction,
3. increased productivity of the machine from 16 to 21 kg/hour.

Economic calculations we have done show us the following economic effectiveness of the modernized machine:

1. manual economic effectiveness by increased productivity is not lower than € 2.0 – 2.5 thousand,
2. annual economic efficiency of the machine's productivity is € 42.5 – 50.0 in Ukraine,
3. cost effectiveness from the reduced metal and material use in the construction per machine is € 15,0 –16,0.

CONCLUSIONS

1. Conducting the comparative analysis of the presented machine construction for a machine squeezing stones out of cherries and sweet cherries, members of our scientific staff have modernized the available construction of the machine. According to their suggestions

the original structural chart, as well as the technological and kinematics parameters of the machine, have been optimized.

2. The construction of the working surface of the puncheon has been improved. To increase the pressure per unit area a cross-shaped construction with four blades has been suggested, where blades are of semicircular shape.
3. The slope angle of feed chamfer has been investigated and optimized, relative to puncheon stroke frequency. The higher the slope angle, the higher the speed $V=0.367 m/c$ for the optimal angle $\alpha=45^\circ$.

REFERENCES

1. Flys I. Engineer project management by production and processing complexes / I.Flys // MOTROL-2010 // Motorization and power industry in agriculture. – Tom 12.–Lublin, 2010.– p.75-81.
2. Najda A., Structural parameters of machine for the apples plates cutting / A.Najda, V.Sokoluk, O.Bojko // MOTROL-2010 / Motorization and power industry in agriculture. – Tom 12. – Lublin,2010. – P. 82-87.
3. Anurjev V.I. Spravochnik konstruktora-mashynostroitelja. – v 3 tomah. – M. : Mashynostrojenije, 1978. – 456 s.
4. Acherkana N.S. Detali mashun. Raschet I konstruirovanije / Spravochnik . – M. : Mashynostrojenije, 1973. – 337 s.
5. Aminov M.S. Tehnologicheskoje oboruduvanije konservnyh zavodov / M.S. Aminov, M.Ja. Dykys, A.N.Malskyj, A.K.Hladushnjak. – 5-e izd. pererab.i dop. – M. : Agropromizdat, 1986. – 319 s.
6. Flys I.M. Obruntyuvannja vyrobnyhji programy pererobnogo pidpryjemstva // Visnyk Lviv. derg. agr. u-tu: Agroingenerni doslidennja №8. – Lviv : Lviv.derg. agr. un-t, 2004. – S. 48-52.
7. Podprjatov G.I. Zberigannja i pererobka produktsii roslynnytstva / G.I. Podprjatov, L.F.Skaletska. – K. : Meta, 2002. – 495 s.
8. Bryger I.A. Raschet na prochnost detalej mashyn / Spravochnoje posobije. – M.: Mashynostrojenije, 1996. – 423 s.
9. Dmytriev V.A. Detali mashun. – L.: Sydstrojenije, 1970. – 338 s.
10. Iposyljevich G.B. Detali mashun: Uchebnik dlja studentov mashynostroitelnyh I spetsyalnyh vuzov. – M.: Mashynostrojenije, 1988. – 368 s.
11. Malashchenko V.O., Jankiv V.V. Detali mashun. Kursove proektuvannja. – Lviv: Novyj Svit, 2004. – 267 s.
12. Myronov E.V. Tehnologija hranjenija i pererabotky plodov i ovoshchej. – M.: Agropromizdat, 1988. – 319 s.
13. Obladnannja pidpryjemstv pererobnoji i harchovoji promyslovosti / za red. I.S.Gulogo. – Vinnytsja, 2001. – 576 s.
14. Pysarenko G.S. Opir materialiv. – K.: Vyscha shkola, 1993. – 665 s.
15. Syrotjuk S.V. Mehanizatsija pererobky ta zberigannja produktsiji roslynnytstva / Kurs Lektsij. – Lviv: LDAU, 1999. – 251 s.
16. Sutnykov E.D., Kacanov V.A. Oborudovanije konservnyh zavodov. – M.: Legkaja i pishchevaja promyshlennost,1981. – 248 s.
17. Sprytnykov G.D. Tehnologija pererobky plodiv i jagid. – K.: Urozaj, 1991. – 318 s.
18. Tehnologicheskoje oboruduvanije pishchevyh zavodov/ pod red. V.M. Azarova. – M.: Agropromizdat, 1988. – 463 s.

19. Tehnologicheskoje oboruduvanije konservnyh zavodov / M.S. Aminov, M.Ja.Dykys, A.N.Malskyj, A.K.Hladushnjak.. – 5-e izd. pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1986. – 319 s.
20. Tokarskyj Ju.M., Jankiv V.V. Mehanichni peredachi, rozrahunok ta konstrujuvannja. Navchalnyj posibnyk.– Lviv: Novyj Svit, 2008. – 149 s.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫЖИМАНИЯ КОСТОЧЕК ИЗ ВИШЕН И ЧЕРЕШЕН

Аннотация. В этом исследовании представлены результаты обоснования конструктивной схемы и оптимизации технологических и кинематических параметров машины для выдавливания косточек из вишен и черешен в технологическом процессе изготовления ягод в собственном соку в условиях малых перерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: оптимизация, конструктивная схема, технологические и кинематические параметры, машина для выдавливания косточек, вишня, черешня, малое перерабатывающее предприятие.

WPLYW WILGOTNOŚCI NA PROCES ROZDRABNIANIA KUKURYDZY PASTEWNEJ

Sławomir Gawłowski, Janusz Laskowski

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin; e-mail: sigi2@op.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wpływu wilgotności na proces rozdrabniania kukurydzy pastewnej. Badanie przeprowadzone zostało na laboratoryjnym rozdrabniaczu bijakowym, stosując zmienne prędkość 5000-7000 obr·min⁻¹. Poddana badaniom kukurydza doprowadzona została do siedmiu poziomów wilgotności od 8 do 20%. Przeprowadzono analizę wyników badań, która wykazała istotne zależności pomiędzy wilgotnością a energochłonnością rozdrabniania. Analiza wariancji wykazała istotne różnice dla poszczególnych poziomów wilgotności. Powiązania badanych cech z wilgotnością ziarna opisane zostały równaniami regresji.

Słowa kluczowe: kukurydza, rozdrabnianie, wilgotność, prędkość bijakowa.

WYKAZ OZNACZEŃ

E_{roz} - energia na rozdrabnianie próbki ziarna [J],
 E_r - jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie [$J \cdot g^{-1}$],
 m_r - masa rozdrabnianej próbki [g],
 E_f - wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie [$J \cdot m^{-2}$],
 S_n - nowowytworzona powierzchnia powstała podczas rozdrabniania [m^2],
 d_m - średni wymiar cząstki [mm],
 h_i - średnia wartość przedziału klasowego [mm],
 P_i - ilość cząstek zatrzymanych na danym sicie [%],
 n - ilość zastosowanych sit,
 ρ - gęstość materiału [$kg \cdot m^{-3}$],
 w_z - wilgotność ziarna [%].

WPROWADZENIE

Rozdrabnianie ziarna w technice inżynierskiej jest jednym z najważniejszych i najczęściej stosowanych procesów. Właściwy jego przebieg warunkuje uzyskanie półproduktów lub produktów o oczekiwanej wymiarze cząstek ułatwiających przebieg wymiany energii, masy i ciepła - czy też zapewniających najlepsze efekty żywieniowe.

W procesie rozdrabniania zużywa się znaczne ilości energii na zmianę wymiaru cząstek, przy czym nie jest to zależność liniowa i najczęściej opisuje się ją równaniem wykładniczym [Laskowski i in. 2005]. Jakość otrzymanego produktu zależna jest w głównej mierze od podatności materiału na rozdrobnienie, będącej najczęściej powiązaniem stopnia rozdrobnienia z energochłonnością procesu [Bieliński 1990]. Wartość tego procesu zależy od parametrów konstrukcyjnych rozdrabniacza, sposobu prowadzenia procesu oraz cech fizycznych nasion. Jednak najważniejszym czynnikiem wpływającym na proces rozdrabniania, jest zawartość wody. [Rawa T. 1987; Kowalik, Opielak 2002; Dziki 2007], szczególnie przy wykorzystaniu rozdrabniaczy bijakowych.

Duża różnorodność właściwości surowców, wysoka energochłonność procesu rozdrabniania są głównymi przesłankami znacznego zainteresowania ośrodków badawczych przebiegiem tego procesu. W badaniach własnych podjęto próbę oceny wpływu twardości i wilgotności ziarna oraz takich parametrów konstrukcyjnych jak wymiar otworów sita i obroty wirnika na efektywność procesu rozdrabniania

METODYKA BADAŃ

Badania procesu rozdrabniania zostały zrealizowane na laboratoryjnym rozdrabniaczu bijakowym POLYMIX-Micro-Hammermill MFC. Urządzenie współpracowało bezpośrednio z komputerowym układem pomiarowym mocy czynnej prądu jednofazowego. Obszerna charakterystyka stanowiska pomiarowego przedstawiona została w opracowaniu Laskowskiego i Łysiaka [1997].

Materiał badawczy stanowiła kukurydza pastewna z firmy „Danko” hodowla Roślin Sp.z o.o.. Ziarna doprowadzone zostały do wilgotności 8; 10; 12; 14;16;18 i 20% ($\pm 0,2\%$) zgodnie z Polską Normą (PN-91/A-74010) i zostały rozdrobnione przy zastosowaniu sita o wymiarze oczek 2mm, i pięciu poziomach prędkości obrotowej wirnika tj. 5000; 5500; 6000, 6500 i 7000obr·min⁻¹. Pomiar wykonano w pięciu powtórzeniach dla każdej prędkości i wilgotności ziarna.

Dla rozdrobnionych próbek ziarna określono skład granulometryczny mlewa zgodnie z Polską Normą (PN-89/R-64798) co pozwoliło określić średni wymiar cząstki według wzoru (Brenland i in. 1997):

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_i P_i}{100}. \quad (1)$$

Jednostkowe nakłady energii rozdrabniania E_r wyznaczono ze wzoru:

$$E_r = \frac{E_{roz}}{m_r}, \quad (2)$$

a wskaźnik podatności na rozdrabnianie E_f został wyznaczony jako iloraz energii pobranej podczas rozdrabniania i nowej powierzchni powstałej na skutek rozdrobnienia (Posner 1991):

$$E_f = \frac{E_{roz}}{S_n}. \quad (3)$$

Nowo wytworzona powierzchnia S_n która powstała podczas rozdrabniania wyznaczona została wzorem:

$$S_n = \frac{6m_r}{\rho d_m}, \quad (4)$$

gdzie: $\rho = 1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ jest gęstością materiału.

WYNIKI BADAŃ

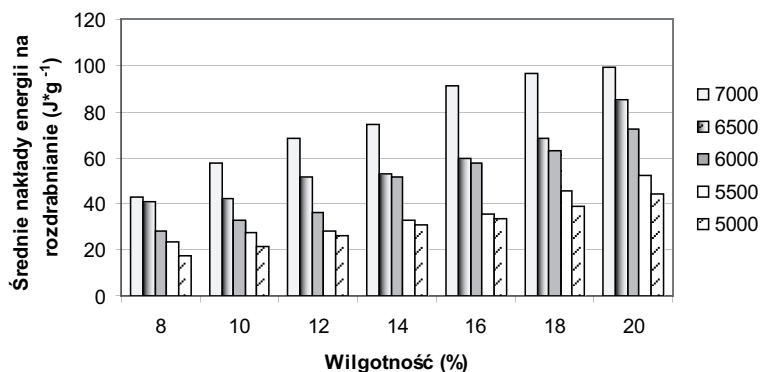
Wyniki badań poddano analizie statystycznej wykorzystując do obliczeń program STATISTICA. Otrzymane wyniki wykazały że główny czynnik tj. wilgotność wpływa istotnie na badane parametry procesu rozdrabniania ziarna kukurydzy pastewnej. Za pomocą testu Tukey'a przeprowadzono szczegółowe porównania przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz określono zależności w postaci równań regresji. W przyjętym zakresie badań określono wartości średnie, błędy i odchylenia standardowe. Dla badanych prędkości bijakowych (5000, 5500, 6000, 6500 i 7000obr/min) obliczono także wskaźnik podatności na rozdrabnianie. W tab. 1 ÷ 3 zostały przedstawione wyniki analizy wariancji natomiast w tab. 4 równania regresji.

Wartości jednostkowe energii rozdrabniania zawierały się w przedziale od $17,19\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ przy najmniejszej prędkości obrotowej bijaków do $99,18\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ dla największej prędkości. Przeprowadzona analiza wyników pozwoliła stwierdzić że wraz ze wzrostem wilgotności oraz wzrostem prędkości bijaków, zwiększa się jednostkowe zużycie energii na rozdrabnianie.

Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie dla poszczególnych poziomów wilgotności ziarna, przy zastosowaniu różnych prędkości rozdrabniania zostały przedstawione w postaci wykresy na rys. 1. Natomiast zależności jakie uzyskano z analizy regresji zostały zestawione z tab. 5.

Tabela 1. Analiza wariancji dla jednostkowych nakładów energii na rozdrabnianie E_r
Table 1. Variance analysis for specific grinding energy E_r

Składniki analizy wariancji	Prędkość bijaków	SS · 10 ³	df	MS · 10 ³	F · 10 ³	p
Wyraz wolny - Intercept	7000	200,6	1	200,6	27,67	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		13,57	6	200,6	0,312	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,203	28	0,072		
Wyraz wolny - Intercept	6500	113,2	1	113,2	23,73	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		7,431	6	1,238	0,259	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,133	28	0,048		
Wyraz wolny - Intercept	6000	83,46	1	83,46	22,37	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		8,326	6	1,387	0,372	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,104	28	0,037		
Wyraz wolny - Intercept	5500	42,97	1	42,97	10,74	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		3,259	6	0,543	0,135	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,111	28	0,040		
Wyraz wolny - Intercept	5000	32,30	1	32,30	8,512	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		2,773	6	0,462	0,121	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,106	28	0,037		



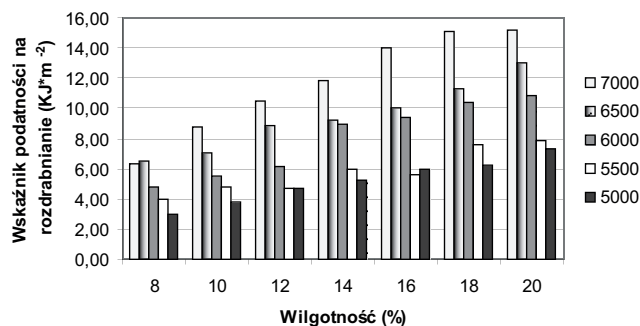
Rys. 1. Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_g dla poszczególnych wilgotności ziarna
 Fig. 1. Specific grinding energy E_g for each moisture content

Przeprowadzone jednowymiarowe testy istotności variancji dla wskaźnika podatności ziarna na rozdrabnianie pozwoliły stwierdzić że występują istotne różnice w badanym parametrze przy różnej wilgotności ziarna i prędkości bijaków (tab.2).

Tabela 2. Analiza variancji dla wskaźnika podatności ziarna na rozdrabnianie E_g
 Table 2. Ariance analysis for energy utilisation index E_g

Składniki analizy variancji	Prędkość bijaków	SS · 10 ²	df	MS · 10 ²	F · 10 ²	p
Wyraz wolny - Intercept	7000	47,73	1	47,73	43,97	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		3,281	6	0,546	0,503	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,303	28	0,010		
Wyraz wolny - Intercept	6500	30,77	1	30,77	45,17	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		1,597	6	0,266	0,390	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,190	28	0,006		
Wyraz wolny - Intercept	6000	22,60	1	22,60	48,51	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		1,829	6	0,304	0,654	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,13	28	0,004		
Wyraz wolny - Intercept	5500	20,44	1	20,44	47,66	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		1,045	6	0,174	0,150	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,324	28	0,115		
Wyraz wolny - Intercept	5000	9,456	1	9,456	25,82	0,00
Wilgotność - Moisture kontent		0,680	6	0,113	0,309	0,00
Błąd standardowy - Standard error		0,102	28	0,003		

Największe wartości wskaźnika podatności otrzymano przy 20% wilgotności dla każdej prędkości, gdzie wartość wahała się w granicach od 7,35kJ·m⁻² przy najmniejszej prędkości obrotowej do 15,20kJ·m⁻² dla najwyższej prędkości badanej. Na rys. 2 przedstawione zostały zależności pomiędzy wskaźnikiem podatności, a wilgotnością dla pięciu wartości prędkości obrotowych. Wyniki analizy regresji przedstawione zostały w tab. 4.



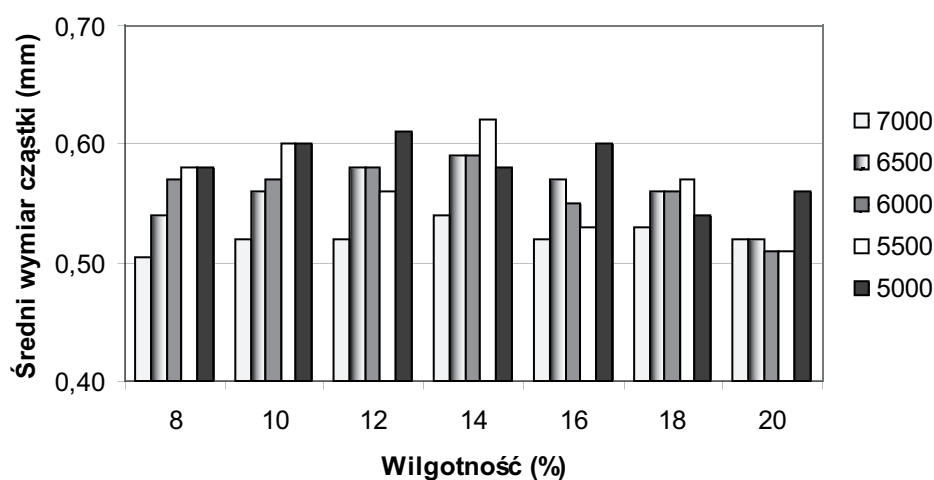
Rys. 2. Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f dla poszczególnych wilgotności ziarna
 Fig. 2. Energy utilization index E_f for each moisture content

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej można zauważyć istotne różnice jakie wystąpiły przy wartościach średniego wymiaru cząstki d_m (tab. 3). Podczas przeprowadzonego badania analizy średniego wymiaru cząstek zaobserwowano że wraz ze wzrostem wilgotności ziarna od 8 do 14% rośnie wartość parametru. Natomiast dalszy wzrost wilgotności od 16 do 20% powodował spadek średniego wymiaru cząstki niezależnie od stosowanej prędkości bijakowej. Wartości średniego wymiaru cząstek zostały przedstawione na rys. 3. W tab. 4 zawarte zostały równania regresji w postaci zależności średniego wymiaru cząstki od wilgotności.

Tabela 3. Analiza wariancji dla średniego wymiaru cząstki d_m
 Table 3. Variance analysis for mean particle size d_m

Składniki analizy wariancji	Prędkość bijaków	SS · 10 ⁻³	df	MS · 10 ⁻³	F · 10 ³	p
Wyraz wolny - Intercept	7000	0,009	1	0,009	42,06	0,000
Wilgotność - Moisture kontent		0,000	6	0,000	0,002	0,027
Błąd standardowy - Standard error		0,000	28	0,000		
Wyraz wolny - Intercept	6500	0,011	1	0,011	43,90	0,000
Wilgotność - Moisture kontent		0,000	6	0,000	0,011	0,000
Błąd standardowy - Standard error		0,000	28	0,000		
Wyraz wolny - Intercept	6000	0,011	1	0,011	44,12	0,000
Wilgotność - Moisture kontent		0,000	6	0,000	0,013	0,000
Błąd standardowy - Standard error		0,000	28	0,000		

Wyraz wolny - Intercept	5500	0,017	1	0,017	30,80	0,000
Wilgotność - Moisture content		0,003	6	0,000	0,087	0,526
Błąd standardowy - Standard error		0,015	28	0,001		
Wyraz wolny - Intercept	5000	0,012	1	0,012	47,32	0,000
Wilgotność - Moisture content		0,000	6	0,000	0,012	0,000
Błąd standardowy - Standard error		0,000	28	0,000		



Rys. 3. Średni wymiar cząstki d_m dla poszczególnych wilgotności ziarna
Fig. 3. Mean particle size d_m for each moisture content

Tabela 4. Zestawienie równań regresji i wartości współczynnika determinacji określających zależności pomiędzy właściwościami fizycznymi i parametrami procesu rozdrabniania kukurydzy a wilgotnością
Table 4. Equations and determination coefficients expressing the relationships between physical properties, grinding features of maize and moisture content

Badana cecha Determined characteristic	Prędkość bijkaków	Równanie - Equation	R ²
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	7000	$E_r = -0,199w_z^2 + 1041w_z - 27,87$	0,97
Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,748w_z + 1,204$	0,87
Średni wymiar cząstki d_m (mm)		$d_m = -0,039w_z^2 + 1,109w_z - 7,252$	0,99

Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	6500	$E_r = 0,295w_z^2 - 4,848w_z - 62,02$	0,95
Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,018w_z^2 + 5,412$	0,87
Średni wymiar cząstki d_m (mm)		$d_m = -0,002 \cdot 10^{-3}w_z^2 + 0,041 \cdot 10^{-3}w_z + 0,304 \cdot 10^{-3}$	0,68
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	6000	$E_r = 3,803w_z - 4,416$	0,96
Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,554w_z + 0,273$	0,87
Średni wymiar cząstki d_m (mm)		$d_m = -0,001 \cdot 10^{-3}w_z^2 + 0,025 \cdot 10^{-3}w_z + 0,431 \cdot 10^{-3}$	0,61
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	5500	$E_r = 0,167w_z^2 - 2,354w_z + 32,54$	0,95
Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,011w_z^2 + 3,397$	0,78
Średni wymiar cząstki d_m (mm)		$d_m = -0,0001 \cdot 10^{-3}w_z^2 + 0,610 \cdot 10^{-3}$	0,49
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	5000	$E_r = 2,221w_z - 0,725$	0,95
Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,344w_z + 0,381$	0,84
Średni wymiar cząstki d_m (mm)		$d_m = -0,0001 \cdot 10^{-3}w_z^2 + 0,609 \cdot 10^{-3}$	0,29

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy wyników można przedstawić następujące wnioski:

1. Wraz ze wzrostem wilgotności ziarna kukurydzy następuje spadek średniego wymiaru cząstki śruty, przy czym największy przy wilgotności ziarna powyżej 14%.
2. Zwiększanie prędkości obrotowej bijaków powodowało uzyskiwanie śruty o drobniejszej granulacji.
3. Wraz ze wzrostem wilgotności ziarna kukurydzy zwiększa się energochłonność procesu rozdrabniania. Dla skrajnych badanych wilgotności (8 i 20%) wzrost ten wyniósł 100%.
4. Wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie zwiększał się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bijaków. Zależność ta wystąpiła dla każdego z rozpatrywanych poziomów zawartości wody w ziarnie kukurydzy

5. Przeprowadzone badania wykazały, że wilgotność ziarna kukurydzy w znacznie większym stopniu wpływa na proces udarowego rozdrabniania aniżeli zmiana prędkości obrotowej bijaków.

PIŚMIENNICTWO

- Branland G., Feli I., Leblanc A., Koenig J., Bodet C., Mariot D., Mahaut B.**, 1997. La dureté des blés sélectionnés en France evolution et consequences. *Industries des Céréales*, Nr 101, 5-10
- Bieliński M.** 1990. Rozdrabnianie tworzyw wtórnych w warunkach ciecicia quasi i technologicznego. OWSIMP, Częstochowa
- Dziki D.** 2007. Ocena energochłonności rozdrabniania ziarna pszenicy poddanego uprzednio zgniataniu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(96) Kraków. s. 51-58.
- Kowalik K., Opielak M.** 2002. Badanie wpływu wilgotności i rodzaju ziarna zbóż na jednostkowe zużycie energii podczas rozdrabniania. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 10(4). Warszawa. s. 51-55.
- Laskowski J., Łysiak G., Skonecki S.** 2005. Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice. Part II. Material properties for grinding and agglomeration. Institute of Agrophysics PAS, Lublin. s. 29-30.
- Laskowski J., Łysiak G.** 1997. Stanowisko do badań procesu rozdrabniania surowców biologicznych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* Nr. 1/2. s. 55-58.
- PN-91/A-74010.** Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza).
- (PN-89/R-64798).** Pasze. Oznaczenie rozdrobnienia.
- Posner E. S.**, 1991. Wheat and flour ash as a measurement of millability. *Cereal Food World*, 36(8), 626-629
- Rawa T.** 1987. Efektywność dwukrotnego rozdrabniania pszenicy bijakowym zespołem roboczym. *Acta Academiae Agricult. Tech. Olsteniensis*. Z. 311. s. 113-120.

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT ON THE GRINDING PROCESS OF FODDER CORN

Summary. The aim of the study was to analyze the influence of moisture content on the grinding process of fodder corn. The research was made using a laboratory hammer-mill at the velocity in the range of 5000-7000 rpm⁻¹. Samples of corn kernels were conditioned to seven moisture levels from 8 to 20%. During research the grinding parameters were evaluated. Significant relations were established between the moisture content and grinding energy. The analysis of variance showed that the grinding parameters were statistically significantly different for various kernel moisture content levels. The influence of kernel moisture on the analyzed parameters was described in the form of regression equations.

Key words: corn, grinding, moisture, hammer velocity.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННО-РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ SR-90 В ТАШЛЫКСКОМ ВОДОХЛАДИТЕЛЬНОМ ВОДОЕМЕ ЮЖНОУКРАИНСКОЙ АЭС ПРИ ЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИИ

Holoptsev A.W.¹, Zhebet L.S.²

¹ The Sevastopol National University of Technology

² The Sevastopol National University of Nuclear Energy

Аннотация. На примере изменений среднемесячных значений активности Sr-90 в поверхностном слое вод Ташлыкского водоохладительного водоема Южноукраинской АЭС, выявленных в период с января 2006 по сентябрь 2010 г.г., рассмотрены особенности идентификации множественно-регрессионных моделей подобных процессов, обладающих робастностью к временным сдвигам в будущее на 1 - 8 месяцев. Для изучаемого процесса аргументами таких моделей являются опережающие его по времени ряды изменений среднемесячных значений объемов вод, ежедневно подкачиваемых в этот водоем из реки Южный Буг, а также месячных сумм атмосферных осадков, выпадающих в г. Южноукраинск. С использованием подобных моделей разработан прогноз изменений активности Sr-90 в упомянутом водоеме на период с ноября 2010 по июнь 2011 гг.

Ключевые слова: АЭС, экологическая безопасность, активность Sr-90, моделирование, водохранилище, корреляция.

ВВЕДЕНИЕ

Sr-90 является сравнительно долгоживущим техногенным радионуклидом, обладающим способностью прочно откладываться в костях людей и животных, что приводит к развитию лучевой болезни, опухолей кроветворной ткани и костей, а также увеличивает риск заболеть раком костного мозга[1]. Поэтому совершенствование методов прогнозирования динамики его активности в различных компонентах ландшафтов зон влияния АЭС является актуальной проблемой не только физической географии и геохимии, но также экологической безопасности.

Значительный интерес решение данной проблемы представляет для таких компонентов ландшафтов этих зон, как водные объекты, которые, как правило, используются не только в технологическом цикле АЭС, но и существенно влияют на экологические условия в расположенных поблизости населенных пунктах. К числу подобных водных объектов

относятся водоохладительные водоемы АЭС, энергоблоки которых реализованы на основе реакторов типа ВВЭР[2].

Разработка атомных реакторов этого типа впервые была осуществлена в СССР коллективом ученых, которым руководили академики И. В. Курчатов и Н. А. Доллежал, а также профессор С. М. Фейнберг. Первый энергоблок с реактором ВВЭР был запущен на Нововоронежской АЭС в 1964 г. [3].

Особенностью подобных реакторов является использование для охлаждения их внешних контуров вод, отбираемых из специально создаваемых вблизи них водоемов – охладителей. Поэтому их функционирование неизбежно влияет на радиологические режимы таких водоемов, а также рек, в которые при продувках сбрасываются некоторые части объемов содержащихся в них вод. Упомянутый тип реакторов является преобладающим на существующих ныне АЭС Украины

Типичным примером таких АЭС, является Южноукраинская. Она расположена на севере Николаевской области, вблизи города Южноукраинск, на берегу реки Южный Буг.

К числу крупнейших водных объектов, расположенных в зоне влияния данной АЭС, относятся также Ташлыкское водохранилище – охладитель (ТВО).

Воды ТВО используются для охлаждения внешних контуров реакторов ВВЭР-1000, являющихся основой энергоблоков рассматриваемой АЭС. Они циркулируют в них, сбрасываясь в это же водохранилище. В результате воздействия на такие технологические воды факторов, обусловленных функционированием реактора, их активность несколько выше, чем у вод ТВО и реки Южный Буг.

Объем ТВО при его нормативном заполнении составляет 86 млн. м³. Площадь его поверхности при этом равна 8,6 км², а средняя глубина 10 м. Уровень водной поверхности ТВО, вследствие ежесуточной подкачки в него воды из реки Южный Буг поддерживается приблизительно постоянным и равным 99,5 м, несмотря на ее убыль при испарении, фильтрации через насыпную дамбу, а также частичный сброс (при продувках) в расположенное ниже по течению Александровское водохранилище.

Объемы подкачки в ТВО определяются среднесуточными значениями расходов воды в реке Южный Буг. Это обеспечивает приемлемые, с точки зрения экологической безопасности, соотношения между объемами вод, поступающих в Александровское водохранилище из ТВО (при продувке) и из Южного Буга.

Химический и радиологический состав вод ТВО отличаются от состава вод реки Южный Буг как в результате непосредственного сброса в него технологических вод из энергоблоков, так и в результате фильтрации вод из расположенных вблизи шламонакопителей, а также поверхностного и подземного стока с ее промплощадки АЭС и других территорий, подвергающихся ее влиянию.

В результате водообмена между ТВО и прочими водными объектами в зоне влияния Южноукраинской АЭС уровень минерализации его вод поддерживается примерно постоянным и равным 1201±53 мг/л.

Несмотря на это активность Sr-90 и ряда других радионуклидов, присутствующих в водах его поверхностного слоя, изменяется в широких пределах, хотя и не превышает допустимых уровней.

Sr-90 является дочерним продуктом β-распада нуклида 90Rb и его изомеров[1], который происходит либо в активной зоне реакторов, либо на загрязненных этим веществом территориях. Поскольку соответствующих изменений активности Sr-90 в водах Южного Буга закачиваемых в ТВО, а также в выпадающих на его поверхность атмосферных осадках, не выявлено, факторами динамики активности этого радионуклида в водах поверхностного слоя этого водоема в принципе могут быть:

- утечки из реакторов АЭС,
- наличие на его побережьях, расположенных в непосредственной близости от города Южноукраинск, загрязненных участков,
- фильтрация из расположенных неподалеку шламонакопителей,
- а также водообмен с его придонным слоем, взаимодействующим с донными илами, которые в определенной мере загрязнены данным веществом .

Какие из этих причин в действительности вызывают рассматриваемый процесс, достоверно не установлено. Это не позволяет разрабатывать и осуществлять эффективные мероприятия, по предупреждению дальнейшего повышения активности этого радионуклида в ТВО и других водных объектах, расположенных в зоне влияния АЭС, обеспечивающие адекватную радиологическую защиту персонала АЭС, населения и экосистем близлежащих территорий. Выявлению подобных причин могла бы способствовать разработка эффективных математических моделей этого процесса.

Согласно современным представлениям о методах математического моделирования природных или техногенных процессов, причины возникновения которых достоверно не установлены, решение этой задачи может искажаться лишь в классе стохастических моделей [4]. Среди последних, к числу наиболее эффективных в задачах прогнозирования, в некоторых случаях могут относиться множественно-регрессионные модели (далее - МР) [5]. Несмотря на это, методика и возможности применения подобных моделей в задачах прогнозирования изменений активности различных радионуклидов, в том числе и Sr-90, в водоемах охладителей АЭС с реакторами типа ВВЭР, ныне изучены недостаточно.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являются возможности применения МР моделей при прогнозировании временной изменчивости активности радионуклидов в водных объектах зон влияния АЭС с реакторами типа ВВЭР.

Предметом исследования являются особенности применения МР моделей изменений активности Sr-90 в поверхностном слое ТВО при ее прогнозировании.

Целью работы является разработка рекомендаций по применению МР моделей при прогнозировании изменений активности Sr-90 в поверхностном слое водоемов охладителей АЭС, с реакторами типа ВВЭР.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.

Как уже отмечалось выше, временная изменчивость активности Sr-90 в водоемах охладителей АЭС относится к числу процессов, закономерности которых ныне изучены недостаточно. Вследствие этого выбор факторов, учитываемых в ее стохастических моделях, принято осуществлять эвристически. При таком подходе в число аргументов подобных моделей могут быть включены факторы, которые в действительности с рассматриваемым процессом причинно не связаны. Подобное не исключает возможности весьма точного описания с помощью данных моделей изменения состояний описываемых ими процессов на отрезке времени, который использовался для их идентификации. Вместе с тем за пределами этого отрезка отклонения результатов моделирования от фактических состояний изучаемых процессов могут быть сколь угодно большими. Вследствие этого применение таких моделей в задачах прогнозирования возможно не всегда.

К числу наиболее эффективных стохастических моделей природных процессов относятся упомянутые выше МР [5], связывающие их состояния в тот или иной момент времени не только с их предысторией, но и предысториями многих других процессов, являющихся их факторами. При этом, в задачах прогнозирования МР модели, как и другие стохастичес-

кие, применимы не всегда. Необходимым условием их применимости в подобных задачах является достаточная робастность к временным сдвигам в будущее [6]. Последнее означает, что модель, идентифицированная на некотором отрезке времени, способна сохранять достаточно высокую эффективность и в определенные моменты будущего, к этому отрезку не относящиеся.

Если вся априорная информация об изучаемом процессе содержится во временном ряду его наблюдений, для проверки адекватности статистической гипотезы о том, что та или иная его модель обладает требуемой робастностью к временным сдвигам в будущее, может быть использован лишь сам этот ряд. При этом, как и в МГУА [7], данный ряд делят на две части.

Первую часть используют для идентификации модели, а вторую – для выявления статистических свойств ошибок прогнозирования с тем или иным упреждением, определяемых как разность результата прогнозирования и соответствующего по времени его фактического состояния.

Наиболее информативной характеристикой этих случайных величин является их закон распределения вероятностей. Для его определения с приемлемой достоверностью требуется достаточно длинный ряд их значений. На практике длина ряда ошибок прогнозирования всегда ограничена продолжительностью доступной предыстории прогнозируемого процесса. В большинстве случаев последняя достаточна лишь для оценки адекватности статистической гипотезы о том, что закон распределения вероятностей ошибок прогноза является нормальным (с использованием критерия Пирсона [8]). Достаточна она может быть и для оценки вероятности превышения модулем ошибки прогнозирования того или иного порога.

Нетрудно видеть, что оценка робастности к сдвигу в будущее некоторой модели изучаемого процесса по его предыстории может быть адекватной лишь в случае, когда закон изменения его характеристик в будущем сохранится таким же, каким он был в прошлом.

Для большинства природных процессов, в том числе и рассматриваемого в данной работе, данное условие выполняется лишь приближенно. Вследствие этого адекватность статистического вывода о робастности некоторой его модели к временным сдвигам в будущее, основанного на свойствах его предыстории, не может не вызывать сомнений. Тем не менее, иного, более надежного способа априорно оценить ее, ныне не известно. Поэтому именно указанный способ в данной работе и использовался для оценки вероятности того, что та или иная стохастическая модель окажется пригодной для решения задач прогнозирования с некоторым упреждением активности Sr-90 в водах ТВО.

Наличие робастности некоторой МР модели изучаемого процесса к тому или иному временному сдвигу в будущее определяется набором факторов, рассматриваемых как ее аргументы [5].

Установлено [5-8], что временные ряды факторов, учитываемых в качестве аргументов МР моделей рассматриваемого процесса, являющихся эффективными, должны быть коррелированы с его временным рядом. При этом универсального метода, позволяющего предугадать эффективность прогноза, основанного на его стохастической модели, учитывающей в качестве своих аргументов некоторую совокупность факторов, не существует. Оценить ее можно лишь апостериорно, идентифицировав модель и сравнив разработанный с ее помощью прогноз с действительностью. Поэтому осуществление выбора из некоторого исходного множества факторов изучаемого процесса их набора, содержащего N элементов, учет которого при идентификации МР модели обеспечивает ее максимальную робастность к заданному временному сдвигу в будущее, является наиболее сложным и требующим наибольших затрат машинного времени этапом решения рассматриваемой задачи.

Его осуществление дает тем лучшие результаты и вместе с тем является более проблематичным, чем больше различных факторов входит в упомянутое исходное множество.

Учитывая это, в исходное множество факторов, среди которых осуществлялся поиск их сочетания, обеспечивающего наивысшую робастность к некоторому сдвигу в будущее МР модели динамики активности Sr -90 в водах ТВО, были включены временные ряды, содержащие результаты мониторинга этого, а также некоторых других, связанных с ним техногенных и природных процессов.

Как элементы данного множества рассматривались такие техногенные процессы, как изменения среднемесячных значений объема продувки ТВО, а также активности в его водах Н-3.

Природными процессами, учитываемыми среди вероятных факторов динамики активности Sr -90 в водах ТВО, являлись изменения среднемесячных значений:

- активности Sr -90 в водах реки Южный Буг, закачиваемых в ТВО;
- сумм атмосферных осадков, выпадавших в районе АЭС;
- солнечной активности, характеризуемой числами Вольфа;
- концентраций NO_3^- в водах ТВО, а также реки Южный Буг, закачиваемых в него.

Рассматривались временные ряды всех перечисленных факторов, имевшие длину 48 лет и опережавшие прогнозируемый процесс на 0- 360 месяцев. При этом количество факторов, входящих в исходное множество составляло 2520.

Исследовались возможности использования в задачах прогнозирования МР моделей, учитывающих в качестве своих аргументов от 6 до 24 факторов. Поэтому количество различных сочетаний факторов, среди которых предполагалось найти наилучшее, достигало $C_{2520}^{24} = 6,21 \cdot 10^{57}$, что сопоставимо с числом атомов, существующих во Вселенной. Для того чтобы найти среди всех этих сочетаний наилучшее, необходимо было бы идентифицировать соответствующую каждому из них МР модель, а также оценить по предыстории эффективности построенных с ее помощью прогнозов с требуемыми упреждениями (что и само по себе отнюдь не просто).

Нетрудно видеть, что даже при использовании современных компьютеров, продолжительность решения подобной задачи является неприемлемой.

Для ее уменьшения в рассматриваемом исходном множестве факторов проводилась предварительная селекция. Она состояла в исключении из него факторов, наименее коррелированных с прогнозируемым процессом. В результате подобного отбора в конечном множестве факторов, среди которых предстояло искать наилучшее сочетания, их было оставлено всего 400.

Как наилучшее рассматривалось сочетание факторов, учет которого в качестве аргументов МР модели изучаемого процесса, позволял с ее помощью получить наиболее точные прогнозы, характеризующиеся некоторым упреждением τ ($\tau = 1 - 9$ месяцев). При этом, как мера точности какого либо прогноза, рассматривалось его среднеквадратическое отклонение $\sigma(\tau)$ от фактических значений изучаемого процесса, входящих в состав части его временного ряда, которая не использовалась при идентификации.

При подобных расчетах из рассматриваемого временного ряда значений активности Sr -90 в водах ТВО были сформированы 18 его фрагментов, различающихся годом своего начала. Для каждого из этих фрагментов была идентифицирована МР модель процесса $y[j]$, описываемая соотношением [5]:

$$Y[j] = c_0 + \sum_{i=1}^N (c_i x_i[j]), \quad (1)$$

где: $Y[j]$ – временной ряд результатов моделирования процесса $y[j]$,

$x_i[j]$ – временные ряды процессов, рассматриваемых как аргументы МР модели, обладающие такой же длиной, что и ряд процесса $y[j]$.

c_i ($i=0, 1, \dots, N$) – действительные константы, значения которых выбираются так, чтобы обеспечить минимум P :

$$P = \sum_{j=1}^M (Y[j] - y[j])^2. \quad (2)$$

Для определения C_i применялся метод наименьших квадратов [10], согласно которому:

$$C = A^{-1} \cdot B. \quad (3)$$

Здесь C – вектор коэффициентов модели c_i , содержащий $N+1$ компонентов,

$$B = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^M y_i \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,1} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,N} \end{Bmatrix} - \text{вектор, состоящий также из } N+1 \text{ компонентов,}$$

$$A = \begin{Bmatrix} M & \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,1} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^M x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,N} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,N} \end{Bmatrix} - \text{квадратная матрица,}$$

где: A^{-1} матрица, обратная по отношению к A [11].

Подставляя в (1) значения $x_i[j+\tau]$, и полагая c_i неизменными, для каждого τ рассчитывалось значение $Y[j+\tau]$, которое сравнивалось с известным $y[j+\tau]$. Так вычислялось значение ошибки прогноза с упреждением τ : $\delta(\tau) = Y[j+\tau] - y[j+\tau]$. Среднеквадратическое отклонение прогноза изучаемого процесса, с упреждением τ , вычислялось с учетом значений $\delta(\tau)$, соответствующих МР моделям, идентифицированным по всем 18 рассматриваемым фрагментам его временного ряда.

Для всех τ от 1 до 8 таким образом были определены наилучшие сочетания x_i , содержащие по N компонентов.

Предполагалось, что закономерности, которые будут обуславливать временную изменчивость активности Sr-90 в ТВО в будущем сохранятся теми же, что имели место в прошлом, вероятность и в прошлом. В этом случае вероятность того, что ошибка соответствующего прогноза изучаемого процесса, оцениваемая по его предыстории, не превысит его среднеквадратического отклонения, совпадет с вероятностью аналогичного события, оцененной таким же способом в будущем (после того как оно станет прошлым). Учитывая это, было признано целесообразным изучить влияние выбора τ и N на такую характеристику качества

прогнозов рассматриваемого процесса на будущее, как вероятность того, что ошибка его прогноза, оцениваемая по его предьстории, не превысит его среднеквадратического отклонения.

Для проверки эффективности разработанных прогнозов, использовались результаты его мониторинга с января по сентябрь 2010 г.

При этих исследованиях в качестве фактического материала рассматривались временные ряды результатов мониторинга изменений активности Sr-90 и H-3, а также NO_3^- в водных объектах, расположенных в зоне влияния Южноукраинской АЭС, осуществлявшегося ее лабораториями радиологического и экологического контроля согласно требований [13-16].

Информация об изменениях месячных сумм атмосферных осадков, выпавших в районе АЭС, за весь период ее существования, получена на метеостанции г. Южноукраинск.

Данные об изменениях в то же время солнечной активности получены с Интернет-сайта [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с изложенной методикой определены 400 факторов, из числа относящихся к рассматриваемому исходному множеству, являющихся наиболее коррелированными с изменениями активности Sr-90 в водах ТВО, которые были зафиксированы в период с января 2006 г. по сентябрь 2010 г..

В полученное таким образом конечное множество факторов прогнозируемого процесса входили временные ряды, содержащие результаты наблюдений за изменениями всех учитываемых характеристик, опережающие его на то или иное количество месяцев.

Из этого множества факторов, с использованием метода случайного поиска [12], для различных N (от 6 до 24) и τ (от 1 до 9) выявлены их наилучшие сочетания.

В качестве примера, в таблице 1 приведены наилучшие сочетания факторов временной изменчивости активности Sr-90 в водах ТВО, учет которых в качестве аргументов их МР моделей с $N=6$ обеспечивает наивысшую эффективность ее прогнозов с упреждениями τ от 1 до 8 месяцев.

Таблица 1. Сочетания факторов временной изменчивости активности Sr-90 в водах ТВО, учет которых в качестве аргументов их МР моделей с $N=6$ обеспечивает наивысшую эффективность ее прогнозов

Table 1. Combinations of factors of temporal variation of Sr-90 activity in the waters of Tszlycki reservoir which, taken into account as the arguments of their multiple regression models with $N=6$, ensure the highest efficiency of its prediction

τ , мес	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	П 07.2007	П 11.2006	П 05.2006	П 04.2005	О 01.2005	О 06.2007
2	П 06.2007	П 10.2006	П 05.2006	П 03.2005	П 06.2004	О 03.2005
3	П 05.2007	П 05.2006	П 02.2005	П 08.2003	О 03.2005	О 06.2005
4	П 04.2007	П 12.2006	П 11.2006	П 04.2006	П 05.2005	П 06.2004
5	П 06.2006	П 03.2006	П 01.2006	П 05.2005	О 07.2007	О 12.2007
6	П 06.2006	П 02.2006	П 05.2005	П 04.2005	О 02.2005	О 10.2007
7	П 12.2006	П 05.2006	П 03.2006	П 01.2006	П 05.2005	П 04.2005
8	П 12.2006	П 05.2006	П 03.2006	П 01.2006	П 05.2005	П 12.2004

Здесь П 07.2007 – ряд значений месячного объема продувки ТВО, включающий 29 членов, начинающегося с июля 2007 г.

О 01.2005 – ряд месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции г. Южноукраинск, содержащий 29 членов и начинающийся с января 2005 г.

Из таблицы 1 следует, что в наилучшие сочетания факторов временной изменчивости активности Sr -90 в водах ТВО, рассматриваемых как аргументы МР моделей этого процесса с $N = 6$, предназначенных для его прогнозирования с упреждениями 1-8 месяцев, входят временные ряды лишь двух процессов:

- изменений месячного объема продувки ТВО (П), а также месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции г. Южноукраинск (О).

Анализ статистических связей изменений активности Sr -90 в водах ТВО и состояний упомянутых факторов показал, что при некоторых временных сдвигах между их рядами вывод об их значимости может быть сделан с достоверностью не менее 0.99. В этом нетрудно убедиться из рис. 1, на котором приведены взаимокорреляционные функции упомянутых процессов.

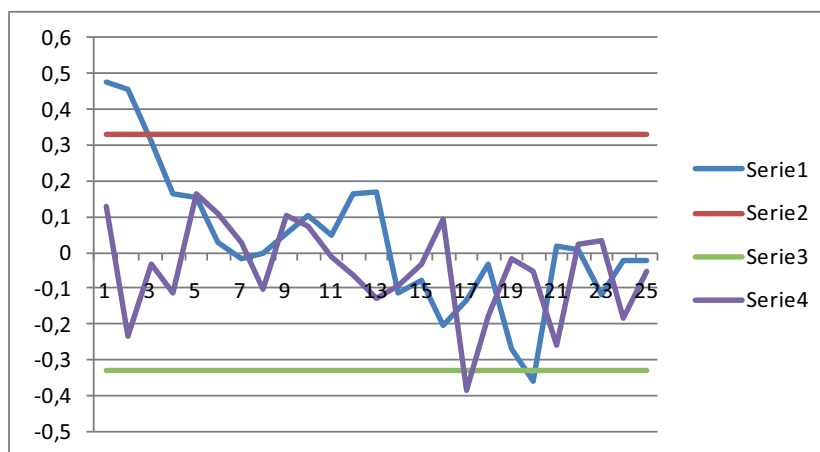


Рис. 1. Взаимокорреляционные функции временных рядов изменений среднемесячных значений активности Sr -90 в водах ТВО и объема его продувки (ряд 1), а также сумм атмосферных осадков, зафиксированных на метеостанции г. Южноукраинск

Fig. 1. Mutually interdependent functions of the time series of monthly average changes in the activity of Sr-90 in the waters of Tazlycki reservoir and its flush size (series 1) as well as the total precipitation recorded by the meteorological station in Yuzhnoukrainsk

Из рисунка 1 следует, что вывод о значимости влияния динамики объемов продувки ТВО на изменения в тот же, а также последующий месяц активности в его водах Sr -90 может быть сделан с упомянутой достоверностью. Столь же высокой является достоверность и выводов о значимости влияния на рассматриваемый процесс изменений объемов продувки ТВО, а также интенсивности атмосферных осадков в его районе, опережающих его на 20 и 17 месяцев.

Поскольку измерения активности различных радионуклидов в водах ТВО производятся в его приповерхностном слое, динамика ее среднемесячных значений обусловлена соответствующими изменениями их балансов в этом слое.

Как уже отмечалось выше, одним из факторов приходной части баланса Sr -90 в приповерхностном слое ТВО является обмен веществ между ним и придонным слоем этого водоема.

Интенсивность этого обмена определяется плотностной стратификацией вод ТВО, зависящей от особенностей поля их температуры. Весьма теплые и потому имеющие низкую плотность технологические воды из энергоблоков АЭС образуют приповерхностный слой ТВО, в то время как его придонный слой формируется с участием существенно более холодных и плотных вод, закачиваемых из Южного Буга. В районе точки выпуска эти воды частично перемешиваются с водами, содержащимися ранее в ТВО, и растекаются от нее в разные стороны по неровностям рельефа дна.

Чем ниже температура и больше объем вод, закачиваемых в ТВО из Южного Буга, тем ниже температура и выше плотность вод его придонного слоя, формирующихся на некотором расстоянии от точки их выпуска. Эти воды, взаимодействуя с илами, образовавшимися на дне ТВО, обогащаются содержащимися в них веществами, к которым относятся и Sr -90. Чем дольше они взаимодействуют с ними, тем выше становится их активность. В тоже время упомянутые воды в процессе своего растекания охлаждают слой вод ТВО, расположенный непосредственно над ними, а сами при этом нагреваются. В результате этого значения вертикального градиента плотности в ТВО, по мере удаления от зоны его подпитки, уменьшаются тем быстрее, чем меньше объем и выше температура вод, закачиваемых в него из Южного Буга. В поверхностный слой из придонного воды, обогащенные Sr -90 могут поступать лишь там, где под воздействием ветра на водную поверхность ТВО может возникнуть турбулентное перемешивание на всю глубину этого водоема.

Нетрудно видеть, что по указанной причине изменения объема и температуры вод, закачиваемых в ТВО при продувке, существенно влияют на размеры части его акватории, где значения вертикального градиента плотности уже настолько малы, что ветровое перемешивание способно вызывать подобное перемешивание. Учитывая это, изменения среднемесячных объемов продувки ТВО, являются фактором, причинно связанным с динамикой среднемесячного потока веществ, поступающих в поверхностный слой этого водоема с его дна. При прочих равных условиях, чем больше объем продувки, тем больше и величина этого потока. Последнее свидетельствует о том, что илы, образовавшиеся на дне ТВО, ощутимо загрязнены Sr -90, что обуславливает превышение средних уровней активности этого радионуклида в его водах по сравнению с ее значениями в водах реки Южный Буг.

Из рисунка 1 следует также, что существенного влияния на рассматриваемый процесс изменения интенсивности атмосферных осадков, выпадавших в районе ТВО в соответствующем месяце, не оказывают. Это свидетельствует о том, что загрязнение вод ТВО Sr -90 при его осаждении из атмосферы и как результат берегового ливневого стока, является менее существенным, чем создаваемое прочими факторами.

Среди последних заметную роль может играть такой инерционный процесс как фильтрация из шламонакопителей, о чем свидетельствует значимая корреляция ряда изменений активности Sr -90 в водах ТВО и ряда месячных сумм атмосферных осадков в г. Южноукраинске, опережающего его на 17 месяцев.

Анализ состава других наилучших наборов аргументов МР моделей изучаемого процесса, соответствующих $N < 24$, показал, что в их состав, наряду с рассмотренными, при $N > 9$ входят изменения его собственных состояний в опережающие моменты времени, а при $N > 17$ также изменения состояния солнечной активности.

С учетом в качестве аргументов различных рассматривавшихся МР моделей изменений активности Sr -90 в водах ТВО была осуществлена их идентификация. В качестве примера полученных при этом результатов в таблице 2 представлены значения коэффициентов МР моделей этого процесса (N=6), обеспечивающих наиболее эффективное его прогнозирование с упреждениями от 1 до 8 месяцев.

Таблица 2. Значения коэффициентов идентифицированных МР моделей динамики активности Sr -90 в водах ТВО (N=6), обеспечивающих наиболее эффективное его прогнозирование с упреждением τ

Table 2. Values of the coefficients of identified multiple regression models of the dynamics of Sr-90 activity in the waters of Tazslycki reservoir (N = 6) which ensure its most efficient long-term prediction τ

τ , мес	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
1	0.03027	1.34E-05	0.000121	9.93E-05	5.6E-05	7.41E-05	-5.2E-05
2	0.026042	7E-05	0.000133	8.22E-05	8.29E-05	7.98E-05	-3.6E-05
3	0.026008	7.99E-05	0.000116	8.47E-05	9.52E-05	7.64E-05	-3.9E-05
4	0.027893	8.37E-05	0.000126	7.09E-05	6.31E-05	7.57E-05	-4.5E-05
5	0.021708	6.11E-05	8.57E-05	0.000109	8.82E-05	0.000114	4.63E-05
6	0.029994	-3.9E-05	0.000123	4.4E-05	8.35E-05	0.000117	-4.4E-05
7	0.026069	0.00012	6.28E-05	8.79E-05	0.00011	3.67E-05	-3.9E-05
8	0.033514	5.72E-05	8.44E-05	0.000106	8.39E-05	-7.4E-05	-3.2E-05

Из таблицы 2 следует, что значения различных коэффициентов моделей, соответствующие временным рядам различных учитываемых в ней факторов, различаются не более чем в 10 раз. Так как абсолютные величины объемов продувки превышают их значения для месячных сумм атмосферных осадков в десятки тысяч раз, полученный результат свидетельствует о том, что первый фактор является существенно более значимым.

Для каждой идентифицированной модели, в соответствии с разработанной методикой, по предыстории изучаемого процесса оценены значения вероятностей их робастности к временным сдвигам в будущее, лежащим в пределах от 1 до 8 месяцев.

В качестве примера, на рисунке 2 представлены зависимости от величины этого сдвига оценок вероятности того, что оцененная по предыстории изменений активности Sr -90 в водах ТВО ошибка прогнозирования этого процесса с некоторым τ превысит величину его среднеквадратического отклонения.

Как следует из рисунка 2, вероятности того, что идентифицированные МР модели с N=6 будут обладать робастностью к рассматриваемым временным сдвигам, существенно выше, чем для моделей, которым соответствует N=18.

Проявившийся эффект снижения робастности к временным сдвигам МР моделей, по мере роста количества учитываемых в них аргументов N, является фундаментальным свойством этих моделей и описан в литературе [5, 6, 8]. Учитывая выявленные особенности, при разработке прогноза рассматриваемого процесса использовались его МР модели с N=6. Полученный при этом результат, а также верхняя и нижняя границы интервала, в

который при том или ином упреждении, с вероятностью 0.99 попадет истинное значение прогнозируемого состояния этого процесса, приведен на рисунке 3.

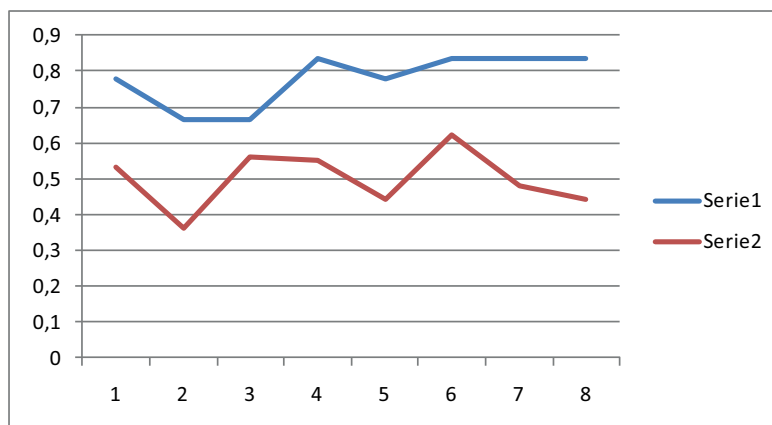


Рис. 2. Зависимости от упреждения прогноза (τ) оценок вероятности превышения уровня среднеквадратического отклонения изменений активности Sr-90 в водах ТВО, модулем ошибки прогнозирования этого процесса, с использованием его МР моделей (N=6) – ряд1, (N=18) – ряд 2

Fig. 2. Dependency on the prediction timing(τ) of estimates of likelihood of exceeding the level of mean square deviation of change in activity of Sr-90 in the waters of Tazlycki reservoir; the module of the prediction error of this process is, using the multiple regression models, (N = 6) - series 1, (N = 18) – series 2

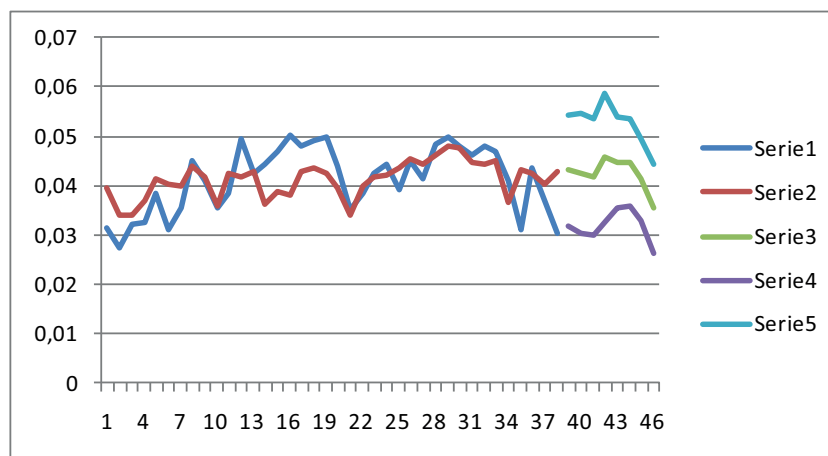


Рис. 3. Зависимости от времени фактических среднемесячных значений активности Sr-90 в водах ТВО (ряд 1), результатов их прогнозирования по предыстории (ряд 2), их прогнозов на будущее (ряд 3), а также верхняя и нижняя границы интервала, в пределы которого с вероятностью 0.99 в будущем попадет ее истинное значение

Fig. 3. Dependencies on the time of the actual monthly average Sr-90 activity in the waters of Tazlycki reservoir (series1), the results of their prediction of the past (series 2), their predictions for the future (series 3), as well as the upper and lower limit of the range in which, with the 0.99 probability, its actual value will be contained in the future

Как видим, из рисунка 3, в соответствии с разработанным прогнозом, в период от октября 2010 к февралю 2011 г. активность Sr -90 в водах ТВО будет увеличиваться, а далее – от марта к июню – уменьшаться. Этот прогноз, разработанный с использованием статистического метода, соответствует изложенным выше представлениям о причинах изменения состояний рассматриваемого процесса.

К подобному результату должно привести увеличение интенсивности атмосферных осадков, выпавших осенью в бассейне реки Южный Буг. Оно приведет к увеличению ее расхода на створе Южноукраинской АЭС и увеличению объемов продувки ТВО. Последнее вызовет увеличение потока веществ поступающих из придонного слоя вод ТВО в его приповерхностный слой, среди которых и Sr -90, что вызовет здесь повышение активности этого радионуклида.

Снижение активности Sr -90 в приповерхностном слое ТВО, прогнозируемое на период с марта по июнь 2011 гг, по-видимому, будет связано с тем, что зима в бассейне Южного Буга будет относительно теплой и малоснежной (увеличится повторяемость оттепелей). Это вызовет уменьшение расходов реки Южный Буг, объемов продувки ТВО, а значит и среднемесячных значений активности Sr -90 в приповерхностном слое его вод.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика идентификации прогностических МР моделей динамики среднемесячных значений активности Sr -90 в приповерхностном слое ТВО, обладающих удовлетворительной эффективностью и робастностью к временным сдвигам в будущее. Ее особенности позволяют предполагать возможность ее применения при разработке прогностических МР моделей также многих других процессов.
2. С помощью данной методики установлено, что одним из основных факторов рассматриваемого процесса является динамика объемов его продувки в совпадающие по времени месяцы. Главной причиной этого является зависимость характеристик водообмена приповерхностного и придонного слоев ТВО от температуры и объема вод, закачиваемых в него из реки Южный Буг.
3. Ощутимое влияние на особенности динамики среднемесячных значений активности Sr -90 в приповерхностном слое ТВО могут оказывать также процессы фильтрации из шламонакопителей АЭС, расположенных на близлежащих территориях. Роли процессов осаждения из атмосферы, а также ливневого стока с побережий существенными не являются.
4. Разработан прогноз изменения среднемесячных значений активности Sr -90 в приповерхностном слое ТВО, свидетельствующий о том, что в период с октября по февраль вероятно ее повышение, а с марта по июнь - снижение.

REFERENCES

1. Audi G. The Nubase evaluation of nuclear and decay properties. / G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot, A.H. Wapstra.// Nuclear Physics. - A 729 . -2003.- p.p. 3-128.
2. Концепція державної енергетичної політики України на період до 2020 року. Центр Розумкова. Національна безпека і оборона, 2001. - №2, с.2-33.
3. Лилина литература по истории создания ВВЭР.

4. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
5. *Норман Дрейнер*, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия = Applied Regression Analysis. — 3-е изд. — М.: «Диалектика», 2007. — 912С.
6. Хьюбер П. Робастность в статистике. М.: Мир, 1984. -303с.
7. Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко// Киев: Наукова думка, 1981 — 296 с
8. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — 816 с.
9. Хэннан Э. Многомерные временные ряды. М.: Мир. 1974. – 575с.
10. *Рао С.Р.* Линейные статистические методы и их применения / С.Р. Рао. – М. : Наука, 1968. – 376 с.
11. *Дж. Голуб*, Ч.Ван Лоун Матричные вычисления. — М.: Мир, 1999.- 548с.
12. Чипига А.Ф., Колков Д.А. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 2 – С. 24-26
13. ДГН 6.6.1-65.001-98 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)/ МОЗ України 14.07.97 Наказ №208.
14. ДСТУ ISO 5667-4:2003 Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер;
15. ДСТУ ISO 5667-6-2001 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків;
16. ГОСТ 8.556-91 ГСИ. Методики визначення складу та властивост й проб води. Загальні вимоги до розроблення;
17. Сайт Пулковской центральной астрономической обсерватории Российской академии наук www.gao.spb.ru/database/esai

USE OF MULTIPLE REGRESSION MODELS FOR THE PREDICTION
OF THE DYNAMICS OF ACTIVITY OF SR-90 IN THE WATER-COOLING
RESERVOIR TASZLYCKI OF THE SOUTH-UKRAINIAN
NUCLEAR POWER PLANT

Summary. On the example of monthly averages of the values of Sr-90 activity in the surface water layer of the Tazlycki cooling reservoir of the South-Ukrainian Nuclear Power Plant, recorded in the period from January 2006 to September 2010, the identification properties of multiple regression models were examined for approximate processes resistant to future temporary shifts by 1 to 8 months. For the tested processes, the argument for such models are the process-predicting series of monthly average values changes in the volume of water pumped daily from the River South Boh into the reservoir as well as the monthly precipitation totals in Yuzhnoukrainsk. Similar models were applied to develop the predicted changes in Sr-90 activity in that reservoir in the period from November 2010 to June 2011.

Key words: nuclear power plant, environmental security, the activity of Sr-90, modeling, water conservation, correlation.

WYKORZYSTANIE NIEKONWENCJONALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII WE WSPÓŁCZESNYCH BUDYNKACH

Marek Horyński

Politechnika Lubelska

Streszczenie. Dotychczas mało uwagi poświęcano tematowi zastosowania niekonwencjonalnych źródeł energii w budynkach wyposażonych w inteligentne systemy automatyki. Coraz większa popularność inteligentnych systemów budynkowych sprzyja wykorzystywaniu ich w nowych układach zasilania. Takim nowym zastosowaniem jest współpraca instalacji inteligentnej ze źródłem energii słonecznej. W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne integrujące instalację magistralną KNX/EIB z panelem fotowoltaicznym.

Słowa kluczowe: inteligentne instalacje elektryczne, niekonwencjonalny, energia słoneczna, magistrala instalacyjna, urządzenia magistralne.

WSTĘP

Przed instalacjami elektroenergetycznymi stawia się obecnie nowe wymagania. Mają oprócz podstawowych możliwości charakterystycznych dla tradycyjnych instalacji zapewniać wyższy komfort eksploatacji instalacji, bezpieczeństwo użytkowania oraz oszczędność zużywanej energii elektrycznej, przejrzystość struktury, estetykę wykonania oraz elastyczność pracy instalacji. Sprzyja to niewątpliwie postępowi technologicznemu.

W ostatnich latach stała się popularna i coraz bardziej obecna w codziennym życiu idea inteligentnego budownictwa. Polityka Unii Europejskiej oraz regulacje prawne w zakresie wykorzystania zasobów energii odnawialnej sprzyjają poszukiwaniu nowych rozwiązań, które zapewnią wzrost udziału w gospodarce elektroenergetycznej alternatywnych, energooszczędnych źródeł energii. Wprowadzane są również mechanizmy wspierania producentów energii odnawialnej.

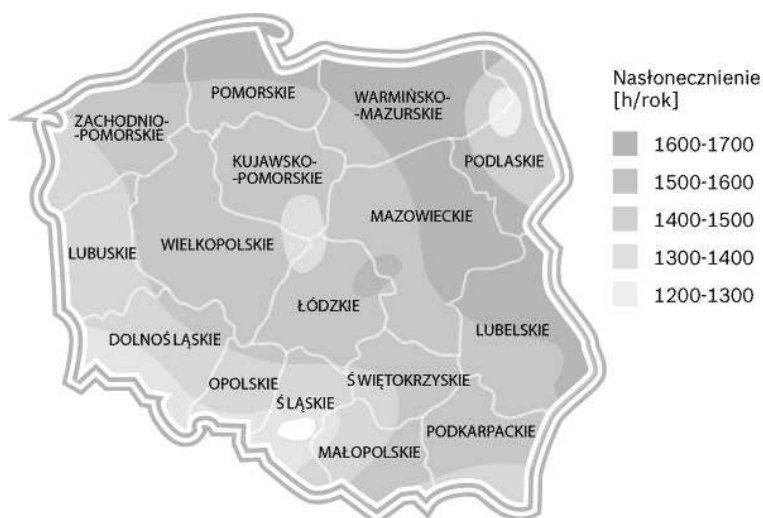
W ostatnich latach powstało wiele nowych systemów automatyki budynkowej, m.in. KNX - dawniej nazywanego Europejska Magistrala Instalacyjna (EIB) lub LCN – Local Control Network.

ŹRÓDŁA ENERGII ODNAWIALNEJ

Odnawialne źródła energii wykorzystują w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także z biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych

[19]. Są to czyste źródła energii, które pozwalają zmniejszać oddziaływanie sektora energetyki na środowisko. Obecnie w Polsce tylko ok. 2,8 proc. energii pochodzi z tych źródeł. Spośród wszystkich rodzajów źródeł energii odnawialnej największe oczekiwania budzi energetyka słoneczna. Wynika to z wielkiej dostępności tej formy energii oraz z niewyobrażalnych wręcz jej zasobów. Energia słoneczna należy do tzw. czystej technologii nieprodukującej groźnych dla środowiska zanieczyszczeń. Technika solarna nie jest jednak, jak dotychczas konkurencyjna w stosunku do konwencjonalnych technik pozyskiwania energii [20].

Energetyka słoneczna praktycznie jest najmniej wykorzystaną w Polsce formą energii. W Polsce występuje nierówny rozkład promieniowania w cyklu rocznym. Około 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na sześć miesięcy sezonu wiosenno – letniego [19].



Rys. 1. Mapa nasłonecznienia w Polsce [19]

Fig. 1. Map of sunshine in Poland [19]

Stanowi to pewne ograniczenie w możliwościach wykorzystania energii słonecznej, szczególnie w okresie zimowym. Pomimo tego w ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój produkcji i zastosowania kolektorów płaskich.

CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI KNX/EIB

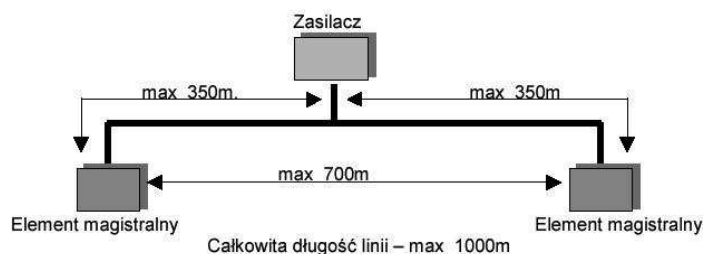
Instalacja elektryczna KNX/EIB jest inteligentnym i zdecentralizowanym typem instalacji elektrycznej. Przeznaczona jest do sterowania, regulacji i nadzoru pracy urządzeń technicznych znajdujących się w obszarze budynku. KNX/EIB stosowana jest głównie do sterowania: oświetleniem, roletami i żaluzjami, ogrzewaniem, klimatyzacją i wentylacją, w systemach nadzoru i powiadamiania, zarządzaniu poborem mocy oraz współpracy z innymi systemami.

Topologia w systemach technicznych oznacza połączenie urządzeń w celu umożliwienia przesyłania sygnałów [2, 3, 4, 6, 7, 9, 10]. Topologia instalacji KNX/EIB opiera się na strukturze drzewa. Struktura i sposób doprowadzenia przewodów energetycznych nie mają istotnego znaczenia dla topologii i funkcjonowania instalacji [6].

Urządzenia występujące w instalacji KNX/EIB dzielą się na trzy grupy:

- urządzenia systemowe - zasilacze napięciowe, cewki sprzęgające, łączniki szyn danych, przewody magistralne i magistralne szyny danych;
- urządzenia systemowe - sprzęgła liniowe, sprzęgła obszarowe, wzmacniacze liniowe oraz bramki (urządzenia sprzęgające) do innych systemów;
- urządzenia użytkowe – sensory (urządzenia zadające polecenia), aktywo (urządzenia wykonawcze) [13, 14, 15, 16].

Podstawowym elementem instalacji KNX/EIB jest linia magistralna zasilana z osobnego zasilacza prądu stałego 24 V, 320 lub 640 mA. Długość linii nie może przekraczać 700 m, a największa odległość od elementów magistralnych od zasilacza 350 m (Rys. 2). Magistrala ta utworzona jest jednej lub dwóch par przewodów typu PYCYM 2 x 2 x 0,8 mm² oplatających cały budynek. Konstrukcja kabla magistralnego zapewnia wysoką ochronę przed zakłóceniami elektromagnetycznymi. Urządzenia magistralne są przyłączone do tej magistrali [2, 7, 8, 13, 15, 16].



Rys. 2. Dopuszczalne odległości w między urządzeniami w instalacji KNX/EIB

Fig. 2. Permissible distance between devices in the system KNX/EIB

Każda linia może składać się z czterech segmentów. Do segmentu linii można przyłączyć 64 elementy magistralne. Poszczególne linie, lecz nie więcej niż 15, mogą się łączyć poprzez specjalne sprzęgła liniowe w tzw. linię główną. Za pomocą sprzęgieł obszarowych poszczególne obszary instalacji KNX/EIB łączy się w system automatyki budynku.

Urządzenie magistralne składa się z portu magistralnego, elementu końcowego oraz łącza adaptacyjnego 10-pinowego. Port magistralny obejmuje moduł transmisyjny i kontrolera portu zawierającego mikroprocesor z następującymi rodzajami pamięci:

- ROM – tylko do odczytu, niedostępna dla użytkownika;
- RAM – pamięć operacyjna do przechowania zmiennych procesu;
- EEPROM – pamięć zapisywalna, zawierająca parametry konfiguracyjne i program użytkownika.

Rola mikroprocesora polega na przyjmowaniu zakodowanych poleceń od urządzeń sterujących ręcznych oraz czujników (sensorów) mierzących wartości różnych wielkości fizycznych. Służy on również do przetwarzania tych poleceń na sygnał elektryczny realizujący określone czynności łączeniowe. Element końcowy może być wymienny, odpowiednio do pełnionej funkcji. Port magistralny odbiera telegramy z magistrali, dekoduje je i steruje elementem końcowym oraz odwrotnie – element końcowy przesyła informacje do portu magistralnego, który tę informację koduje i wysyła do magistrali w postaci telegramu adresowego do innych elementów magistralnych [13, 14, 15, 16].

Każde urządzenie magistralne posiada własny układ, który odpowiada za wymianę informacji między nim a magistralą instalacyjną, do której jest przyłączony. Wymiana informacji

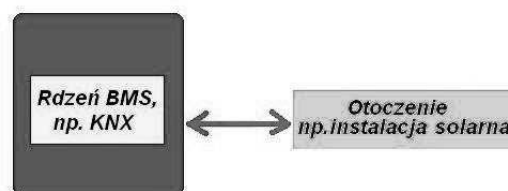
między sensorami i aktorami odbywa się za pomocą specjalnych pakietów informacyjnych, zwanych telegramami.

Elementy magistralne mogą również same generować różne zakodowane połączenia (telegramy) do innych urządzeń magistralnych (aktorów) wykorzystujących te polecenia.

INTEGRACJA INSTALACJI INTELIGENTNEJ Z ODNAWIALNYM ŹRÓDŁEM ENERGII

Jednym z głównych zadań KNX/EIB jest możliwość integracji różnych instalacji, pracujących w klasycznym wykonaniu, jako odrębne. Integracja instalacji pozwala na zmniejszenie ilości i sumarycznej długości przewodów i kabli układanych w budynku, przy jednoczesnym zachowaniu poprzednich funkcji zasilanych urządzeń. Może również powodować rozszerzenie możliwości wykorzystania tych urządzeń, a także sprzyja wzrostowi oszczędności energii. Zarządzanie inteligentnym budynkiem (BMS) można zrealizować w oparciu o różne inteligentne instalacje, np. KNX, LCN. Należy je traktować wtedy, jako rdzeń systemu zarządzania. Programowanie urządzeń w ramach rdzenia jest zadaniem podstawowym w procesie uruchamiania automatyki. Niezwykle ważne jednak jest zintegrowanie z rdzeniem urządzeń będących spoza niego. W skład systemu instalacji budynkowych wchodzi szereg instalacji, które należy skonfigurować zgodnie z ich własnymi wymogami. Odrębnym zagadnieniem jest zintegrowanie ich w ramach automatyki budynku. Uszczegółwienie opisu styku między tymi instalacjami zależy od wielkości i specyfiki obiektu oraz liczby danych wymienianych między nimi. Integracja może być przeprowadzona za pośrednictwem we/wy sygnałów napięciowych lub bezpotencjałowych lub za pomocą sterowników.

Rdzeń systemu zarządzania automatyką budynku może być zaprojektowany w oparciu o inteligentną instalację typu KNX/EIB. Poziom inteligencji budynku zależy jednak nie tylko od właściwego zaprogramowania elementów instalacji KNX/EIB, ale również od umiejętnego zintegrowania z nią systemów należących do otoczenia, np. instalacji słonecznych (Rys. 3).



Rys. 3. Architektura obiektowa BMS

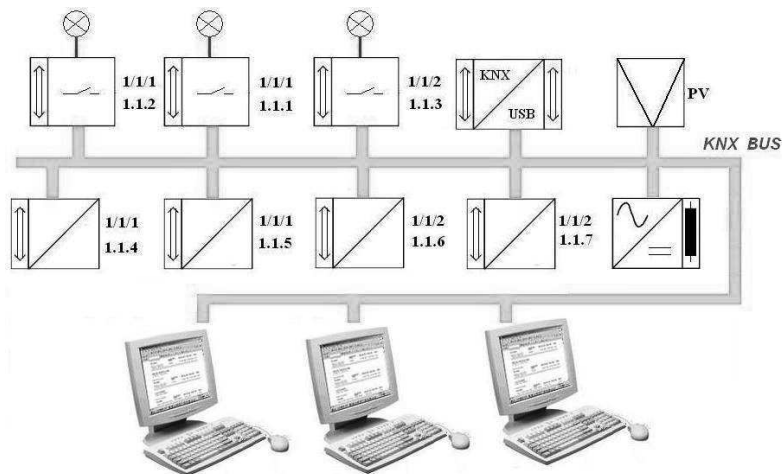
Fig. 3. BMS Building Architecture

Jest to zgodne z jednym z głównych celów i zadań instalacji typu KNX/EIB, która umożliwia integrację różnych instalacji, pracujących w klasycznym wykonaniu, jako odrębne.

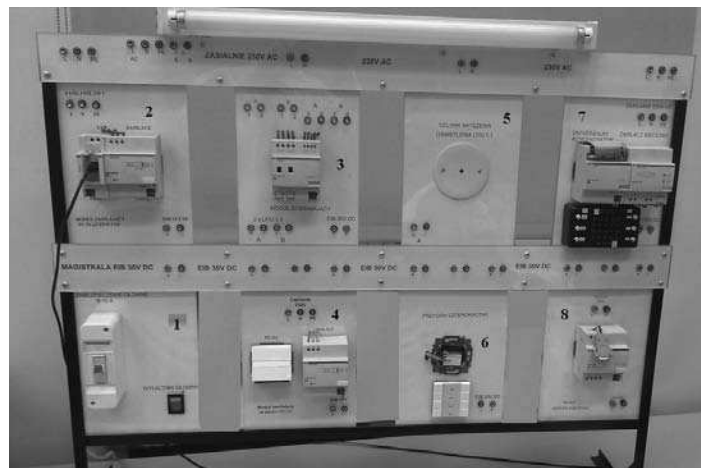
Integracja tych instalacji jest korzystna, pozwala m.in. na zmniejszenie ilości i sumarycznej długości przewodów i kabli układanych w budynku, przy jednoczesnym zachowaniu poprzednich funkcji zasilanych urządzeń. Może również powodować rozszerzenie możliwości wykorzystania tych urządzeń. Wprowadzenie automatyki sprzyja także wzrostowi oszczędności energii.

Dla potrzeb projektu integracji instalacji solarnej z systemem KNX/EIB zostało zaadoptowane stanowisko badawcze za pomocą, którego przeprowadza się sterowanie instalacją HVAC w tym systemie (Rys. 4). Jest ono modelem instalacji hybrydowej budynku zaprojektowanej w oparciu

o system KNX/EIB. Kontrola i nadzór budynku są realizowane za pomocą interfejsu szeregowego RS 232 (Rys. 5). Wszystkie zastosowane w budynku czujniki i siłowniki są zintegrowane z instalacją inteligentną KNX/EIB natomiast instalacja fotowoltaiczna uzupełnia potrzeby energetyczne budynku. Moduł PV mierzy moc panelu fotowoltaicznego w celu uzyskania optymalnego zarządzania energią pobieraną przez instalację. Ważnym jej elementem jest również stacja klimatyczna (8), dzięki której instalacja KNX/EIB reaguje na zmieniające się warunki otoczenia.



Rys. 4. Architektura systemu KNX z ogniwem fotowoltaicznym
Fig. 4. KNX architecture with photovoltaic cell



Rys. 5. Stanowisko laboratoryjne: 1 – moduł zabezpieczeń, 2 – łącze USB, 3 – moduł ściemniający do świetlówek, 4 – moduł interfejsu RS232, 5 – czujnik natężenia oświetlenia, 6 – sensor załączający, 7 – moduł wizualizacyjny, 8 – stacja klimatyczna
Fig. 5. Laboratory stand: 1 - power module, 2 - USB, 3 - dimmer, 4 - RS232 interface, 5 - light sensor, 6 - switching sensor, 7 - visualization module, 8 - climatic station

WNIOSKI

Nowoczesne systemy automatyki budynkowej pozwalają na realizację wszystkich tradycyjnych układów sterowania instalacji elektrycznej. Integrują one ponadto poszczególne funkcje, np. sterowanie oświetleniem, ogrzewaniem, roletami żaluzjami oraz napędami bramowymi. Zaprojektowane stanowisko laboratoryjne umożliwi badanie hybrydowych instalacji w budynku. Zastosowanie w nim odnawialnego źródła energii jest zgodne z promowaną przez Unię Europejską ideą budownictwa proekologicznego i obniżania zużycia energii.

Obecnie jest niewystarczająca liczba instalacji zarządzania energią w budynkach. Jednym z powodów tego stanu rzeczy jest niedocenywanie przez inwestorów wagi zarządzania energią. Szczególnie występuje to w przypadku osób prywatnych. Często zainteresowani są oni niskim kosztem instalacji i nie biorą pod uwagę zużycia energii w przyszłości. W oparciu o przedstawione w artykule stanowisko badawcze mogą być prowadzone badania, które posłużą podniesieniu wiedzy o energooszczędności instalacji budynkowych oraz wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii.

LITERATURA

1. ABB – materiały informacyjne, 2010.
2. Chilimoniuk T.: Analiza inteligentnych systemów instalacji w budynku mieszkalnym. Praca magisterska. Politechnika Lubelska 2003.
3. Drop D. Jastrzębski D. „Współczesne instalacje elektryczne w budownictwie jednorodzinny z wykorzystaniem osprzętu firmy Moeller” COSiW SEP Warszawa 2002.
4. EIBA/Konnex Org. EIB Installation Bus.: Instructors Seminar. EIB Interworking Standards. Bruksela, Belgia 1999.
5. EN-50131-1:1997 Alarm system – Intrusion system – Part 1:General requirements.
6. Handbook for Home and Building Control. 5th revised edition, opracowanie KNX Association, 2006.
7. Horyński M., Majcher J.: Możliwość wizualizacji stanu instalacji w inteligentnych budynkach. Napędy i sterowanie – Miesięcznik Techniczno-Informacyjny Nr 12(140), s. 90-92.
8. Horyński M.: Zastosowanie wejść i wyjść binarnych w układach automatyki inteligentnego budynku. Przegląd Elektrotechniczny 7/2010, s. 218-220.
9. Klajn A., Bielówka M.: Instalacja elektryczna w systemie KNX/EIB. Podręcznik INPE – bezpłatny dodatek dla prenumeratorów miesięcznika INPE, COSiW SEP, 2006.
10. Koczyk H. Antoniewicz B. Sroczan E. „Nowoczesne wyposażenie techniczne domu jednorodzinny” Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań 1998.
11. Kulikowski R. „Sterowanie w wielkich systemach” WNT Wydanie drugie Warszawa 1974.
12. Markiewicz H.: Instalacje elektryczne, WNT, Warszawa, 2006.
13. Mikulík J.: Europejska Magistrała Instalacyjna. Rozproszony system sterowania bezpieczeństwem i komfortem. COSiW, Warszawa 2009.
14. Petykiewicz P. „Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku” COSiW SEP Warszawa 2001.
15. Petykiewicz P.: Instalacja elektryczna w inteligentnym budynku, Rozdział 13 w: Instalacje Elektryczne i Teletechniczne, Wydawnictwo Verlag Dashöfer, Warszawa, 2001 wraz z późniejszymi uzupełnieniami.
16. Petykiewicz, P.:Technika systemowa budynku instabus EIB. Siemens Sp. z o.o., Warszawa 1999.

17. PN-EN 50090-2-1:2002, Domowe i budynkowe systemy elektroniczne (HBES). Część 2-1: Przegląd systemu. Architektura.
18. PN-EN 50090-3-1:2002, Domowe i budynkowe systemy elektroniczne (HBES). Część 3-1: Aspekty zastosowań. Wprowadzenie do struktury aplikacji.
19. Roter-systemy solarne. Materiały informacyjne, 2011.
20. Tytko R.: Odnawialne źródła energii, Wydawnictwo OWG, Warszawa 2009.

USE OF UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES IN MODERN BUILDINGS

Summary. So far, little attention has been paid to the topic of application of non-conventional energy sources in the buildings equipped with intelligent automation systems. The growing popularity of intelligent building systems promotes their use in new power systems. One such new application is the installation of intelligent co-operation with the source of solar energy.

Key words: intelligent electrical systems, non-conventional, solar energy, bus installation.

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA BIOMASY LEŚNEJ NA CELE ENERGETYCZNE NA PRZYKŁADZIE NADLEŚNICTWA POMORZE

Waldemar Izdebski*, Piotr Jadeszko****,
Jacek Skudlarski**, Stanisław Zajac***

*Zakład Zarządzania Produkcją Politechniki Warszawskiej, **Katedra Organizacji i Inżynierii
Produkcji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ***Państwowa Wyższa Szkoła
Zawodowa w Krośnie, ****Nadleśnictwo Pomorze

Streszczenie. Dokonano analizy możliwości pozyskania biomasy leśnej na cele energetyczne w wybranym nadleśnictwie. Obecnie z przyczyn ekonomicznych niemożliwe jest pozyskiwanie biomasy z drewna pniakowego i korzeni. Z uwagi na duże zapotrzebowanie przemysłu przetwórczego na przestrzeni ostatnich lat w bilansie pozyskania biomasy leśnej w Nadleśnictwie Pomorze udział drewna energetycznego wynosi około 15%. Zgodnie z analizą strukturalną prac hodowlanych oraz zrębowych możliwe jest zwiększenie pozyskania biomasy leśnej nawet do ok. 50%.

Słowa kluczowe: biomasa leśna, OZE.

WSTĘP

Uwarunkowania klimatyczne, jak i zależności gospodarcze wskazują, że dla Polski bardzo korzystnym odnawialnym źródłem energii jest biomasa leśna. Jest to związane, m.in. z wielkością powierzchni gruntów leśnych Polski, która wynosi 9088 tys. ha. Ilość drzewostanów występujących na tej powierzchni kształtuje się na poziomie 8894 tys. ha. Większość tego obszaru (6968 tys. ha) należy do Lasów Państwowych (76,7%). Tylko niewielka powierzchnia (1545 tys. ha) należy do właścicieli prywatnych (17%) [2].

Z różnych publikacji wynika, że na drewno użytkowe przeznaczają się w Lasach Państwowych około 60% wyprodukowanej biomasy leśnej. Można więc przyjąć, że przy obecnym pozyskiwaniu rocznym rzędu 30 mln m³, części nadziemne nie przeznaczone na sortymenty przemysłowe stanowią około 7 mln m³, a z obecnie wyrabianym drewnem opałowym ok. 12 mln m³. Jak wynika z badań, rzeczywiste pozyskiwanie w Lasach Państwowych drewna będącego możliwym źródłem drewna energetycznego (klasa S3, S4, M, zrębki) wynosi ok. 3,2 mln m³ [1].

W programie energetycznym Lasów Państwowych podaje się, że możliwe jest pozyskiwanie 2 mln m³ drewna energetycznego rocznie. Jednakże, jak wynika z badań Gronowicza z AR w Poznaniu samej sosnowej drobnicy gałęziowej może być ok. 3 mln m³ drewna opałowego [1].

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań była ocena potencjału biomasy leśnej w Nadleśnictwie Pomorze oraz analiza pozyskania i sprzedaży drewna na cele energetyczne w tym Nadleśnictwie w latach 2005-2009.

Zakres pracy obejmował analizę danych dotyczących potencjalnego i rzeczywistego pozyskania drewna na cele energetyczne w Nadleśnictwie Pomorze w latach 2005 – 2009.

TEREN BADAŃ

Nadleśnictwo Pomorze położone jest na terenie województwa podlaskiego w powiatach: augustowskim (gmina Płaska) i sejneńskim (gminy Giby i Sejny). Lesistość Nadleśnictwa Pomorze wynosi 56%. Głównym typem siedliskowym lasu jest bór świeży, który zajmuje 58% powierzchni. Siedliska z przewagą gatunków iglastych - bory, zajmują ponad 85% powierzchni. Lasy, czyli powierzchnie porośnięte przez gatunki liściaste, pokrywają prawie 14% powierzchni. W Nadleśnictwie Pomorze występuje w zasadzie stabilny skład gatunkowy drzewostanów. Głównie gatunki tworzące miejscowe lasy to sosna, świerk, brzoza i olcha. Przeważają bory z sosną, która zajmuje aż 89% powierzchni leśnej. Świerk zajmuje około 5% powierzchni.

METODYKA BADAŃ

W pracy zastosowano metodę analityczną, zaproponowaną przez pracowników Katedry Inżynierii Środowiska Politechniki Opolskiej, opierającą się na wieloletnich pomiarach zrębowych w drzewostanach, w których gatunkiem panującym jest sosna [3]. Metoda ta zakłada, że z jednego drzewa sosnowego pozyskujemy następujące ilości surowca:

- 578 kg grubizny dłuźcowej,
- 41 kg grubizny stosowej,
- 54 kg drobnicy gałęziowej,
- 59 kg chrustu,
- 166 kg korzeni.

Na podstawie tej metody wyliczono, że z jednego drzewa można pozyskać średnio około 0,9 t drewna, z czego około 30% tej wielkości jest niewykorzystywana. Przy założeniu, że na 1 hektarze występuje ok. 400 drzew otrzymamy:

- 21,6 t/ha drobnicy gałęziowej,
- 23,6 t/ha chrustu,
- 66,4 t/ha drewna pniakowego z korzeniami.

Po dodaniu tych wielkości otrzymujemy średnią wartość 111 ton drewna na 1 hektar.

Potencjał energetyczny danej biomasy leśnej szacowano na podstawie teoretycznie wyznaczonych wartości mas poszczególnych sortymentów, zgodnie z poniższą zależnością:

$$E = \sum_{i=1}^n m_i * W_{d_i} \quad (1)$$

gdzie: E – potencjał energetyczny paliwa (GJ), m – masa paliwa (t), W_d – wartość opałowa (GJ/t).

Przy obliczaniu zasobności energetycznej dla drewna w stanie powietrzno – suchym, czyli dla paliwa odpowiednio sezonowanego, założono wartość opałową na poziomie 14 GJ/t

Niezbędne w badaniach informacje pozyskano z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych i dokumentacji Nadleśnictwa Pomorze.

WYNIKI BADAŃ

Oszacowaną masę drewna odpadowego w Nadleśnictwie Pomorze, które stanowi doskonałe odnawialne źródło energetyczne, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie masy drewna odpadowego w Nadleśnictwie Pomorze
Table 1. Summary of waste wood pulp in the forest district of Pomerania

Rok	Powierzchnia zrębowa w Nadl. Pomorze (ha)	Rodzaj sortymentu		
		Chrust	Gałęzie	Drewno pniakowe z korzeniami
		Masa (t)		
2005	34,29	809	741	2277
2006	10,98	259	237	729
2007	32,64	770	705	2167
2008	57,76	1363	1248	3835
2009	49,49	1168	1069	3286

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji Nadleśnictwa Pomorze

Jak wynika z analiz rzeczywisty potencjał biomasy leśnej, możliwy do pozyskanej na terenie Nadleśnictwa Pomorze, jest niższy od teoretycznego ze względu na fakt, że drewno pniakowe oraz korzenie z przyczyn ekonomicznych nie są pozyskiwane. W celu pozyskania karpiny potrzebny jest specjalistyczny sprzęt, który jak na warunki polskie jest dość drogi.

Tabela 2. Pozyskanie rzeczywiste drewna na cele energetyczne
Table 2. Acquisition of real wood for energy purposes

Rok	Wielkość pozyskanego drewna opałowego (m ³)	Roczny etat pozyskania (m ³)
2005	6083,91	46566,16
2006	6882,90	71636,30
2007	6024,96	57724,05
2008	6603,88	57784,72
2009	4946,46	60922,22

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji Nadleśnictwa Pomorze

Drewno opałowe pozyskane w latach 2005 – 2009 jest w zdecydowanej większości sortymentem średnio oraz małowymiarowym (tabela 3).

Tabela 3. Zestawienie drewna opałowego według sortymentów
Table 3. Listing of firewood by assortments

Rok	Drewno opałowe		
	Małowymiarowe M1, M2, (m ³)	Średniowymiarowe S4 (m ³)	Suma (m ³)
2005	1707,82	4376,09	6083,91
2006	3800,58	3082,32	6882,90
2007	1823,99	4200,97	6024,96
2008	1653,07	4950,81	6603,88
2009	1046,67	3899,79	4946,46

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji Nadleśnictwa Pomorze

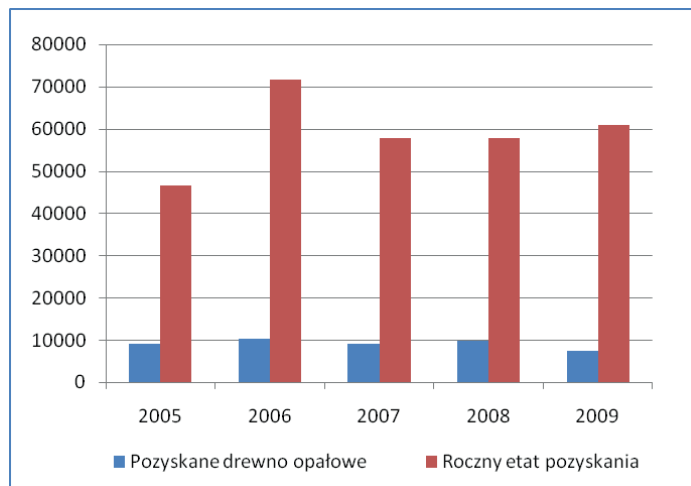
Przyjmując, że gęstość drewna w stanie powietrzno – suchym wynosi 0,5 t/m³, całkowita masa drewna energetycznego pozyskana w Nadleśnictwa Pomorze w latach 2005 -2009 wynosi od 2473 do 3441 t.

Tabela 4. Masa drewna opałowego pozyskana w Nadleśnictwie Pomorze
Table 4. Weight of acquired firewood in the forest district of Pomerania

Rok	Masa pozyskanego drewna opałowego (t)
2005	3042
2006	3441
2007	3012
2008	3302
2009	2473

Źródło: obliczenia własne

Jak wykazały analizy udział drewna energetycznego w bilansie pozyskania biomasy leśnej w Nadleśnictwie Pomorze wynosi na przestrzeni ostatnich lat około 15% (rys.1). Spowodowane jest to w głównej mierze chłonnością przemysłu przetwórczego, a także niepozyskiwaniem odpadów pozbędowych, które mogłyby poprawić zasobność rynku biomasy energetycznej.



Rys. 1. Zestawienie wielkości rocznego pozyskania drewna w Nadleśnictwie Pomorze na tle ilości drewna przeznaczzonego na cele energetyczne.

Fig. 1. Summary of the annual volume of timber harvesting in the forest district of Pomerania against the amount of wood intended for energy purposes.

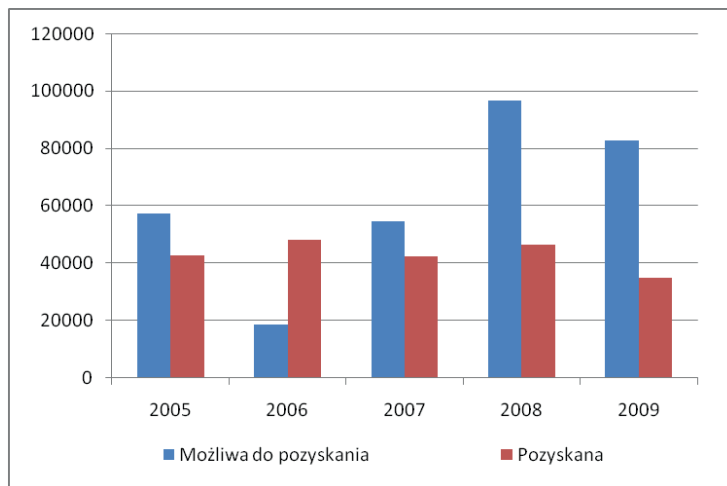
Wyliczony potencjał energetyczny będący odzwierciedleniem pozyskanego na terenie Nadleśnictwa Pomorze drewna opałowego przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Rzeczywisty potencjał energetyczny biomasy leśnej w Nadleśnictwie Pomorze
Table 4 The actual energy potential of forest biomass in the forest district of Pomerania

Rok	Masa pozyskanego drewna opałowego (t)	Wartość opałowa (GJ/t) wilgotność 20%	Potencjał energetyczny (GJ)
2005	3042	14	42587
2006	3441		48180
2007	3012		42175
2008	3302		46227
2009	2473		34625

Źródło: obliczenia własne

Zgodnie z analizą strukturalną prac hodowlanych oraz zrębowych możliwe jest zwiększenie pozyskania biomasy leśnej nawet do ok. 50%. Dokładne dane dotyczące tego zagadnienia są zestawione na rys. 2.



Rys. 2. Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy leśnej w Nadleśnictwie Pomorze
 Fig. 2. Energy potential of forest biomass in the forest district of Pomerania

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę lesistość Polski (ok. 30%) oraz to, że ilość drzewostanów w naszym kraju sukcesywnie wzrasta (do roku 2050 powierzchnia lasów Polski ma wynosić 50%) można wysunąć wniosek, iż dla Polski najkorzystniejszym odnawialnym źródłem energii jest biomasa leśna.

Główna polityka handlowa Nadleśnictwa Pomorze, jak i innych nadleśnictw, opiera się na sprzedaży drewna użytkowego do tartaków, zakładów meblarskich itp., co według szacunków jest tylko połową potencjału możliwego do wykorzystania. Wynika to z niewykorzystanych ilości drewna na zrębach – takich jak wszelkiego rodzaju odpady pozrębowe. Odpady te charakteryzują się dobrą zasobnością energetyczną i wymagają jedynie prostych zabiegów przetwórczych, aby móc stać się wartościowym paliwem.

LITERATURA

1. Laurow Z., 2010: Surowiec drzewny jako odnawialne źródło energii. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
2. Różański H., Jabłoński K., 2000: Baza i technologia pozyskiwania drewna energetycznego w Lasach Państwowych, materiały konferencyjne EC BREC, Warszawa.
3. Ulbrich R (red), 2005: Energetyczne wykorzystanie biomasy. Politechnika Opolska.

ANALYSIS OF ACQUISITION POSSIBILITIES OF FOREST
BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES ON THE EXAMPLE
OF FOREST DISTRICT POMERANIA

Summary. An analysis is presented of possible acquisition of forest biomass for energy purposes in the selected forest district. Currently, due to economic reasons it is impossible to acquire biomass from stump wood and roots. Due to high demand of the processing industry over the past years in the balance of forest biomass acquisition in the forest district of Pomerania wood energy share is about 15%. According to the structural analysis of breeding and cutting operations it is possible to increase the acquisition of forest biomass up to about 50%.

Key words: forest biomass, renewables.

WYKORZYSTANIE BIOMASY JAKO ENERGII ODNAWIALNEJ W POLSCE NA PRZYKŁADZIE CIEPŁOWNI OPALANEJ SŁOMĄ W GMINIE WIENIAWA

Ryszard Lipski

Prywatna Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska w Radomiu
Politechnika Radomska, Wydział MTiW, Radom

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące wykorzystania biomasy jako odnawialnego źródła energii na przykładzie kotłowni opalanej słomą w Gminie Wieniawa. W wyniku realizacji projektu uzyskano znaczące efekty ekonomiczne i ekologiczne.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, biomasa, słoma, ochrona środowiska

1. WPROWADZENIE

Obecnie w krajach Unii Europejskiej ok. 8% całkowitego zużycia energii pochodzi ze źródeł odnawialnych, a w 2011 roku wskaźnik ten ma wzrosnąć do 12%. W Polsce ilość energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii ocenia się zaledwie do 2,5% z tego aż ok. 98% pochodzi z biomasy [3,5]. Szacunkowe dane dotyczące wykorzystania energii odnawialnej w Polsce w 2005 roku przedstawione zostało w tabeli 1.

Tabela 1. Wykorzystanie energii odnawialnej w Polsce w 2005 roku na podstawie danych Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej [8]
 Table 1. The use of renewable energy in Poland in 2005 on the basis of the data obtained from the European Center of Renewable Energy [8]

	Produkcja energii ze źródeł odnawialnych w 2005 roku	
	PJ	%
Biomasa	101,8	98,05
Energia wodna	1,9	1,83
Energia geotermalna	0,1	0,1
Energia wiatru	0,01	0,01
Energia promieniowania słonecznego	0,01	0,01
Ogółem	103,82	100

2. SŁOMA JAKO SUROWIEC ENERGETYCZNY

Słoma wykorzystywana do celów energetycznych wchodzi w skład grupy paliw odnawialnych, które wraz z biogazem i biopaliwami płynnymi, tworzy grupę biopaliw.

W Polsce w strukturze produkcji dominuje słoma [2,4]:

- zbóż (92,6%),
- roślin oleistych jak rzepak (5,1%) oraz
- roślin strączkowych (2,3%).

Spalaniu słomy towarzyszy śladowa emisja SO_2 , a wartość emisji NO_x jest porównywalna z emisją z kotłowni węglowych. Pozostałości w postaci popiołu stanowią 3-5% ilości spalanej słomy. Głównym składnikiem popiołu jest potas, dlatego też popiół ten może być wykorzystany jako nawóz.

Aktualnie zbiory słomy przewyższają zapotrzebowanie na nią wynikające z produkcji zwierzęcej (pasza, ściółka). Produkcja słomy w Polsce wynosi średnio 29,3 mln ton rocznie, przy nadwyżkach średnio 11,5 mln ton, co jest równoważne 7,7 mln ton węgla średniej jakości. Obecnie nadwyżki są przyorywane bądź palone na polach. Do wykorzystania energetycznego służyć może cała słoma rzepakowa [4,8].

W rejonach dominujących upraw zboża, rzepaku i roślin strączkowych mogą być one w znacznym stopniu wykorzystane energetycznie. Potencjał energetyczny słomy w kraju jest duży, a pełne wykorzystanie nadwyżek produkcji słomy może pokryć aż 4% zapotrzebowania Polski na energię pierwotną. Energia chemiczna 1 kg słomy o wilgotności 15% wynosi 14,3 MJ, co odpowiada energii zawartej w 0,81 kg drewna opałowego lub 0,41 m³ gazu ziemnego wysokometanowego. Pod względem energetycznym 1,5 tony słomy równoważne jest jednej tonie węgla średniej jakości. W Polsce słoma może być wykorzystana jako paliwo do ogrzewania mieszkań, budynków inwestorskich w gospodarstwach rolnych, jak i kotłowniach komunalnych. Słoma wykorzystywana do celów energetycznych musi spełniać określone wymagania technologiczne.

Najczęściej oceny jakości słomy dokonuje się na podstawie [3,4,6]:

- wartości opałowej,
- wilgotności,

- stopnia zwiędnięcia.

Wartość opałowia słomy jako paliwa energetycznego uzależniona jest od jej gatunku, wilgotności oraz techniki przechowywania. Bardziej wskazane jest użycie tzw. słomy szarej, czyli pozostawionej przez pewien czas po ścięciu na działanie warunków atmosferycznych, a następnie wysuszonej. Taki produkt charakteryzuje się nieco lepszymi właściwościami energetycznymi oraz mniejszą emisją związków siarki i chloru od słomy żółtej, czyli świeżo ściętej. Zbyt wilgotna słoma ma nie tylko mniejszą wartość energetyczną, lecz powoduje także większą emisję zanieczyszczeń podczas spalania. Dlatego ustala się normy, określające maksymalną dopuszczalną wilgotność słomy. Choć normy te są różne dla różnych urządzeń, najczęściej przyjmuje się, że wilgotność słomy powinna utrzymywać się w granicach 18–25%.

Rozwój sektora energetyki cieplnej wykorzystującej jako paliwo słomę tworzy bardzo korzystne warunki i możliwości dla ludności wiejskiej. Wiadomo, że obecnie istnieje na wsi bardzo wysokie, jawne i ukryte bezrobocie, a dochody rolników są bardzo niskie. Rozwój tej gałęzi energetyki pozwoli na tworzenie nowych miejsc pracy zarówno przy zbiorze i dostawach słomy, przy obsłudze kotłowni na słomę, jak i w przedsiębiorstwach produkujących kotły i urządzenia z nimi współpracujące.

Obecnie wyróżnia się trzy podstawowe technologie spalania słomy [10]:

- Cykliczne spalanie całych balotów słomy - kotły wsadowe.
- Spalanie słomy rozdrobnionej - kotły o ruchu ciągłym.
- Tak zwana cygarowa technologia spalania - kotły o ruchu ciągłym.

W tabeli 2 przedstawiono porównanie właściwości słomy żółtej i szarej z innymi paliwami.

Tabela 2. Porównanie właściwości słomy z innymi paliwami [opracowanie własne na podstawie 4,6,10]

Table 2. Comparison of the properties of straw relatively to other fuels
[the author's own research on the basis of 4,6,10]

Parametr	Jednostka	Słoma Żółta	Słoma szara	Węgiel	Gaz	Zrębki Drzewne
Wilgotność	% wag.	20	20	12	0,00	40
Zawartość popiołu	% s.m.	4	3	12	0,00	0,6-1,5
Zawartość węgla	% wag.	42	43	59	75	50
Zawartość tlenu	% wag.	37	38	7,30	0,90	43
Zawartość azotu	% wag.	0,34	0,41	1,00	0,90	0,30
Zawartość siarki	% wag.	0,16	0,13	0,80	0,00	0,05
Zawartość chloru	% wag.	0,55	0,20	0,08	---	0,02
Wartość opałowa	MJ/ kg.	15,40	16	25	48	10,4
Ciepło spalana	MJ/ kg.	18,20	18,70	32	48	19,4

3. WYKORZYSTANIE SŁOMY JAKO PALIWA W GMINIE WIENIAWA

3.1. KOTŁOWNIA ZLOKALIZOWANA NA TERENIE ZESPOŁU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH

Kotłownia na paliwo odnawialne – słomę w gminie Wieniawa zlokalizowana jest na terenie Zespołu Szkół Ogólnokształcących w Wieniawie przy ul. Szkolnej 6. Została uruchomiona w sezonie grzewczym 2000/2001 i była to wtedy pierwsza kotłownia na słomę. W budynku po garażu zainstalowano dwa kotły o mocy 500 kW każdy, typu RM 03 EKOPAL produkowane przez firmę METALERG w Oławie na licencji duńskiej firmy SELETEK i posiadające atest Duńskiego Instytutu Technologicznego [1].

Stan przed modernizacją

„Stara” kotłownia znajdowała się w piwnicach budynku szkolnego.

Wyposażona była w trzy kotły [1]:

- S7WC-218-3 - 2 szt., każdy o mocy 218 kW,
- UKS - 320 - 1szt., o mocy 320 kW.

Z trzech zamontowanych w kotłowni kotłów eksploatowany były tylko dwa kotły typu S7 WC-218-3. Kocioł UKS - 320 był wyłączony z użytkowania.

Zanieczyszczenia z kotłów wprowadzone były emitorem murowanym o parametrach: wysokość- 15,5m, przekrój - 0,5 x 0,6 m.

Kotłownia nie była wyposażona w urządzenia redukujące zanieczyszczenia. Opalana była węglem kamiennym. Roczne zużycie węgla kształtowało się na poziomie 234,5 Mg. Kotłownia pracowała tylko w sezonie grzewczym na potrzeby centralnego ogrzewania szkoły (tabela. 3).

Tabela 3. Emisja kotłowni przed modernizacją [1]

Table 3. The emission of the thermal power station before the modernization [1]

Zanieczyszczenia	Emisja maksymalna w kg/h	Roczna emisja Mg/rok
Pył	0,540	4,220
Dwutlenek siarki	0,384	3,000
Dwutlenek azotu	0,030	0,230
Tlenek węgla	1,350	10,55
Dwutlenek węgla	60,00	469,00

Stan po modernizacji

Modernizacja kotłowni polegała na zmianie rodzaju spalanego paliwa z węgla kamiennego na słomę. Wiązało się to z koniecznością budowy nowego budynku kotłowni oraz magazynu na słomę.

W kotłowni zmontowano dwa kotły typu RM 02 EKOPAL o łącznej mocy 1000 kW. Maksymalne zużycie słomy wynosi 150 kg/h. Planowane roczne zużycie słomy wynosić będzie 750 Mg. Każdy kocioł posiada komorę paleniskową, do której załadowywana jest bela sprasowanej słomy o wadze 200 kg. Po załadunku komorę paleniskową zamyka się. Bele podpala się przez specjalny otwór znajdujący się z tyłu kotła. Nowa bela może być załadowana do komory pale-

niskowej dopiero po spaleniu się poprzedniej. Zanieczyszczenia z kotłów wprowadzane są do powietrza dwoma osobnymi emitorami wykonanymi z blachy nierdzewnej. Parametry emitorów są jednakowe i wynoszą: wysokość 17,0 m, średnica 0,4 m.

Kotły zainstalowane są w budynku po garażu autobusu szkolnego o powierzchni 61 m² i kubaturze 256 m³ [1].

Każdy kocioł wyposażony jest we własną pompę obiegu kotłowego tłoczącą gorącą wodę do zbiornika akumulacyjnego o pojemności 30 m³ zainstalowanego w przybudówce przy kotłowni. Ze zbiornika gorąca woda tłoczona jest pompą obiegową (podwójną) poprzez preizolowany rurociąg ciepłowniczy do wymienników przepływowych typu JAD i umieszczonych w pomieszczeniach byłej kotłowni w podziemiach szkoły. Elementem zabezpieczającym przed wzrostem ciśnienia w obiegu otwartym jest naczynie zbiorcze.

Obieg zamknięty obejmuje przestrzeń ogrzewaną wymienników ciepła oraz kolektory zasilający i powrotny obiegów grzewczych.

Do kolektorów są podłączone cztery obiegi grzewcze [1]:

- obieg grzewczy budynku szkolnego,
- obieg grzewczy zaplecza hali sportowej,
- obieg ciepła technologicznego dla hali sportowej,
- obieg grzewczy domów nauczycielskich.

Magazyn paliwa o wymiarach 25 x 15 x 6 m, powierzchni całkowitej 375 m² ma możliwość magazynowania ok. 150 ton słomy na sezon. Zużycie słomy średnio z trzech sezonów grzewczych ok. 200 ton/sezon. Oprócz słomy w kotłowni spalana jest biomasa pochodząca z urządzonych terenów zielonych, takich jak parki, zieleń przydrożna, obejmuje ona pnie wyciętych drzew, gałęzie, które po odpowiednim rozdrobnieniu i wysuszeniu używane są w okresie największych mrozów.

Korzyści wynikające z uruchomienia kotłowni na słomę to: ekonomiczne – koszt eksploatacji jest kilkakrotnie niższy niż poprzedniej kotłowni węglowej. Widać jednoznacznie jak koszty eksploatacji decydują o wyborze kierunku inwestowania, społeczne – pieniądze za paliwo zostają na terenie gminy. Na terenie gminy corocznie rolnicy zbierają ok. 2 600 ton słomy. Dotychczas większość jej się marnowała. Część magazynowano, a czasami spalano na polach. Mimo że niewielkie, zyski za sprzedaną słomę pozwalają pokryć koszty zbiórki zboża z jednego hektara i jej zbelowanie w tzw. beloty o wymiarach 0,4 x 0,4 x 0,8 m [1]. Z rolnikami dostarczającymi słomę zawierane są umowy.

W okresie żniw rolnicy dostarczają zbelowaną słomę o wymaganej wilgotności do magazynu przy kotłowni. Pozostałą przechowują u siebie i dostarczają w miarę naszego zapotrzebowania. Ten sposób i fakt uzyskania niewielkich korzyści z czegoś, co kiedyś się marnowało jest chyba największym pożytkiem w zmianie świadomości społeczności lokalnej w podejściu nie tylko do zmiany ocen na temat lokalnych problemów ochrony środowiska, ale wzbudzeniu wiary i nadziei na lepsze jutro.

Dla określenia efektu ekologicznego modernizacji kotłowni istotne znaczenie ma porównanie emisji rocznej obliczonej dla okresu przed i po modernizacji. Emisję roczną przed i po modernizacji kotłowni przedstawia tabela 4.

Tabela 4. Emisja roczna przed i po modernizacji kotłowni [1]
 Table 4. The annual emission before and after the modernization of the thermal station [1]

Rodzaj zanieczyszczenia	Emisja maksymalna Mg/rok		Efekt ekologiczny w Mg/rok ($E_{\text{przed}} - E_{\text{po}}$)
	Przed	Po	
Pył	4,22	4,06	0,16
SO ₂	3,00	0,41	2,59
NO ₂	0,23	1,11	-0,88
CO	10,55	4,25	6,3
CO ₂	469,00	0,00	469,00

Z 200 kg spalanej słomy zostaje około 3 kg cennego nawozu. Porównując emisje roczna kotłowni przed i po modernizacji należy stwierdzić, że emisja pyłu, SO₂, CO, CO₂, po modernizacji wyraźnie spadła. Spadek ten wynosi: pył - 3,8%, SO₂ - 86,30%, CO - 59,7%, CO₂ - 100,0% [1].

Jedynie w przypadku dwutlenku azotu nastąpił wzrost emisji. Ww. liczby mówią same za siebie. Modernizacja kotłowni w sposób znaczący i odczuwalny wpłynęła na polepszenie czystości powietrza w tej części miejscowości. Tym bardziej, iż zmodernizowana kotłownia zastąpiła obiekt wysłużony, pracujący praktycznie bez urządzeń redukujących zanieczyszczenia.

3.2. SYSTEM CIEPŁOWNICZY EKSPLOATOWANY PRZEZ URZĄD GMINY WIENIAWA

We wrześniu 2004 r. na terenie gminy Wieniawa uruchomiono drugą kotłownię opalaną słomą, zbudowaną przez poznańską firmę GROS-POL Sp. z o.o. Jest ona punktem centralnym nowego systemu ciepłowniczego eksploatowanego przez Urząd Gminy Wieniawa. Do września 2004 roku. w Urzędzie Gminy pracowała mało sprawna i awaryjna kotłownia węglowa. W ramach inwestycji, została ona wyłączona z eksploatacji, a w jej pomieszczeniu zbudowano węzeł rozdzielczy ciepła. Przy budowie nowej kotłowni firma GROS-POL wykorzystwała nowoczesny, oparty na licencji duńskiej firmy Passat Energii, kocioł wsadowy na słomę, własnej produkcji. Charakteryzuje się on sterowanym elektronicznie nadmuchiemy powietrza do spalania oraz układem pomiaru zawartości tlenu w spalinach i temperatury spalin, korygującym w sposób ciągły proces podawania powietrza do kotła [1].

Konstrukcja kotłowni oparta jest na połączonych ze sobą: jednopiętrowym budynku kotłowni, wiacie magazynowej paliwa o powierzchni 300 m² i wysokości 6 m oraz zadaszonym placu manewrowym pozwalającym na komfortową obsługę kotłowni w każdych warunkach atmosferycznych. W hali kotłów posadowione są kotły wsadowe o mocach: 600 kW i 250 kW, pionowy zbiornik akumulacyjny i dwa kominy wsparte na tym zbiorniku. Rozwiązanie to pozwala znacznie zmniejszyć powierzchnię budynku, co wyraźnie obniżyło nakłady inwestycyjne. Zbiornik zapewnia ciągły odbiór ciepła z kotłów i stałą w czasie możliwość odbioru ciepła przez użytkownika instalacji. Kotły pozwalają na spalanie słomy w kostkach małych i dużych oraz w balotach. Dodatkową zaletą jest też możliwość spalania drewna kawałkowego, tektury, papieru itp. Elektroniczna kontrola procesu spalania zapewnia, że emitowane spaliny spełniają wszystkie rygorystyczne normy [1].

Efektom budowy kotłowni są [1]:

- znaczne zmniejszenie emisji gazów szkodliwych do atmosfery,

- zerowy bilans w produkcji, CO₂ - spalane jest paliwo odnawialne,
- zmniejszenie kosztów produkcji ciepła poprzez zwiększenie ogólnej sprawności energetycznej kotłowni i używanie tańszego paliwa,
- stworzenie nowych miejsc pracy przy transporcie słomy do kotłowni.

Na uwagę zasługują także bardzo niskie koszty eksploatacji (pobór mocy elektrycznej w kotłowni wynosi tylko 8 kW, dla porównania: w kotłowni węglowej 20 kW, a w kotłowni na słomę z automatycznym podawaniem rozdrobnionej słomy 55 kW). Koszty utrzymania są niewielkie dzięki prostej konstrukcji i brakowi części ruchomych i szybko zużywających się.

Oferowane przez firmę GROS-POL kotły wsadowe na słomę charakteryzują się jeszcze jedną, może najważniejszą cechą. Kotły można zainstalować nie tylko w budynku kotłowni, ale też w postaci wolnostojącej. Kotłownia taka składa się z kotła, umieszczonego nad nim zbiornika akumulacyjnego ciepła, a jeszcze wyżej naczynia wzbiorczego.

Wszystkie trzy elementy są razem zabudowane, tworząc estetyczny domek o dwuspadowym dachu i dowolnej kolorystyce, który może wpisać się w otoczenie. Zaletą tej wersji jest krótki czas montażu i niewielka zajmowana powierzchnia. Taka kotłownia kontenerowa doskonale sprawdza się jako źródło ciepła do ogrzewania różnego rodzaju obiektów: od budynków indywidualnych po przemysłowe (np. ферmy drobiu, hale produkcyjne, szklarnie, pieczarkarnie itp.). Kotłownia doskonale wpisuje się, zatem w rolniczy pejzaż regionu. Zapewnia możliwość sprzedaży słomy przez okolicznych rolników, zatrzymując pieniądze przeznaczone na paliwo w gminie. Stwarza nowe miejsca pracy związane ze zbiorem i dowozem słomy. Ożywia lokalną działalność gospodarczą i pozwala na racjonalne zagospodarowanie odpadów.

4. WNIOSKI

Na podstawie dokonanej w pracy analizy problematyki wykorzystania biomasy w Polsce na przykładzie kotłowni opalanej słomą w Gminie Wieniawa można sformułować następujące wnioski i spostrzeżenia:

Wnioski dotyczące potencjału technicznego oraz rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce:

- Krajowy potencjał techniczny odnawialnych źródeł energii jest porównywalny z potencjałem technicznym krajów Unii Europejskiej. Różnic mogą się potencjały techniczne poszczególnych rodzajów energii w naszym kraju i w państwach członkowskich.
- Rozwiązania systemowe wspierające rozwój odnawialnych źródeł energii funkcjonują w Unii Europejskiej od piętnastu lat. W naszym kraju dopiero od niedawna zaczyna się prowadzić działania mające na celu wsparcie rozwoju energetyki odnawialnej, dlatego trudno jest do 2010 roku osiągnąć cel postawiony przez Unię Europejską.
- W związku z dużym opóźnieniem we wprowadzaniu w kraju mechanizmów wspierających odnawialne źródła energii, pierwszy okres tj. do roku 2010, realizacji strategii należy traktować jako czas wprowadzania zaproponowanych rozwiązań, oceny tych rozwiązań oraz ich weryfikacji.
- W pierwszym okresie realizacji strategii opracowane zostać muszą programy rozwoju poszczególnych rodzajów energii odnawialnej. Wdrożenie tych programów jest ważnym elementem realizacji strategii rozwoju energetyki odnawialnej. W początkowym okresie powinno wzrastać, przede wszystkim wykorzystanie biomasy.
- Podjęte działania powinny doprowadzić, co najmniej do udziału energii odnawialnej w bilansie paliwowo-energetycznym kraju w perspektywie roku 2020 na poziomie 14%.

Wnioski dotyczące wykorzystania słomy jako alternatywnego źródła energii cieplnej:

- nadwyżka 15 mln ton słomy w Polsce wykorzystana do celów grzewczych i energetycznych może zastąpić ponad 12 mln ton rocznie węgla gorszej jakości, co zredukuje emisję, CO₂ o 30 mln ton rocznie (jest to tyle, CO₂ ile asymiluje 30 mln ha lasu)
- słoma powinna stanowić poważne źródło energii nie wpływające ujemnie na efekt cieplarniany pod warunkiem utrzymania jej wilgotności na poziomie nie wyższym niż 25%.
- podczas spalania słomy nie wydzielają się tlenek węgla, wzrasta sprawność spalania i nie pojawiają się problemy z podawaniem paliwa do kotła,
- zastosowanie słomy zmniejsza koszty produkcji ciepła i wpływa dodatnio na poziom życia ludności lokalnej,
- zastosowanie słomy poprawia opłacalność produkcji rolniczej i znacznie zmniejsza zagrożenie pożarowe,
- przy wykorzystaniu słomy otwierają się możliwości rozpoczęcia upraw roślin energetycznych poprawiających wydajność z hektara,
- stworzone zostaną liczne stałe miejsca pracy na wsi i małych miasteczkach oraz nastąpi aktywizacja środowiska,
- w krajach o większym doświadczeniu w wykorzystaniu biomasy do celów energetycznych z 1 ha utrzymuje się od 15-20 ton biomasy o kaloryczności 15 MJ/kg w Polsce otrzymuje się od 3-5 ton z hektara,
- w 2008 roku słoma mogłaby dostarczyć 237 PJ (5% zapotrzebowania gospodarki w energię), niestety w Polsce wykorzystuje się nadal od 1,5%-2% energii z biomasy,
- należy zmniejszyć koszty inwestycyjne, które są wysokie, ponad dwukrotnie większe niż przy kotłowni na gaz,
- aby myśleć o masowym wykorzystaniu słomy należy we właściwy sposób przygotować montaż finansowy inwestycji,
- rząd RP powinien stworzyć dogodne formy finansowania inwestycji zwłaszcza dla rolników, których zdolność kredytowa jest generalnie niezadowolająca.

Zalety wykorzystania słomy jako źródła energii cieplnej w Gminie Wieniawa:

- znaczne zmniejszenie emisji gazów szkodliwych do atmosfery: CO₂, SO₂, NO_x,
- zerowy bilans w produkcji, CO₂ – spalane jest paliwo odnawialne,
- wykorzystanie słomy powoduje redukcję palenia słomy na polach, co pozwala na uniknięcie wielu pożarów i degradacji naturalnego środowiska,
- kotłownia posiada wysoką sprawność energetyczną urządzeń grzewczych,
- zmniejszenie kosztów produkcji ciepła poprzez zwiększenie ogólnej sprawności energetycznej kotłowni i używanie tańszego paliwa,
- zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych, zmniejszenia nakładów na robociznę przy obsłudze kotłów na słomę są one mniejsze niż przy kotłowniach tradycyjnych opalanych węglem,
- stworzenie nowych miejsc pracy przy transporcie słomy do kotłowni.

Przebudowa systemu ciepłego wpłynęła również znacząco na środowisko naturalne. W znaczący sposób, bo aż o 60% ograniczona została emisja szkodliwych związków chemicznych i pyłów do atmosfery, co ma wpływ na zmniejszenie zachorowań dróg oddechowych oraz ochronę licznych zabytków klasy zerowej położonych na terenie miasta.

5. LITERATURA

1. Biuletyn informacyjny. Gminy Wieniawa, Wieniawa 2007.

2. Hrynkiewicz A.: Skąd brać energię? „Wiedza i życie” Warszawa 2000.
3. Lipski R., Orliński S., Tokarski M.: Energetyczne wykorzystanie biomasy na przykładzie kotłowni opalanej słomą we Fromborku, Zeszyty Naukowe Motrol, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 8A s. 202, Lublin 2006. ISSN 1730-8658.
4. Niedziółka I., Zuchniarz A.: Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 8A s. 232, Lublin 2006, ISSN 1730-8658.
5. Osiak J., Skulimowski J., Izdebski W.: Możliwości pozyskania biomasy pochodzenia rolniczego na potrzeby energetyki zawodowej w Polsce, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 11 s. 138, Lublin 2009, ISSN 1730-8658
6. Przywara A., Kachel-Jakubowska M., Nowak J.: Ocena zbioru słomy na podstawie wybranych technologii, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 12 s. 132, Lublin 2010, ISSN 1730-8658
7. Praca zbiorowa „Strategia rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce”, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2000.
8. Rocznik statystyczny 2005, GUS Warszawa, Warszawa 2006.
9. www.eko-system.com.pl, „Energia odnawialna”, Eko-System, 2010.
10. www.hgsp.pl/biomasa.htm. 2010.

USING BIOMASS AS THE RENEWABLE ENERGY IN POLAND ON THE EXAMPLE OF THE THERMAL POWER STATION HEATED WITH STRAW AT THE WIENIAWA COMMUNE

Summary. In the article problems concerning using biomass as the renewable energy were presented on the example of the thermal power station heated with straw at the Wieniawa local government. As a result of the realization of the project significant economic and ecological effects were obtained.

Key words: renewable energy, biomass, straw, environmental protection.

OPTIMIZATION OF OIL PRESS PARAMETERS

Kovalyshyn S.Yo.*, Tomjuk V.V.**

*candidate of technical sciences, assistant professor, **assistant
Lviv National Agrarian University

Summary. The influence of pressing process parameters on the completeness of oil separation has been researched. With the help of multifactor experiment the dependence was determined of oil output on area of openings for oil cake withdrawal, turn pitch of auger shaft and rotation frequency. The given parameters of the researched functions have been optimized.

Key words: auger press, plant oil, pressing process, turn pitch of auger shaft, rotation frequency, area of openings for oil cake withdrawal.

PROBLEM DETERMINATION

The increasing demand on oil crops and products of their processing on domestic and external markets in the latest years has allowed to expand their cropping areas by three times and give them an appropriate place in the structure of crops. It provides an opportunity to direct the plant oil resources to nutritive and technical aims, and also provide the farm animals with feed proteins.

Plant oils are made by the pressing of seeds of oil-bearing raw, using auger presses. The completeness of oil press, energy costs of the process, productivity of press etc., mainly depend on the pressing regimes, its constructive parameters and geometrical sizes. The given arguments provide the basis for the experimental researches and for the optimization of oil press parameters.

The analysis of the latest publications: At a given period of time in oil and fat industry there have been two methods of getting oil out of seeds of oil-bearing crops: mechanical – pressing of seeds on auger presses and chemical – extraction of flesh with the help of solvents [1, 3, 5]. These two methods are realized in three technological schemes:

1) single pressing 2) double pressing 3) pressing and extraction. All of them are realized by using pressing.

The pressing is carried out on single and double actions [1, 4]. In the result of the realization of this process the pressing and separation are conducted of the liquid phase of oil-bearing raw from the solid one [1, 4, 6]

Having analyzed the physical meaning of the process of pressing of oil out of oil-bearing raw [4], one can state that the main factors which influence the completeness of its separation are: accumulation degree and the size of pressure in the pressing chamber, location, form and area of hydraulic openings of oil outlet, constructive parameters and geometrical sizes of auger shaft;

rotation frequency, etc. [7]. The efficiency of pressing depends on the optimal meanings which can be grounded by the experimental way of multifactor experiments.

TASK SETTING

The aim is to increase the efficiency of the process of pressing of oil-bearing crops seeds thanks to the optimization of technological and constructive parameters of auger press.

METHODOLOGY OF RESEARCHES

The achievement of researches has been conducted by multifactor experiment as for the determination of the influence of some parameters of pressing process - turn pitch of auger shaft h , area of openings for oil cake withdrawal s and rotation frequency of auger shaft ω on the completeness of oil extraction q .

Experiments have been conducted using the improved construction of auger press Auger Oil Press-1, the constructive form of which is given in Fig. 1.

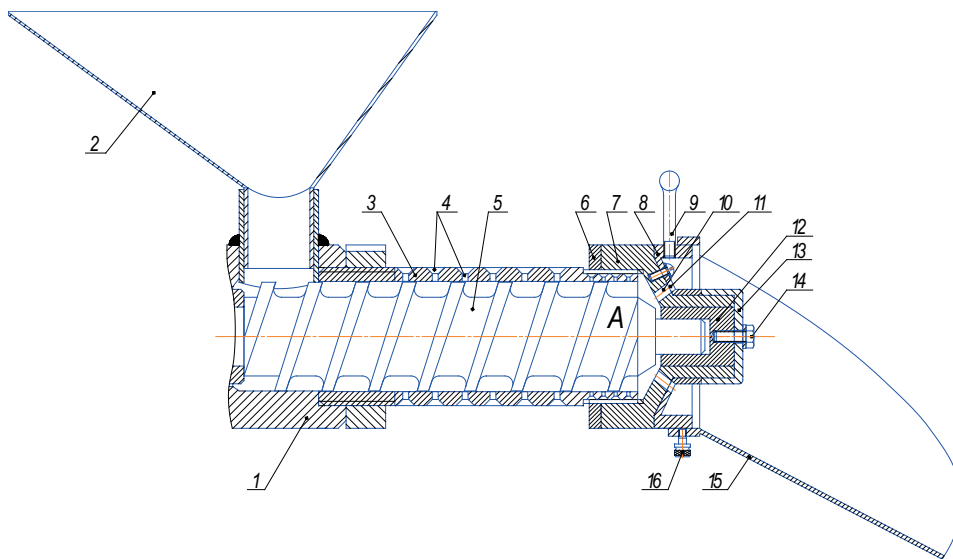


Fig. 1. The constructive scheme of the improved construction of auger press Auger Oil Press-1
 1 – frame; 2 – bunker; 3 – hydraulic chamber; 4 – openings for oil; 5 – auger shaft; 6 – lock nut;
 7 – lock cone; 8 – regulating cone; 9 – lever; 10,11 – openings for oil cake withdrawal;
 12 – bearing bushing; 13 – fixing cowl; 14 – screw-bolt; 15 – tray of oil cake withdrawal; 16 – screw.

It is known that the generalized result of multifactor experiment is equation of regression and when we are researching it for the extreme, one can optimize the meaning of the researched parameters. In our case, for the development of an equation and determination of its coefficients, one can use the three-layered plan of the second range of Box-Benkin [8]. According to it, one should determine zero levels of the researched parameters. Taking into account the methodology of experimental data [2, 8] and the construction of the improved sample of experimental press, the

following were determined: turn pitch of auger shaft $X_{10} = 22$ mm; area of openings for oil cake withdrawal $X_{20} = 109$ mm²; rotation frequency of auger shaft $X_{30} = 45$ min⁻¹. For every parameter, the intervals for variance were determined. The pressing regimes or, in other words, the conditions of experiment conducting were determined (Table 1).

Table 1. Results of the coding of researched parameters of press

Factors and units of measurement	The usual sign	The encoded sign	Interval of varying	Levels of variance					
				usual			encoded		
				Uppers(+1)	Zero (0)	Lower (-1)	upper (+1)	Zero (0)	Lower (-1)
Turn pitch of auger shaft(h), mm	X_1	x_1	2	24	22	20	+1	0	-1
Area of openings for oil cake withdrawal (s), mm ²	X_2	x_2	20	129	109	89	+1	0	-1
Rotation frequency of auger press, (ω), min. ⁻¹	X_3	x_3	30	75	45	15	+1	0	-1

Experiments were conducted using seeds of winter rape of Danhal sort with the moisture 7%. Single auger shafts (Fig. 2) with the changing turn pitch were set up on the press. The form of their riffle was done in the form of circle segment.

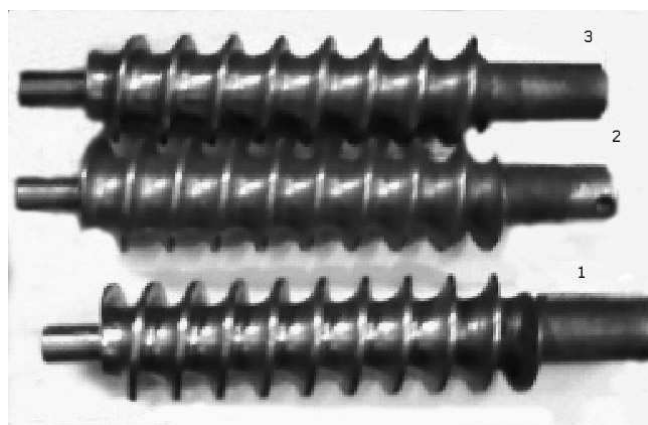


Fig. 2. Constructions of auger shafts

1,2,3 – turn pitch of shafts, according to 20mm, 22mm, 24 mm.

Rotation frequency of auger shaft was changed with the help of frequency converter of current power of electric engine.

The quantity of the pressed oil was been measured by the measuring cylinder. Time of pressing of every portion of rape seed was fixed by mechanical stop-watch.

Experiments were conducted in the following succession: in the bunker, the probe sample of rape seeds of 100 cm³ was given, area of openings for oil cake withdrawal and appropriate rotation frequency of auger shaft of a particular pitch were determined and the pressing of winter rape seeds was conducted. The time was controlled and the quantity of pressed oil measured. The experiment was repeated three times. Later, the auger shaft was changed and, analogically, the following experiments were conducted.

MATERIAL AND METHODS

Having conducted the multifactor experiment, we determined the influence of regulated parameters - turn pitch of auger shaft, rotation frequency and area of openings for oil cake withdrawal from the oil outlet.

The results of the experiment were expressed as the mathematical model of a polynomial or equation regression. For the full factorial quadratic, the equation has the form[17]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (1)$$

where b_0, b_1, b_2, b_3 – coefficients corresponding values for x . Determining the regression coefficients and their values substituted into the formula (1), we received full quadratic oil yield:

$$y_o = 32,21 - 2,61x_1 - 0,33x_2 - 6,37x_3 + 0,3x_1x_2 - 0,3x_1x_3 - 0,25x_2x_3 - 2,66x_1^2 - 3,46x_2^2 - 2,04x_3^2. \quad (2)$$

The significance of regression coefficients can be evaluated using the Student criterion. At the confidence level equal to $p = 0,95$ and number of degrees of freedom of variance adequacy $f_y = n(m_0 - 1) = 15(3 - 1) = 30$ tabulated Student criterion is $t_{T(0,95;30)} = 2,0423$ [2, 17]. Regression coefficients are significant under the following condition:

$$b_j \geq \pm t_{T(p; f_y)} S_{b_j} \quad (3)$$

Where: $t_{T(p; f_y)}$ - tabulated Student's criterion,

S_{b_j} - Deviation of regression coefficients.

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{1,09}{15}} = 0,07.$$

Under these conditions, the statically significant regression coefficients for oil yield should satisfy the condition: . After analysis of equation (2) it can be argued that all regression coefficients are significant. In this case, you can switch between the coded values of factors X_1, X_2 and X_3 in equation (2) to their natural values:

$$y_o = -345,95 + 27,36x_1 + 1,72x_2 + 0,1471x_3 + 0,0075x_1x_2 - 0,005x_1x_3 - 0,0004x_2x_3 - 0,665x_1^2 - 0,0087x_2^2 - 0,0023x_3^2. \quad (4)$$

Table 2. Results of multifactor experiment

№ п/п	Meaning of encoded factors			Oil output, мл			
				Repetition			Medium mean
	x_1	x_2	x_3	1	2	3	\bar{y}_u
1	-1	-1	0	29,06	28,90	28,95	28,97
2	1	-1	0	23,56	23,50	23,30	23,45
3	-1	1	0	28,57	28,20	28,58	28,45
4	1	1	0	23,07	23,60	23,40	23,36
5	-1	0	-1	36,63	36,90	36,10	36,54
6	1	0	-1	31,12	31,70	31,50	31,44
7	-1	0	1	23,57	23,80	23,40	23,59
8	1	0	1	18,07	18,30	18,50	18,29
9	0	-1	-1	33,82	33,70	33,20	33,57
10	0	1	-1	32,00	32,10	32,90	32,33
11	0	-1	1	20,77	20,90	20,75	20,81
12	0	1	1	19,00	19,90	19,80	19,57
13	0	0	0	32,40	32,45	32,51	32,45

Investigate the equation (4) adequacy by the Fisher criterion. It is adequate, if this criterion is met at 5% level of significance:

$$F_{\text{поп.}} = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F_{\text{табл.}}(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (5)$$

where: S_{ad}^2 - dispersion of adequacy,

S_y^2 - variance of reproducibility,

f_{ad}, f_y - degree of freedom, respectively, variances of adequacy and reproducibility.

In our case $f_{ad} = 15 - 3 - 1 = 11$; $f_y = 15 \cdot (3 - 1) = 30$, tabulated according to Fisher's criterion [2, 19] when the number of degrees of freedom of adequacy $f_{ad} = 11$ and reproducibility $f_y = 30$ variances is 2.12.

Dispersion of the adequacy $S_{ad}^2 = \frac{1}{11} \cdot 1,4878 = 0,1352$, $S_y^2 = \frac{1,093}{15} = 0,072$, reproducibility variance are equal to .

Under these conditions, the Fisher criterion is calculated as $F_{\text{поп.}} = \frac{0,135}{0,072} = 1,875$ and the received value is lower than the table space that suggests the adequacy of the obtained regression equation. To optimize the process parameters of pressing rape seeds we have constructed the response surface. For this regression the equation (2) was used and the software Statistica 8.0. Regression equation according to oil yield from the step turns of the square holes is as follows:

$$q = 32,21 - 2,61x_1 - 0,33x_2 - 2,66x_1^2 + 0,3x_1x_2 - 3,46x_2^2. \quad (6)$$

As seen from the equation, among the factors a greater impact on oil output has the step of revolutions, because its regression coefficient is higher. Response surface is shown in Fig. 3.

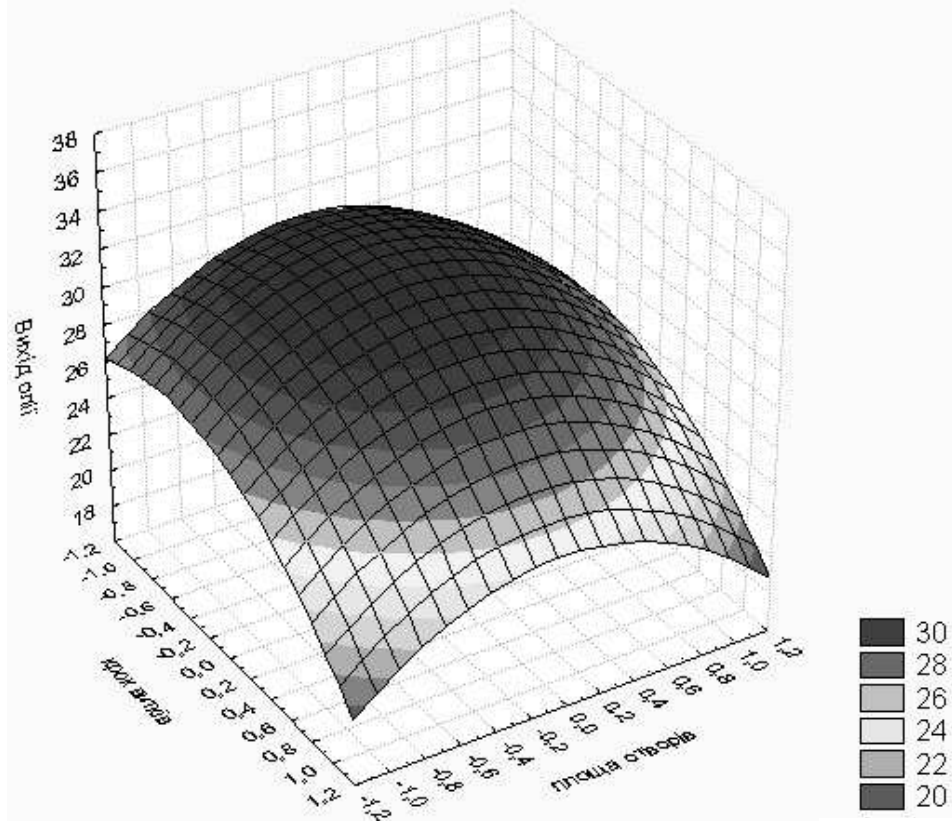


Fig. 3. Dependence of oil yield from the square holes and step turns

Analysis of the response surface shows that the biggest oil output 32% achieved by revolutions step $h = 21$ mm, square openings at diverting meal $s = 89$ mm². We also obtained the regression and response surface (Fig. 3) dependence on oil yield rotational screw shaft and its step turns.

$$q = 32,21 - 2,61x_1 - 6,37x_3 - 2,66x_1^2 - 0,3x_1x_3 - 2,04x_3^2. \quad (7)$$

Of these the factors, the significant one for the yield of oil is speed screw shaft.

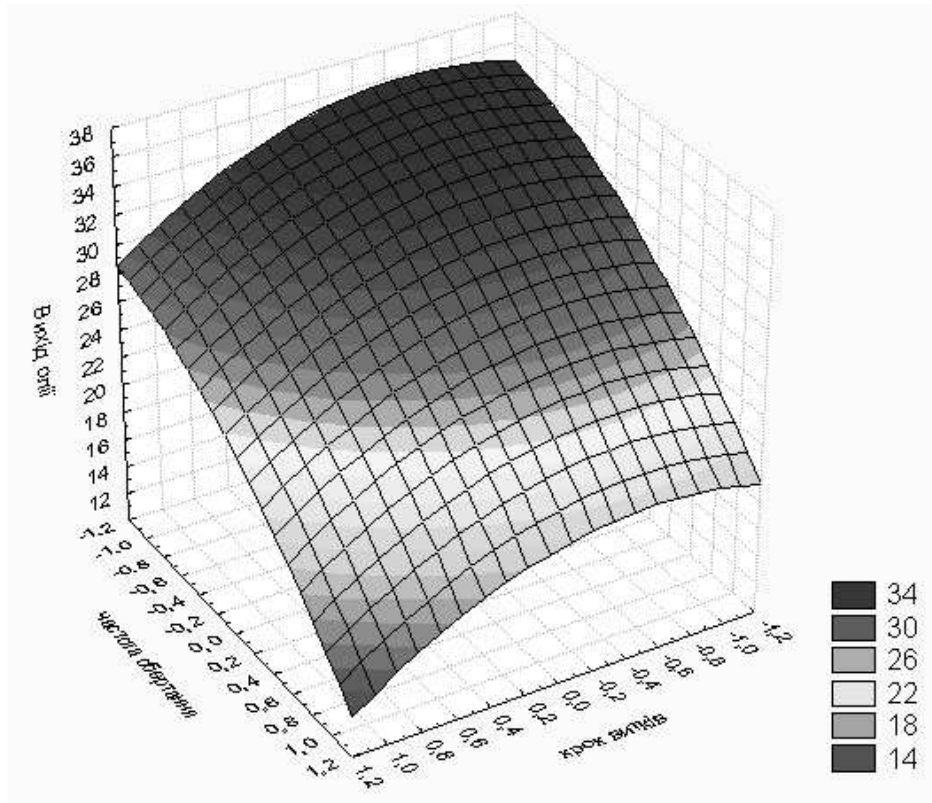


Fig. 4. Dependence on oil yield rotational screw shaft and step turns

(Fig. 4) shows that from the response surface 36% oil yield can be obtained by reducing the frequency of rotation to $n = 15 \text{ min}^{-1}$ and the use of screw shaft revolutions step ($h = 21 \text{ mm}$). Regression equation and response surface in Fig. 4 depending on oil yield from the area of drainage holes cake and rotational screw shaft is presented below:

$$q = 22,63 - 0,33x_2 - 6,37x_3 - 3,46x_2^2 - 0,25x_2x_3 - 2,04x_3^2. \quad (8)$$

Analysis of the equation shows that among these, the most influential factor is the speed screw shaft, which has the regression coefficient of 6.37.

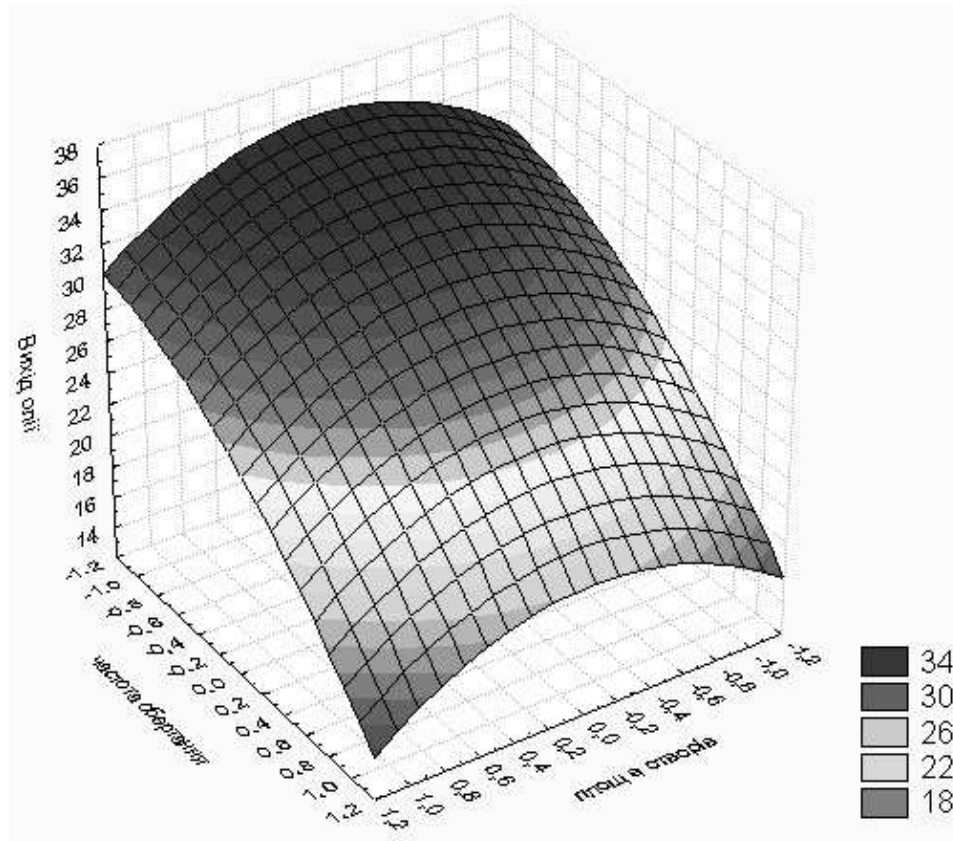


Fig. 5. Dependence on oil yield rotational screw shaft and square holes for drainage cake

It is evident from the analysis and design, shown in Fig. 5. The maximum 36% oil can be obtained from the discharge area, the removed cake $s = 89 \text{ mm}^2$ and the rotation frequency:

$$n = 15 \text{ min}^{-1}.$$

To optimize the investigated parameters we have studied the regression equation (2) extreme. The result revealed that the biggest oil output ($q = 36\%$) for improved screw press Auger Oil Press-1 is provided with the screw shaft rotation frequency $\omega = 5,12 \text{ min}^{-1}$, the turns pitch $h = 21,18 \text{ mm}$ and square openings allotment of meal $s = 107,99 \text{ mm}^2$.

CONCLUSIONS

1. Most common technical means to obtain oil from seed crops is the oil-containing screw press.

2. Oil screw press efficiency is affected by its technology and design parameters. Determination of their optimal values can be experimentally conducted by multifactor experiment to determine their impact on oil output.
3. Analysis of the regression equation derived from the implementation of multifactor experiment allows to say that the biggest oil output ($q = 36\%$) for improved screw press Auger Oil Press-1 is provided with the screw shaft rotation frequency $\omega = 5,12 \text{ min}^{-1}$, turn step $h = 21,18 \text{ mm}$ square holes and removed cake $s = 107,99 \text{ mm}^2$.

REFERENCES

1. V.V. Beloborodov The total equation of the process of squeezing in the production of vegetable oils // Tr. VNIYZhyrov / V.V. Beloborodov - L., 1959 - № XIX - with. 374-378.
2. Vedenyapin G.V. The total experimental methods and data processing experimental Research Data [Text] / G.V. Vedenyapin - M: Kolos, 1976, p. -159.
3. Vernoy. G. Methods of Continuous processing of seeds of oilseeds. G. Vernoy - L.: VNIYZH, 1959. - 359 sec.
4. Voznesensky V.A. Statysticheskye methods for planning EXPERIMENT in techno-economic studies the [Text] / V.A. Voznesensky. - MI Statistics, 1974 - 175s.
5. Wolf VG Statysticheskaya Data Processing experimental [Text] / VT Wolf. - M.: Kolos, 1966. - 254s.
6. Gudzenko MM Machine production technology of vegetable oils in a farm low power / MM Gudzenko // Scientific Bulletin of National Agricultural University. - Kyiv: NAU, 2007. - Issue 107. - S.348-355.
7. Holdovskyy AM Theoretical base production of vegetable oils / AM Holdovskyy - Moscow: Pyschepromyzdat, 1958. - 496p.
8. Gritsenko, V.T. Technology and oil seed processing line using the extruding method of extraction of oil / V.T. Gritsenko, U. Duryin, Scientific and Technical Bulletin of the Institute of oilseed agriculture. - Berlin: IEC Agrarian Sciences, 2002. - Vol. 7. - S.181-183.
9. Declarations. Pat. a useful model number 31 622 U Ukraine, IPC V30V 9 / 12 (V30V 9 / 18). Screw press for oil extraction / RS Shevchuk, V. Tom'yuk; applicant and patentee Lviv State Agrarian University. - Publ. 02.01.2008, Publ. 04.10.2008, Bul. № 7. - 4.
10. Dospheov B.A. Planning of Field Experience and statistic Data Processing ego [Text] / BA Dospheov. - M.: Kolos, 1972. - 207 sec.
11. Zarembo, GV study managinging pressed vegetable oils in screw presses: Thesis. Dis. candidate. Engineering. Science. / G.V. Zarembo - Krasnodar, 1962. - 36.
12. Kychyhyn VP Technology and production control of oil production / V.P. Kychyhyn. - Moscow: food processing industry, 1976. - 359s.
13. Kovalyshyn S.Yo. Impact factors pressing for release of rapeseed oil // Bulletin of Sumy NAU "Mechanization and automation of production processes / S.Yo. Kovalyshyn, V. Tom'yuk. - Vol. 2. (18), 2008.
14. Kopeykovskyy V.M. Technology production of vegetable oils / Ed. V.M. Kopeykovskoho, SI Danilchuka. - Moscow: Light food and industry. - 1982. - 415s.
15. AL Markman Fundamentals oil and butter production / A.L. Markman, A. N. Hlushenkova. - Moscow: food processing industry, 1965. - 279 sec.
16. Maslykov V.A. Technological equipment production of vegetable oils / V.A. Maslykov - M.: "food processing industry", 1966. - 439s.

17. Mel S. EXPERIMENT planning of the agricultural studies the processes [Text] / S. Melnikov, V.R. Aleshkyn, P.M. Roshchin. - L.: Kolos, 1972. - 199 sec.
18. Guide to obtain technology and processing of vegetable oils and fats, ed. A.G. Sergeyev. - L.: VNYYZH. - Volume I. - Book 2 - 1975. - P. 727.
19. Rumshynskyy L.Z. Mathematics, Processing of results EXPERIMENT / Rumshynskyy L.Z. - M.: Nauka, 1971. - 192p.
20. Tom'yuk V. Screw press for oil pressing / Kinematics Lugansk NAU "Engineering" / V.V. Tom'yuk, R. Shevchuk - № 91, 2008. - Kiev: "Elto-2, 2008. - With. 253-254.

OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW PRASY OLEJOWEJ

Streszczenie. Badano wpływ parametrów procesu prasowania na proces oddzielania oleju.

Przy pomocy wieloczynnikowego eksperymentu określono zależność produkcji oleju od wielkości otworów do usuwania makuchów, ustawienia wysokości wału ślimaka i częstotliwość obrotów. Uzyskano optymalne parametry dla badanych funkcji.

Słowa kluczowe: ślimak prasy, olej roślinny, proces tłoczenia, wysokość wału ślimaka, częstotliwość obrotów, powierzchnia otworów do usuwania makuchów.

TENDENCJE ROZWOJOWE URZĄDZEŃ I MASZYN DO ZBIORU JABŁEK

Józef Kowalczyk, Janusz Zarajczyk

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Maszyn Ogrodniczych i Leśnych

Streszczenie. Dokonano przeglądu obecnie stosowanych sposobów zbioru jabłek. Podano główne powody braku zmechanizowania zbioru jabłek deserowych. Przedstawiono budowę wybranych pomocniczych urządzeń i maszyn stosowanych przy ręcznym zbiorze jabłek przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji i do przechowywania oraz określono ich wpływ na wydajność zbioru oraz polepszenie ergonomii pracy. Opisano zmechanizowany zbiór jabłek przeznaczonych dla przetwórstwa. Przedstawiono budowę i działanie robota do zbioru jabłek deserowych.

Słowa kluczowe: jabłka, zbiór, pomocnicze urządzenia i maszyny, mechanizacja zbioru.

WPROWADZENIE

Rozwój techniki ogrodniczej sprawia, że obecnie zbiór jabłek przestaje być jedną z najbardziej pracochłonnych czynności w produkcji sadowniczej.

Istnieją trzy główne powody, braku zmechanizowania zbioru jabłek. Pierwszy z nich to podatność jabłek na mechaniczne uszkodzenia, które mogą powodować duże straty podczas przechowywania owoców. Drugi powód wynika z faktu, że ponad 50% całkowitej produkcji jabłek stanowią owoce deserowe, które muszą być bardzo wysokiej jakości. Stosunek między ceną jabłek deserowych i przeznaczonych na przetwory wynosi jak 1:0,2-0,3 i jest mniej korzystny w porównaniu z innymi gatunkami owoców. Trzeci powód związany jest z wydajnością pracy przy ręcznym zbiorze jabłek, która jest około 10-20 razy większa w porównaniu do ręcznego zbioru owoców pestkowych i jagodowych. Dlatego maszyna do zbioru jabłek powinna uzyskać wydajność około $8 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$, aby zbiór mechaniczny był tańszy od zbioru ręcznego [Kowalczyk, Bieganski 2000, Pieniążek i in. 1986, Zaliwski 1984].

W związku z brakiem mechanizacji zbioru jabłek deserowych poszukuje się pomocniczych narzędzi i maszyn, które umożliwiają zwiększenie wydajności ręcznego zbioru owoców, przy jednoczesnym ograniczeniu jego uciążliwości [Kowalczyk, Bieganski, 2000, Makosz, 2004, Pieniążek i in. 1986]. Stosowanie pomocniczych narzędzi i maszyn przy ręcznym zbiorze jabłek ułatwia również organizację zbioru i transportu owoców [Mika 2000, Pieniążek i in. 2000].

Dotychczas zmechanizowano zbiór jabłek przeznaczonych dla przetwórstwa. Szansą na zmechanizowanie zbioru jabłek deserowych mogą być autonomiczne roboty spełniające oczekiwania jakościowe.

METODY ORAZ POMOCNICZE NARZĘDZIA I MASZYNY DO ZBIORU JABŁEK

Przy ręcznym zbiorze jabłek deserowych w małych sadach stosuje się proste narzędzia pomocnicze takie jak: pojemniki do zbioru typu „zbieracz” i „frubox”, podesty i drabiny sadownicze. W dużych sadach w coraz większym stopniu wykorzystywane są samobieżne platformy i maszyny typu „Pluk-O-Trak”(tab.1).

Tab. 1. Zalety i wady narzędzi i maszyn stosowanych przy ręcznym zbiorze jabłek
Tab. 1. Advantages and disadvantages of machines and equipment used for manual collection of apples

Narzędzia i maszyny pomocnicze	Zalety	Wady
Pojemnik typu „zbieracz”	pojemnik w zasięgu ręki, zbiór oburęczny	obciążenie zbieranymi owocami, nieprzydatny dla osób słabszych
Pojemniki typu „frubox”	brak obciążenia zbieranymi owocami, możliwość zatrudnienia osób słabszych	duża odległość od miejsca zbioru do pojemnika, zbiór jednoręczny (niska wydajność)
Samojezdna platforma	przydatna do zbioru z wysokich drzew, współpracuje z pojemnikami typu „frubox”	wysoka cena
„Pluk-O-Trak”	zbiór od razu na przenośniki, mała uciążliwość zbioru, ograniczenie uszkodzeń owoców	wymaga dużej liczby osób do zbioru, wysoka cena

Wybór pomocniczych środków przy organizacji ręcznego zbioru jabłek powinien następować po szczegółowej analizie potrzeb oraz możliwości gospodarstwa. Platformy i plukotraki zapewniają wydajny i łatwiejszy zbiór owoców, jednakże w małych gospodarstwach zakup tych drogiej urządzeń przyniósłby tylko straty, natomiast organizowanie zbioru na plantacjach wielkotowarowych przy użyciu prostych narzędzi wpływałoby na zmniejszenie wydajności i opłacalności produkcji (tab.2).

Tab. 2. Wydajność zbioru jabłek przy zastosowaniu różnych sposobów zbioru
Tab. 2. Productivity of apples collection by means of two different collection methods

Rodzaj zbioru	Wydajność, kg·h ⁻¹
Pojemniki do zbioru typu „zbieracz”	200
Przyczepy i platformy	250*
Maszyna typu „Pluk-O-Trak”	9000**
Maszyna do zbioru jabłek przemysłowych z ziemi	7000

* w zależności od typu platformy i ilości osób zbierających

** maszynę obsługuje 6 zbieraczy

Z tabeli 2 wynika, że zastosowanie przyczep, platform sadowniczych i maszyn „Pluk-O-Trak” do ręcznego zbioru jabłek deserowych oraz maszyn do zbioru jabłek przemysłowych wpływa na

znaczne zwiększenie jego wydajności. Poziom uszkodzeń jabłek przy zmechanizowanym zbiorze jest zbyt wysoki dla owoców deserowych ale dopuszczalny dla jabłek przemysłowych.

Jabłka przeznaczone na soki zbiera się maszyną pracującą z prędkością około $3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, której wydajność wynosi około $60\text{-}70 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. Maszyna ta podbiera z ziemi owoce otrząśnięte z drzew za pomocą otrząsaczy. Jeśli jabłka przeznaczone są na kompoty, w których widoczne są kawałki owoców, ich jakość musi być większa. Do zbioru stosuje się wówczas maszyny wyposażone w urządzenia amortyzujące siłę spadania jabłek w koronie drzew. Aby w jeszcze większym stopniu zmniejszyć uszkodzenia owoców, stosuje się specjalne kształty koron drzew poprzez odpowiednie ich formowanie [Kawecki, Kryńska, 1994, Pieniążek i in. 1986].

Samojedna platforma (fot. 1). przystosowana jest do ręcznego zbioru owoców do skrzyniopalet w ciągłym ruchu, również w sadach położonych na zboczach. Można ją też wykorzystać do prześwietlania koron drzew, przeredzania zawiązków owocowych oraz do zakładania osłon przeciwgradowych. Jej stosowanie wpływa na zwiększenie wydajności zbioru oraz komfortu pracy. Najlepiej sprawdza się ona w sadach z owocami rosnącymi wysoko. W zależności od modelu może być obsługiwana przez jedną do czterech osób. Najtańsze i najprostsze w obsłudze są platformy przyczepiane do ciągnika. Nie posiadają one własnego napędu a do ich obsługi wymagane są co najmniej dwie osoby. [www.platformasadownicza.pl].



Fot. 1. Platforma Bins 2 umożliwiająca pracę osób na dwóch dowolnie wybranych poziomach [www.rolsad.com/www/maszynysadow/festi/bins.jpg]

Pic. 1. Bins 2 Platform enabling two people to work on two freely selected levels [www.rolsad.com/www/maszynysadow/festi/bins.jpg]

„Pluk-O-Trak” (fot. 2) jest samojedną maszyną przeznaczoną do ręcznego zbioru jabłek. Od silnika wysokoprężnego umieszczonego na ramie maszyny napęd przenoszony jest na poszczególne zespoły robocze, tj. przenośniki owoców do skrzyniopalet, przenośniki skrzyniopalet, zespół prowadzący maszynę w międzyrzędziach, boczne podesty przesuwane hydraulicznie w pionie i poziomie, zespół obracający skrzyniopaletę podczas załadunku owoców oraz zespół poziomujący maszynę na zboczach.

W czasie przemieszczania się maszyny w międzyrzędziu osoby obsługujące zrywają ręcznie jabłka z drzew i kładą je na gumowo-palcowe przenośniki, podające owoce na przenośnik wzdłużny, z którego dostają się one na przenośnik pionowy. Na końcu przenośnika pionowego

znajduje się obrotowa szczotka odbierająca, pod którą umieszczony jest gumowy ekran powodujący łagodne zsuwanie się owoców do skrzyniopalety. Jest ona obracana przez obrotnicę w celu równomiernego jej napełnienia. Maszyny te mogą być wyposażone w przenośniki boczne o różnej długości, w zależności od rozstawu drzew w międzyrzędziach. Do maszyn typu „Pluk-O-Trak” doczepiane są również przyczepy na skrzyniopalety.



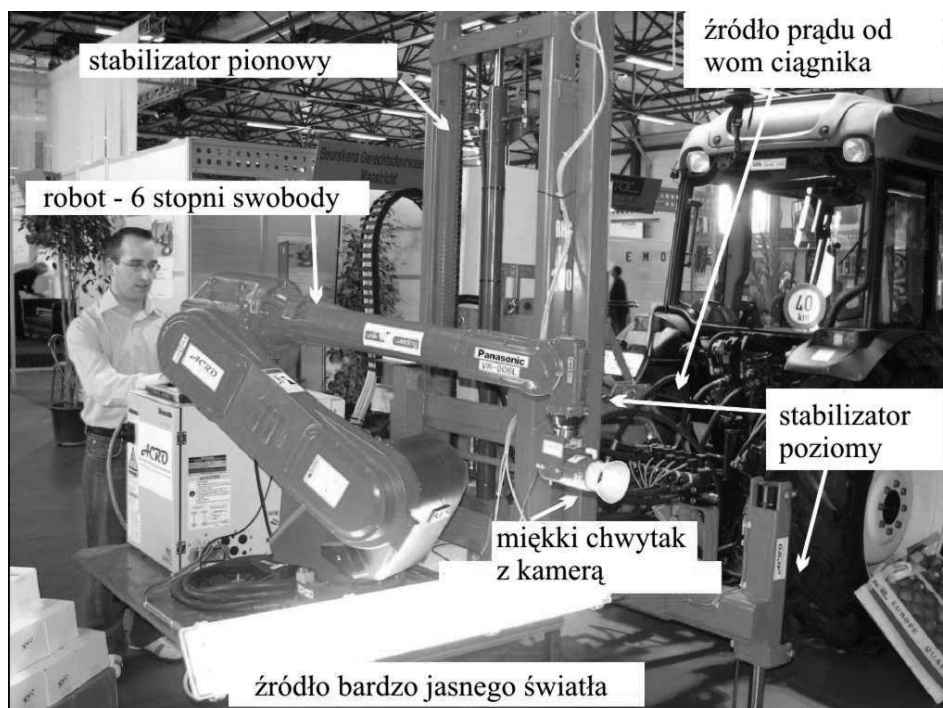
Fot. 2. „Pluk-O-Trak” holenderskiej firmy Munckhof [www.rbsm.me.uk/fruit%20harvesting.htm]
Pic. 2. „Pluk-O-Trak” of Dutch company Munckhof [www.rbsm.me.uk/fruit%20harvesting.htm]

Sterowanie maszyną (fot. 3) jest zautomatyzowane. Elektrohydrauliczny system kontroli toru wyposażony w układ fotokomórek zapewnia równoległy do rzędów drzew kierunek jazdy oraz poziomowanie maszyny na zboczu. Operator urządzenia nie musi więc kontrolować jazdy i może zająć się zbiorem owoców. Ingerencja w sterowanie maszyną zachodzi tylko podczas nawrotów pojazdu. Po demontażu przenośników, maszynę można wykorzystać również do zimowego formowania i letniego cięcia drzew. Wbudowany kompresor pozwala na równoczesną pracę czterema sektorami pneumatycznymi lub dwoma sektorami i piłą łańcuchową.



Fot. 3. Elektrohydrauliczny system jezdny „Pluk-O-Traka”
[www.x-lab.it/meccanicazucal/img/as_collina01.jpg]
Pic. 3. Electro-hydraulic suspension system of „Pluk-O-Trak”
[www.x-lab.it/meccanicazucal/img/as_collina01.jpg]

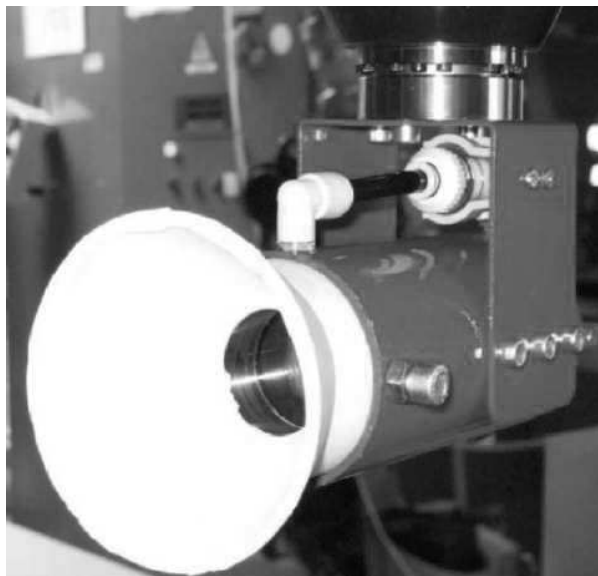
W przyszłości do zbioru owoców ziarnkowych może znaleźć zastosowanie autonomiczna maszyna do automatycznego zbioru owoców z drzew AFPM (Autonomus Fruit Picking Machine). (fot. 4). Obecnie trwają eksperymentalne prace nad AFPM. Jest ona zabudowana na platformie zamontowanej z tyłu ciągnika. Jako manipulatora użyto w niej robota przemysłowego Panasonic VR006L. Maszyna posiada stabilizator poziomy, który składa się z dwóch siłowników oraz jednego łącznika tworząc trzypunktowy układ zawieszenia na ciągniku. Jest on kontrolowany poprzez dwa sensory, które zapewniają stabilną pozycję robota podczas zbioru owoców.



Fot. 4. Robot do zbioru jabłek [www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure1-small.gif]

Pic. 4. Machine for apple collection [www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure1-small.gif]

Głównym elementem maszyny jest chwytak (fot. 5), skonstruowany tak, żeby zrywać owoce zużywając możliwie jak najmniej energii. Kształtem przypomina on lejek, w środku którego została wmontowana kamera oraz układ ssący. Średnica chwytaka wynosi 10,5 cm. Wstępne badania wykazały, że nawet wydłużone działanie ssące na jabłko nie powodowało jego uszkodzenia.



Fot. 5. Chwytnak owoców [www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure3-small.gif]

Pic. 5. Fruit gripper [www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure3-small.gif]

Zbiór owoców za pomocą tej maszyny podzielony jest na trzy etapy:

- umiejscowienie AFPM naprzeciwko drzewa i ustabilizowanie,
- skanowanie drzewa w poszukiwaniu 40 sektorów,
- zerwanie z każdego sektora wszystkich zarejestrowanych dojrzałych jabłek.
- Proces zrywania jabłka podzielony jest na pięć etapów:
- wykrywanie jabłka przez kamerę (fot. 6.), identyfikowane są tylko dojrzałe owoce, o określonej wielkości,
- obrót kamery wokół osi x i y w celu skierowania chwytaka prosto w stronę jabłka, chwytak wykonuje wtedy niewielki obrót za pomocą szybkich ruchów i pozycjonuje się w stronę jabłka,
- zbliżanie się w kierunku jabłka, podczas którego, robionych jest kilka zdjęć pomagających określić odległość od niego,
- aktywacja sekcji ssącej w momencie kiedy chwytak jest wystarczająco blisko jabłka (wykrycie akcji ssącej aktywuje następny krok),
- zerwanie jabłka, które zostaje odłożone obok. W przyszłości konieczne będzie dodanie sekcji transportującej zebrane owoce.



Fot. 6. Symulacja komputerowa AFPM, po prawej testy w terenie
[www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure4-small.gif]

Pic. 6. AFPM Computer simulation, field tests on the right
[www.mvtec.com/solutions/acro/imgs/figure4-small.gif]

Próby urządzenia w terenie wykazały, że około 80% jabłek zostaje wykrytych oraz poprawnie zebranych. Jednakże 30% posiada uszkodzenia powstałe na skutek przyssania do chwytaka. Pozostałe jabłka nie wykazują żadnych oznak uszkodzenia. Jabłka, które nie zostały zebrane albo nie zostały wykryte przez kamerę były zbyt daleko od manipulatora. Problem ten można rozwiązać poprzez odpowiednie cięcie koron drzew. Pierwsze eksperymenty i testy wypadły bardzo obiecująco, jednakże istnieje jeszcze duże pole do ulepszeń, zarówno jeśli chodzi o zmniejszenie czasu zrywania owocu (obecnie 10 s), jak i zwiększenia liczby ramion urządzenia. Dalszy planowany postęp prac dotyczyć będzie automatycznej nawigacji w sadzie i automatycznego odbioru zebranych owoców [www.mvtec.com/halcon/solutions/acro/].

PODSUMOWANIE

Od dawna, w wielu krajach prowadzone są intensywne prace badawcze nad zmechanizowaniem zbioru jabłek deserowych. Jest to złożony problem, niełatwy do rozwiązania ze względu na dużą wrażliwość owoców na mechaniczne uszkodzenia, jak i nierównomierne ich dojrzewanie oraz przypadkowe rozmieszczenie w koronie drzew. Żadna z opracowanych do tej pory maszyn do zbioru jabłek nie spełnia wszystkich stawianych im wymagań [Peterson i in. 1994, Peterson, Wolford, 2003]. Owoce zbierane mechanicznie są nadmiernie uszkodzane i nie wszystkie nadają

się do przechowywania oraz konsumpcji w stanie świeżym. Spowodowane jest to tym, że zasada pracy większości maszyn do zbioru jabłek polega na otrząśnięciu ich z drzew za pomocą mechanicznych otrząsaczy lub wentylatorów na ekrany chwytne lub przenośniki odbiorcze.

W celu ułatwienia ręcznego zbioru jabłek przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji i dla przechowalnictwa oraz zwiększenia jego wydajności, stosowane są różnego rodzaju narzędzia i maszyny, od bardzo prostych dla małych sadów do bardziej skomplikowanych i droższych dla dużych sadów.

Duże nadzieje wiąże się z zastosowaniem autonomicznych robotów do zbioru jabłek deseryjnych. W dużych gospodarstwach sadowniczych zbiór jabłek przeznaczonych dla przetwórstwa jest już obecnie zmechanizowany.

PIŚMIENNICTWO

- Kawecki Z., Kryńska W. 1994.: Sadownictwo i warzywnictwo - Praca zbiorowa, wyd. 2, PWN, Warszawa.
- Kowalczyk J., Bieganowski F. 2000.: Mechanizacja ogrodnictwa, tom 2, WSIP, Warszawa.
- Makosz E. 2004.: Polskie sadownictwo dziś i jutro, Wyd. AR., Lublin
- Mika A. 2000.: Sad Karłowcy, Warszawa.
- Peterson D. L., Miller S. S., Whitney J. D. 1994.: Harvesting semidwarf freestanding apple trees with an over-the-row mechanical harvester. *J. Am. Hortic. Sci.* 119, 1114-1120.
- Peterson D. L., Wolford S. D. 2003. Fresh market tree fruit harvester. Part II Apples. *Appl. Engineering Agric.* 19, 545-548.
- Pieniążek S. A. i in. 1986. Nowe technologie w sadownictwie, PWRiL, Warszawa.
- Pieniążek S. A. i in. 2000.: Sadownictwo - Praca zbiorowa, wydanie XI, PWRiL, Warszawa.
- Zaliwski S. 1984.: Intensywna produkcja owoców ziarnkowych i pestkowych, wyd. 2, PWN, Warszawa.
- www.rbsm.me.uk/fruit%20harvesting.htm.
- www.x-lab.it/meccanicazucal/img/as_collina01.jpg.
- www.platformasadownicza.pl.
- www.rolsad.com/www/maszynysadow/festi/bins.jpg.
- www.mytec.com/solutions/acro/imgs/figure1-small.gif.

TENDENCIES IN DEVELOPMENT OF MACHINES AND EQUIPMENT FOR APPLE COLLECTION

Summary. Review of presently applied methods in collection of apples. Two main reasons for the lack of mechanisation in dessert apples collection were provided. Construction of selected auxiliary devices and machines used in manual collection of apples meant for direct consumption and for storage was presented, along with their impact on crops' volumes and work ergonomics. Automated collection of apples meant for processing was described. Construction and operation of a machine for dessert apples collection was presented.

Key words: apples, collection, auxiliary machines and equipment, automation of collection.

WPLYW PARAMETRÓW ROBOCZYCH SIEWNIKA S071 KRUK Z ŁYŻECZKOWYM ZESPOŁEM WYSIEWAJĄCYM NA JAKOŚĆ SIEWU NASION ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO

Józef Kowalczyk, Janusz Zarajczyk

Katedra Maszyn Ogrodniczych i Leśnych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
e-mail: janusz.zarajczyk@up.lublin.pl

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań dotyczące jakości siewu nasion ślązowca pensylwańskiego siewnikiem S071 Kruk z łyżeczkowym zespołem wysiewającym. Przeprowadzono je w warunkach laboratoryjnych, przy prędkości roboczej siewnika w zakresie $0,6 \div 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Stwierdzono, że najkorzystniejszy udział nasion w badanych klasach odległości w rzędzie wystąpił przy prędkości roboczej siewnika $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wzrost prędkości siewnika wpływał na pogorszenie dokładności rozmieszczenia nasion w rzędzie, co wyrażało się obniżeniem udziału wysiewów pojedynczych oraz wzrostem udziału wysiewów podwójnych i przepustów. Na podstawie analizy statystycznej uzyskanych wyników stwierdzono, że przy badanych prędkościach roboczych siewnika wystąpiły istotne różnice między udziałami wysiewów pojedynczych, podwójnych i przepustów. Można więc stwierdzić, że prędkość robocza siewnika S071 Kruk wpływała istotnie na dokładność rozmieszczenia w rzędzie nasion ślązowca pensylwańskiego.

Słowa kluczowe: siew precyzyjny, ślázowiec pensylwański, prędkość robocza, jakość siewu.

WSTĘP

W grupie odnawialnych źródeł energii istotną rolę spełnia biomasa [Grzybek 2003, Niedziółka, Szymanek 2010, Wisz, Matwiejew 2005].

Ślázowiec pensylwański jest jedną z roślin energetycznych, która w przyszłości może odegrać znaczącą rolę w powiększaniu zasobów krajowych źródeł energii odnawialnej [Borkowska, Styk 2003, Szyszlak-Bargłowicz 2008].

Stosowanie do siewu nasion ślázowca pensylwańskiego siewników z kołeczkowymi i szczoteczkoowymi zespołami wysiewającymi nie gwarantuje w pełni właściwego rozwoju roślin, od którego zależy ilość uzyskanej biomasy, co wpływa na opłacalność produkcji.

Zasadnym jest więc podjęcie badań dotyczących wykorzystania do siewu nasion tej rośliny siewników precyzyjnych, które umożliwiają uzyskanie jednakowych odstępów między nasionami w rzędach, przy zachowaniu nastawionej szerokości międzyrzędzi i głębokości umieszczenia nasion w glebie, co wpływa na prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Siew precyzyjny nasion umożliwia również ograniczyć ilość użytego materiału siewnego, przez co przyczynia się do

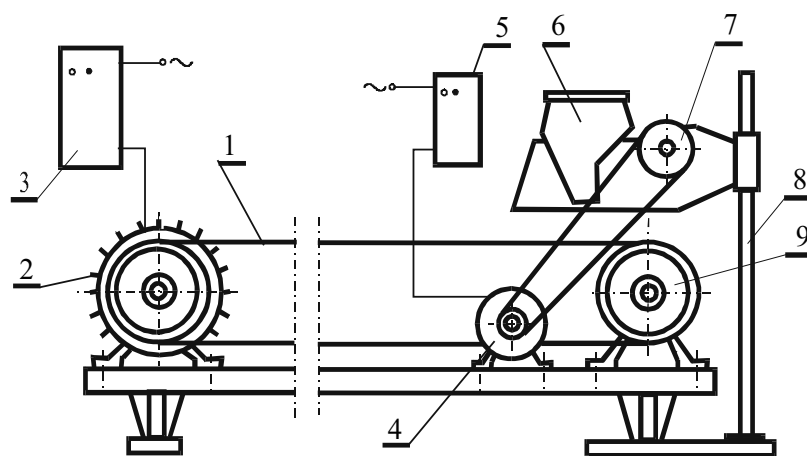
obniżenie kosztów produkcji uprawianej rośliny [Przybył, Błażczak 2000, Banasiak, Michalak 2000, Kowalczyk, Zarajczyk 2009].

Dotychczas prowadzono głównie badania dotyczące jakości precyzyjnego siewu nasion kukurydzy, buraka cukrowego oraz w mniejszym stopniu nasion warzyw [Przybył, Błażczak 2000, Błażczak, Przybył 2000, Kowalczyk, Zarajczyk 2009]. Bardzo mało jest natomiast pozycji literatury poświęconych precyzyjnemu siewowi nasion roślin energetycznych. Realizowane w tym zakresie badania mają charakter wrywkowy i nie obejmują wpływu różnych czynników na jakość siewu. Szereg występujących rozbieżności w podejściu metodycznym stwarza również trudności przy porównywaniu uzyskanych wyników.

Do grupy siewników precyzyjnych należą m.in. siewniki mechaniczne z łyżeczkowymi zespołami wysiewającymi. Zastosowanie tego rodzaju siewnika do siewu nasion śluzowca pensylwańskiego wymaga właściwego doboru wielkości i liczby łyżeczek na tarczy oraz jej prędkości obrotowej, która zależy od prędkości roboczej siewnika.

MATERIAŁ I METODA

Celem badań było określenie jakości siewu nasion śluzowca pensylwańskiego siewnikiem S071 Kruk z łyżeczkowym zespołem wysiewającym. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na specjalnym stanowisku badawczym (rys.1).

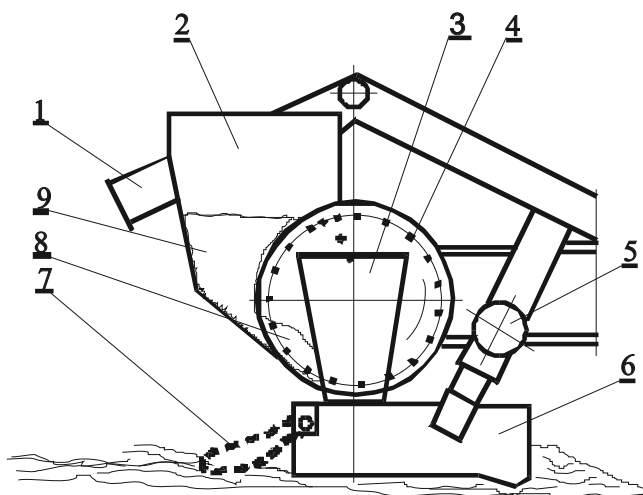


Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1–taśma klejowa, 2,4–silnik elektryczny, 3,5–przetwornik częstotliwości, 6–sekcja wysiewająca, 7–koło napędowe sekcji wysiewającej, 8–wspornik, 9–rolka napinająca taśmy klejowej

Fig. 1. Scheme of the research stand: 1–adhesive belt, 2,4–electric engine, 3,5–frequency converter, 6–sowing unit, 7–drive wheel of seeding belt, 8–support, 9–tension roller of adhesive belt

Taczkowy siewnik S071 Kruk (rys. 2) posiada czepigi, dwa koła podporowe, zbiornik na nasiona, korpus, w którym znajduje tarcza z zamocowanymi obrotowo łyżeczkami, łańcuchową przekładnię napędową, redlicę oraz zagarniacz. Podczas obrotu tarczy, łyżeczki sterowane mechanizmem krzywkowym nabierają z komory czerpania nasiona i zrzucają je do krótkiego

przewodu nasiennego, z którego dostają się do bruzdki wyoranej przez redlicę. Umieszczony za redlicą zagarniacz przykrywa nasiona glebą.



Rys. 2. Schemat budowy sekcji roboczej siewnika S071/B Kruk: 1--rama, 2--zbiornik, 3--rynna siewna, 4--tarcza wysiewająca z łyżeczkami, 5--blokada ustawienia redlicy, 6--redlica, 7--zagarniacz, 8--komora nasienna, 9--nasiona

Fig. 2. Construction scheme and principles of operation of S071/B Kruk seeder sowing system: 1- frame, 2- reservoir, 3- seeding trough, 4- seeding disk with spoons, 5- blocade of furrow opener's position, 6- furrow opener, 7- firmer, 8 - seed reservoir outlet, 9- seeds

Ocenę jakości siewu nasion ślázowca pensylwańskiego przeprowadzono w oparciu o metodykę badań siewników precyzyjnych, zawartą w normie ISO 7256/1.

Badania laboratoryjne siewu realizowano przy pięciu prędkościach roboczych siewnika, tj. 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 i 1,2 m·s⁻¹ oraz 30 łyżeczkach koloru zielonego zamocowanych na odwodzie tarczy.

Wielkość łyżeczek dobrano na podstawie pomiaru cech geometrycznych wysiewanych nasion (tab.1).

Tabela 1. Charakterystyka wysiewanych nasion ślázowca pensylwańskiego
Table 1. Characteristics of the sown Virginia fanpetals seeds

Cecha - Characteristic	Jednostka miary Measurement unit	Wyniki pomiarów The measurement results
Długość - Length	mm	2,6
Szerokość - Width	mm	2,3
Grubość - Thickness	mm	1,7
Masa 1000 szt. - Mass of 1000 seeds	g	3,4

Po wysianiu nasion na taśmę klejową stanowiska, przy ustawionej wcześniej zalecanej odległości między nimi, mierzono odstęp między nasionami na odcinkach pomiarowych o długości 5 m, w pięciu powtórzeniach. Następnie obliczano procentowe udziały wysiewów pojedynczych, podwójnych i przepustów. Do nasion wysianych pojedynczo zaliczono te, między którymi odstęp był większy od połowy średniego odstępu rzeczywistego i mniejszy lub równy od 1,5 średniego odstępu rzeczywistego. Do nasion wysianych podwójnie zaliczono te, które znajdowały się w odstępach mniejszych lub równych połowie średniego odstępu rzeczywistego. Do przepustów zaliczono odstęp większe niż 1,5 średniego odstępu rzeczywistego.

W dalszej kolejności obliczano:

- procentowy udział wysiewów pojedynczych, wyrażony jako iloraz liczby nasion wysianych pojedynczo do ogólnej liczby nasion na odcinkach pomiarowych,
- procentowy udział wysiewów podwójnych, wyrażony jako iloraz liczby nasion wysianych podwójnie do ogólnej liczby nasion na odcinkach pomiarowych,
- procentowy udział przepustów, będący ilorazem liczby przepustów do ogólnej liczby nasion na odcinkach pomiarowych.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Przeprowadzono ją w oparciu o analizę wariancji i wielokrotne przedziały ufności T-Tukey'a, przy $\alpha=0,05$.

WYNIKI BADAŃ

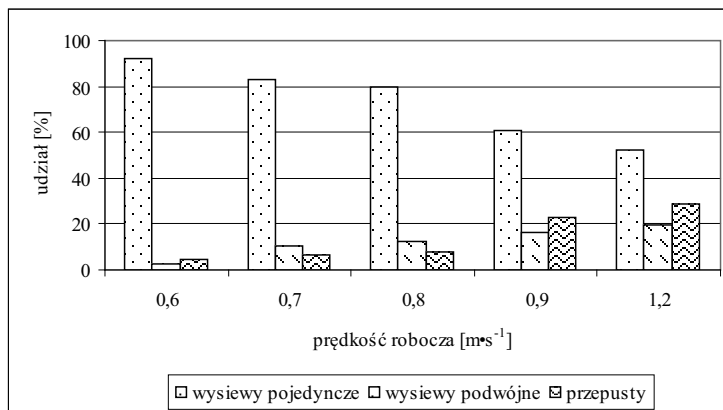
Wyniki jakości siewu nasion ślázowca pensylwańskiego siewnikiem S071 Kruk zamieszczono w tabeli 2 oraz na rysunku 3.

Tabela 2. Wyniki jakości siewu nasion ślázowca pensylwańskiego siewnikiem S071 Kruk
Table 2. Results of testing the quality of Virginia fanpetals seeds sowing with S071 seeder

Prędkość robocza siewnika Seeder operating speed (m·s ⁻¹)	Prędkość obwodowa tarczy wysiewającej Sowing disk peripheral speed (m·s ⁻¹)	Wysiewy pojedyncze Single plants (%)	Wysiewy podwójne Duplicated plants (%)	Przepusty Skips (%)
0,6	0,6	93,0 ^a	2,5 ^a	4,5 ^a
0,7	0,7	83,2 ^b	10,2 ^b	6,6 ^b
0,8	0,8	79,5 ^c	12,7 ^b	7,8 ^b
0,9	0,9	61,0 ^d	16,4 ^c	22,6 ^c
1,2	0,9	52,0 ^d	19,5 ^d	28,5 ^c

Różne litery podane w indeksach oznaczają, że przy badanych prędkościach roboczych siewnika wystąpiły istotne różnice między procentowymi udziałami wysiewów pojedynczych, podwójnych i przepustów na poziomie $\alpha = 0,05$

Letters used as upper indexes indicate that for the tested working speeds significant differences occurred between the shares of single, duplicated and skipped seeds at the level $\alpha=0,05$



Rys. 3. Wpływ prędkości roboczej siewnika S071 Kruk na procentowe udziały wysiewów pojedynczych podwójnych i przepustów
 Fig. 3. Influence of the working speed of S071 Kruk seeder on the percentages of single, duplicate and skipped plants

Z tabeli 2 oraz wykresu na rysunku 3 wynika, że najkorzystniejszy udział nasion ślázowca pensylwańskiego w badanych klasach odległości w rzędzie wystąpił przy prędkości roboczej siewnika $0,6 m \cdot s^{-1}$. Stwierdzono przy niej 93% wysiewów pojedynczych, 2,5% wysiewów podwójnych i 4,5% przepustów. Przy wyższych prędkościach siewnika wystąpiło obniżenie udziału wysiewów pojedynczych oraz wzrost udziału wysiewów podwójnych i przepustów.

Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała istotne różnice między udziałami wysiewów pojedynczych przy badanych prędkościach. Można, zatem stwierdzić, że prędkość robocza siewnika wpływała istotnie na jakość siewu nasion ślázowca pensylwańskiego.

WNIOSKI

1. W badaniach stanowiskowych stwierdzono istotny wpływ prędkości roboczej siewnika S071 Kruk na dokładność rozmieszczenia w rzędzie nasion ślázowca pensylwańskiego, określaną wielkością procentowych udziałów wysiewów pojedynczych, podwójnych i przepustów.
2. Najkorzystniejsze wskaźniki dotyczące rozmieszczenia nasion ślázowca pensylwańskiego w rzędzie uzyskano przy prędkości roboczej siewnika $0,6 m \cdot s^{-1}$.
3. Przy wyższych prędkościach roboczych siewnika stwierdzono istotne pogorszenie precyzji rozmieszczenia nasion ślázowca pensylwańskiego w rzędzie, co wyrażało się zmniejszeniem udziału wysiewów pojedynczych oraz wzrostem udziału wysiewów podwójnych i przepustów.

PIŚMIENNICTWO

Borkowska H., Styk B. 2003: Ślázowiec pensylwański. Rośliny energetyczne – praca zbiorowa pod red. Kościka, 79-93. Wyd. AR w Lublinie.

- Banasiak J., Michalak J. 2000: Stanowiskowe badania siewu punktowego nasion. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 21-28.
- Błażczak P., Przybył J. 2000: Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego Excel do oceny parametrów siewu punktowego. *Inżynieria Rolnicza*, 3 (14), 29-40.
- Grzybek A. 2003: Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9 (62), 10-11.
- Kowalczyk J., Zarajczyk J. 2009: Quality Analysis of the Work of a Belt Conveyor System in Sowing Fine Vegetable Seeds. *TEKA Kom. Mot. Energ. Rol.- OL PAN*, 9, 134-137.
- Niedziółka I., Szymanek M. 2010: An Estimation of Physical Properties of Briquettes Produced from Plant Biomass. *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.- OL PAN*, 10, 301-307.
- Przybył J., Błażczak P. 2000: Ocena jakości pracy siewników punktowych. Materiały z Jubileuszowej Międzynarodowej Konferencji Naukowej XXX lat Wydziału Techniki Rolniczej AR w Lublinie, nt.: „Aktualne problemy inżynierii rolniczej w aspekcie integracji Polski z Unią Europejską”, 154-155. Wyd. AR w Lublinie.
- Szyszlak-Bargłowicz J. 2008: Wykorzystanie ślázowca pensylwańskiego jako źródła energii odnawialnej i biologicznego ekranu drogowego. Rozprawa doktorska. UP Lublin.
- Wisł J., Matwiejew A. 2005: Biomasa- badania w laboratorium w aspekcie przydatności do energetycznego spalania. *Energetyka*, 9, 631-637.
- International standard ISO 7256/1-1884 (E). 1984: Sowing equipment – test methods Part 1: Single seed drills.

INFLUENCE OF THE WORKING SPEED OF S071/B KRUK SEEDER ON THE SOWING OF HERMAPHRODITA RUSBY SEEDS

Summary. This paper presents the results of the research on the quality of the sowing of seeds of *Hermaphrodita Rusby* (Virginia fanpetals seeds) by means of S071 Kruk precision seeder in laboratory conditions. It was observed that the best share of the sown seeds of Virginia fanpetals for the examined classes of distances in a row was obtained at the working speed of $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. At the working speed of $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and higher it was observed that a significant deterioration of the precision of the seeds distribution along the row occurred, which found its expression in the lowered share of single seeds and increased share of duplicated seeds and skips. The statistical analysis of the obtained results in most cases showed significant differences between the shares of single, duplicated and skipped seeds at the tested working speeds of the seeder. Hence, it can be concluded that the working speed of the seeder significantly affected the quality of sowing Virginia fanpetals seeds in laboratory conditions.

Key words: precision seeding of Virginia fanpetals seeds, working speed, seeding quality.

OPTIMALIZACJA WARUNKÓW PROCESOWYCH SUBLIMACYJNEGO SUSZENIA OWOCNIKÓW PIECZARKI (*AGARICUS BISPORUS* L.)

Paweł Kozak

Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: pawel.kozak@up.lublin.pl

Streszczenie. Ciśnienie robocze (p) i temperatura płyt grzejnych (T) są czynnikami, mającymi decydujący wpływ na kinetykę sublimacyjnego suszenia owocników pieczarki oraz jakość otrzymanego suszu. Przeprowadzono sublimacyjne suszenie krojonych w kostkę owocników pieczarki w zróżnicowanych warunkach ciśnienia w komorze suszenia ($10 \div 200$) Pa i temperatury płyt grzejnych ($293 \div 363$) K. Wartości zmiennych niezależnych (p , T) wyznaczono w oparciu o przyjęty centralny kompozycyjny plan eksperymentów. Wyznaczono czas potrzebny do uzyskania suszu o końcowej zawartości wody $0,05$ kg/kg suchej substancji. Zbadano wpływ warunków procesowych na wybrane wyróżniki jakości suszu tj. zdolność do rehydracji, objętościowy skurcz suszarniczy, wskaźnik sumarycznej różnicy barwy. Otrzymane wyniki poddano analizie za pomocą metody powierzchni odpowiedzi (RSM) określając wartości (p , T) warunkujące uzyskanie suszu o najwyższych wybranych wyróżnikach jakości.

Słowa kluczowe: pieczarka uprawna, suszenie sublimacyjne, jakość suszu.

WSTĘP

Rozwój przemysłu przetwórczego żywności, dążąc do zaspokojenia potrzeb żywieniowych współczesnego konsumenta, wyraża się wprowadzaniem na rynek nowych grup produktów spożywczych, definiowanych jako żywność naturalna, nisko przetworzona, bez dodatków chemicznych, wygodna, funkcjonalna. Spełnienie wysokich wymagań jakościowych, stawianych ww. produktom stymuluje rozwój metod konserwacji surowców wykorzystywanych w technologii produkcji jako komponenty. Ugruntowaną pozycję w dziedzinie konserwacji termolabilnych materiałów biologicznych zajmuje suszenie, które stosowane jest szeroko do licznych surowców żywnościowych [Turski i Siarkowski 2008]. Coraz większą popularnością cieszy się suszenie sublimacyjne. Odwadnianie materiału w drodze sublimacji lodu prowadzi do uzyskania suszu charakteryzującego się specyficznymi cechami tj. trwałość, wysoka retencja witamin, aromatu i stabilność barwy, bezpieczeństwo mikrobiologiczne, zachowanie naturalnej struktury i kształtu, wysoka zdolność do rehydracji [Genin, 1995, Figiel 2006]. Dodatkowe zalety – charakterystyczne dla uzyskanego w drodze sublimacji lodu – suszu, to możliwość jego przechowywania w hermetycznych opakowaniach w temperaturze pokojowej oraz łatwość dozowania w procesie technologicznym [Kozak, 1999, Rudy 2009].

Cennym składnikiem żywności, wpływającym na urozmaicenie i wzbogacenie jadłospisu są grzyby – zarówno uprawne jak i pozyskiwane ze stanowisk naturalnych. Produkcja grzybów uprawnych stanowi ważną gałąź polskiego ogrodnictwa. Polska jest liczącym się w Europie producentem, przetwórcą i eksporterem grzybów i przetworów grzybowych. Wśród grzybów uprawnych ponad 90% produkcji stanowią pieczarki *Agaricus bisporus*. Owocniki pieczarki są surowcem łatwo psującym się. Bezpośrednio po zbiorze powinny być przeznaczone do konsumpcji lub poddane procesom konserwacji. Według GUS znaczną część ogółu produkcji przetworów z pieczarek stanowią konserwy, pieczarki mrożone oraz marynowane w occie. Dotychczas jedynie niewielka ilość poddawana jest procesowi suszenia, w tym suszenia sublimacyjnego. Poziom krajowej produkcji grzybów uprawnych uzasadnia prowadzenie badań w dziedzinie nowych metod konserwacji, w wyniku których surowiec uzyskuje nowe cechy użytkowe, poszerzając możliwości zagospodarowania znaczącej części plonów.

Celem pracy była optymalizacja wartości ciśnienia roboczego (p_r) i temperatury płyt grzejnych (T_p) podczas sublimacyjnego suszenia owocników pieczarki ze względu na czas trwania procesu oraz wybrane wyróżniki jakościowe suszu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono dla świeżych owocników pieczarki, krojonych w kostkę w formie sześcianu o boku 10 mm.

Zakres badań obejmował:

- ocenę jakościową świeżego materiału,
- sublimacyjne suszenie owocników pieczarki w zmiennych warunkach ciśnienia roboczego (p_r) i temperatury płyt grzejnych liofilizatora (T_p) zgodnie z przyjętym centralnym kompozycyjnym planem doświadczeń,
- ocenę jakościową uzyskanego suszu bezpośrednio po procesie suszenia oraz po rehydracji,
- optymalizację wartości zmiennych niezależnych (p_r , T_p) z wykorzystaniem metody powierzchni odpowiedzi.

Ocenę jakości uzyskanego suszu dokonano na podstawie następujących wyróżników:

- wskaźnika rehydracji,
- wskaźnika objętościowego skurczu suszarniczego,
- wskaźnika sumarycznej różnicy barwy.

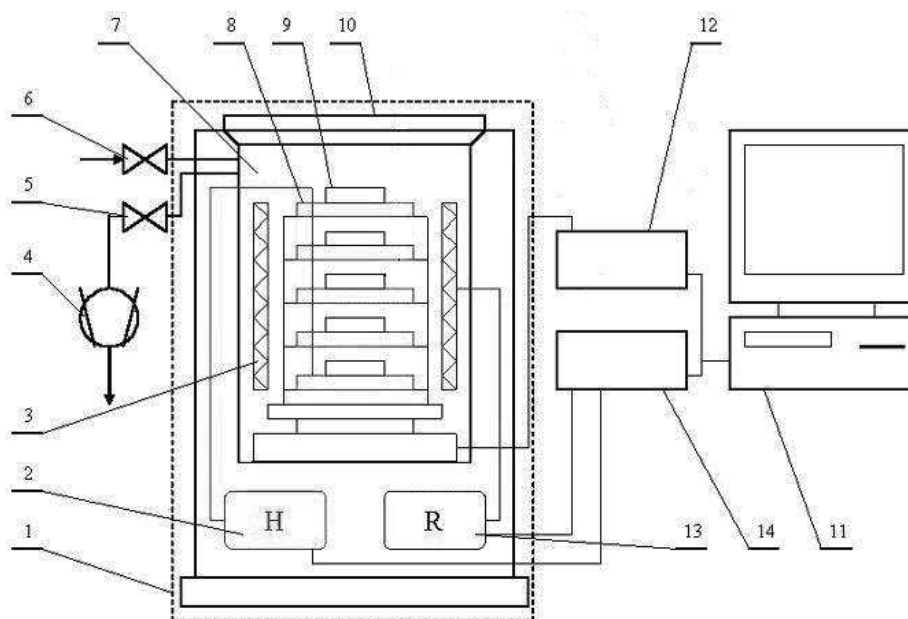
Przygotowanie materiału do badań

Surowiec pozyskiwano bezpośrednio po zbiorze z pieczarkarni o wydajności dobowej ok. 600 kg. W czasie nie dłuższym niż dwie godziny od chwili zbioru surowiec myto w wodzie o temperaturze ok. 287 K, odsączano, selekcjonowano pod względem średnicy kapelusza (od 25 do 35 mm) i wyglądu owocników, eliminując okazy o nieprawidłowej budowie, z widocznymi otarciami oraz uszkodzone mechanicznie.

Owocniki pieczarki krojono w kostkę o boku ok. 10 mm. Z tak przygotowanego materiału pobierano i formowano średnie próby układając je następnie na aluminiowych płytach w komorze chłodniczej zamrażarki. Czas zamrażania próbek, mierzony do momentu osiągnięcia zadanej temperatury, równej 248 K, wynosił ok. 2,5 godziny. Próbki przetrzymywano w komorze zamrażarki w temperaturze 248 K przez okres 48 godzin do chwili umieszczenia ich w komorze suszenia liofilizatora.

Sublimacyjne suszenie

Sublimacyjne suszenie przeprowadzono w liofilizatorze typu ALPHA 1-4 o kontaktowym sposobie dostarczania ciepła do materiału z możliwością dowolnego wyboru wartości temperatury płyt grzewczych i ciśnienia w komorze suszenia (rys. 1). Suszeniu poddawano uprzednio przygotowane, wstępnie zamrożone próbki, ułożone na pięciu płytach grzewczych o łącznej powierzchni 0,157 m². Zestaw płyt umieszczano na stelażu wagi tensometrycznej w komorze suszenia liofilizatora w celu rejestrowania ubytku masy suszonej próbki.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1-liofilizator, 2-układ ogrzewania płyt, 3-kondensator lodu, 4-pompa próżniowa, 5-elektrozawór, 6-zawór wyrównywania ciśnienia, 7-komora suszenia, 8-płyta grzewcza, 9-material suszony, 10-pokrywa komory suszenia, 11-komputer, 12-waga tensometryczna, 13-instalacja chłodnicza kondensatora lodu, 14-układ pomiarowo-sterujący wartością ciśnienia całkowitego w komorze suszenia

Fig. 1. Diagram of measuring stand: 1 –lyophilisator, 2-heating plates system, 3-ice condenser, 4-vacuum pump, 5-electro-magnetic valve, 6-valve of pressure compensation, 7-drying chamber, 8-heating plate, 9-dried material, 10-cover of drying chamber, 11-computer, 12-tensometric balance, 13-cooling system of ice condenser, 14-measuring control system of total pressure in the drying chamber

Na podstawie analizy wyników badań wstępnych jako najbardziej odpowiedni plan eksperymentu wybrano plan centralny kompozycyjny z dwiema zmiennymi niezależnymi (p_c , T_p) na pięciu poziomach, którego punkty pomiarowe są rozmieszczone tak, jak to zestawiono w tabeli 1 oraz zobrazowano na rysunku 2.

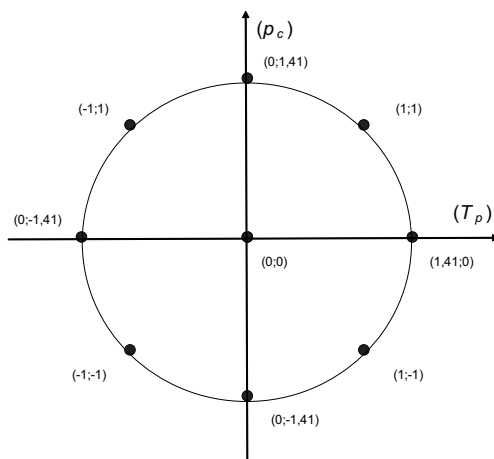
Tab. 1. Plan eksperymentu

Tab. 1. Plan of experiment

Nr eksperymentu	czynniki wejścia w wartościach kodowych	
	x_1	x_2
1	-1,000000	-1,000000
2	-1,000000	1,000000
3	1,000000	-1,000000
4	1,000000	1,000000
5	-1,414214	0,000000
6	1,414214	0,000000
7	0,000000	-1,414214
8	0,000000	1,414214
9 (C)	0,000000	0,000000
10 (C)	0,000000	0,000000

W oparciu o dane literaturowe oraz badania własne przyjęto wartości ciśnienia roboczego (p_c) w zakresie $10 \div 200$ Pa i temperatury płyt grzejnych (T_p) w zakresie $(293 \div 363)$ K.

Zgodnie z planem eksperymentu wyznaczone punkty definiują wartości ciśnienia całkowitego w komorze suszenia oraz temperaturę płyt grzejnych dla poszczególnych prób sublimacyjnego suszenia owocników. Wartości zerowe planu eksperymentu są jednocześnie wartościami centralnymi przyjętych zakresów ciśnienia roboczego (całkowitego) w komorze suszenia liofilizatora i temperatury płyt grzejnych.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych

Fig. 2. Diagram of measuring points arrangement

Badania wykonano w pięciu powtórzeniach dla każdej kombinacji wartości ciśnienia (p_c) i temperatury płyt (T_p). Suszenie prowadzono do uzyskania końcowej zawartości wody w materiale, wynoszącej ok. 0,03 kg/kg suchej substancji.

Wyznaczenie wskaźnika rehydracji

Wskaźnik rehydracji (R), definiowany stosunkiem masy wody pochłoniętej przez susz do masy wody usuniętej w procesie suszenia (równanie 1), obliczono na podstawie oznaczenia zdolności suszu do pochłaniania wody, wykonanego zgodnie z PN-90/A-75101/19.

Wyznaczanie wskaźnika objętościowego skurczu suszarniczego

Wyznaczenie objętościowego skurczu suszarniczego materiału podczas sublimacyjnego suszenia przeprowadzono na podstawie makroskopowej analizy obrazu, wykorzystując program do komputerowej analizy obrazu MultiScanBase v.13.01. Zastosowano metodę pomiarów stereologicznych, dającą możliwość trójwymiarowej interpretacji dwuwymiarowych przekrojów brył [Weibel E., Paumgartner D. 1978]. Pomiar pola powierzchni rzutu prostokątnego realizowano dla prób składających się z 30 obiektów (kostek), wyznaczając odpowiednio pole powierzchni materiału przed suszeniem (surowca) i po suszeniu. Wyniki pomiarów opracowano w programie EXCEL stosując narzędzia statystycznej analizy danych.

Objętość materiału obliczano na podstawie wartości średniej z 10 pomiarów sumy pola powierzchni rzutu prostokątnego obiektów (kostek) składających się na próbkę.

Wartość skurczu suszarniczego (S) podano jako stosunek objętości suszu do objętości surowca (równanie 2):

$$S = \frac{V}{V_0}, \quad (1)$$

gdzie: S – wskaźnik objętościowego skurczu suszarniczego; V – objętość suszu; V_0 – objętość surowca.

Wyznaczanie wskaźnika sumarycznej różnicy barwy

Pomiar barwy surowca i suszu wykonywano metodą odbiciową za pomocą spektrofotometru sferycznego X-Rite 8200 z otworem pomiarowym o średnicy 12,7 mm. Zastosowano źródło światła D-65 i standardowy obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°. Urządzenie przed każdym pomiarem kalibrowano za pomocą wzorca bieli. W każdym punkcie pomiarowym rejestrowano pięciokrotnie parametry barwy a wynik był ich uśrednioną wartością. Wyniki pomiarów przedstawiono w systemie klasyfikacji liczbowej przestrzeni barwy Munsella CIE LAB. Posiada on skalę L^* , a^* , b^* obecnie najczęściej stosowaną w pomiarach barwy, która odzwierciedla wzrokowe wrażenie barwy.

WYNIKI BADAŃ

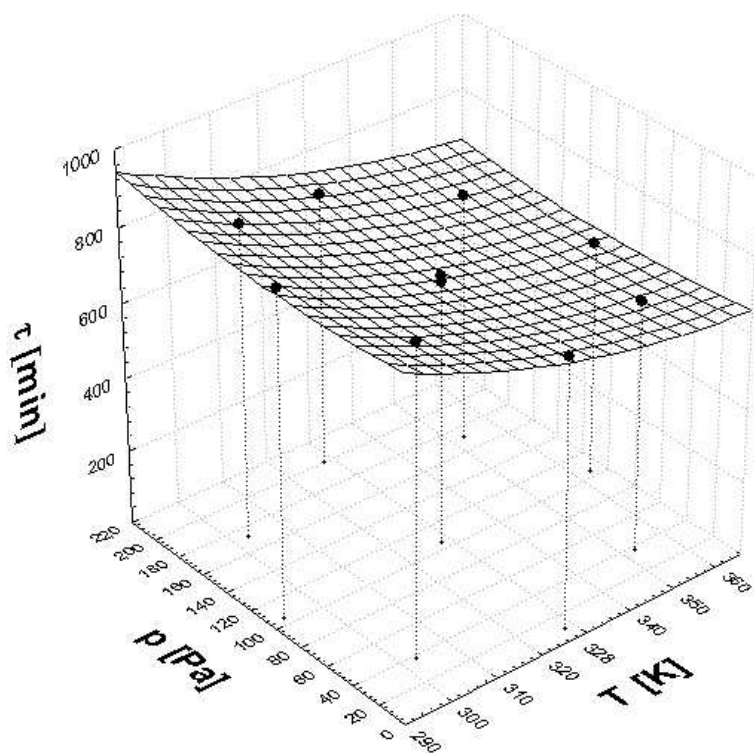
Zawartość suchej substancji jest zróżnicowana w zależności od średnicy kapelusza poszczególnych owocników jak również rzutu zbioru w cyklu owocowania (Tab. 2) W tabeli wyróżniono poprzez pogrubienie wartości dotyczące surowca wykorzystanego do badań.

Tab. 1. Zawartość suchej substancji [%] w owocnikach pieczarki
 Tab. 2. Dry matter content [%] in champignon fruits

Rzut zbioru w cyklu owocowania	Średnica kapelusza (mm)		
	15-25	25-35	35-50
I	9,56	9,71	9,42
II	9,52	9,69	9,29
III	8,98	9,45	8,94

Czas suszenia

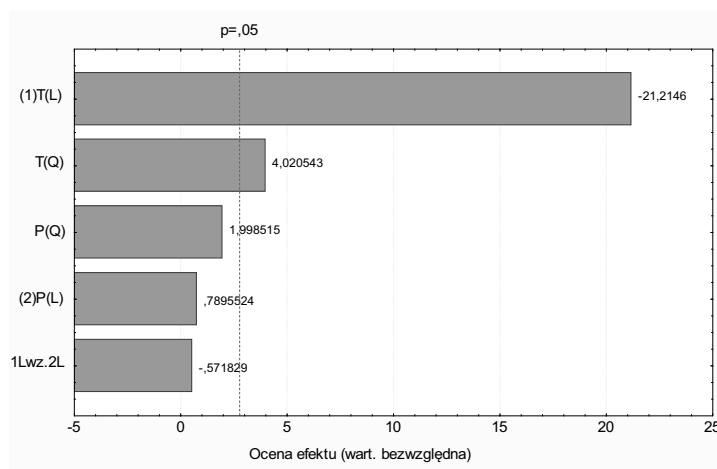
Zależność powierzchniową obrazującą jednoczesny wpływ temperatury płyt grzejnych oraz ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej na czas trwania procesu sublimacyjnego suszenia zestawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Dopasowana powierzchnia odpowiedzi dla czasu trwania sublimacyjnego suszenia (τ) w zależności od temperatury płyt grzejnych (T) i ciśnienia (p)

Fig. 3. Response surface plots for the effect of operating pressure (p) and heating plate temperature (T) on freeze drying time (τ)

Na podstawie rysunku 3 nie można określić optymalnego- minimalnego czasu trwania sublimacyjnego suszenia owocników pieczarki, gdyż wartość temperatury płyt grzejnych znajduje się poza analizowanym zakresem pomiarowym. Czas trwania suszenia w analizowanym zakresie pomiarowym maleje wraz ze wzrostem temperatury płyt grzejnych. Na podstawie wykresu 4 można stwierdzić, że w istotny sposób (na poziomi istotności $p=0,05$) na czas trwania sublimacyjnego suszenia wpływa temperatura płyt grzejnych. W badanym zakresie pomiarowym głównym czynnikiem decydującym o czasie trwania suszenia jest liniowy współczynnik temperatury płyt grzejnych- $T(L)$.

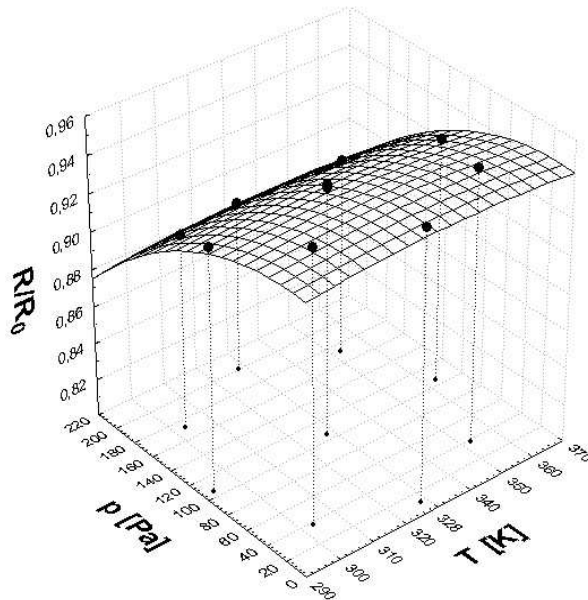


Rys. 4. Wykres Pareto efektów standaryzowania; wielkość: czas suszenia (τ)
Fig. 4. Pareto chart of drying effects; quantity: drying time (τ)

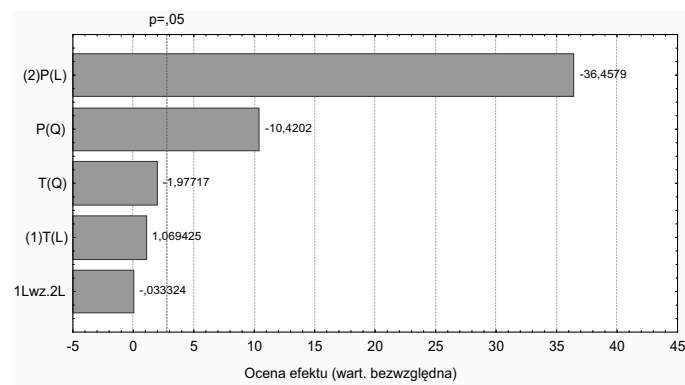
Wskaźnik rehydracji

Na podstawie danych eksperymentalnych określono wartość współczynnika rehydracji jako funkcję dwóch zmiennych: temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej. Dane te zostały zebrane na rysunku 5.

Analiza statystyczna pozwoliła na określenie optymalnej (maksymalnej) wartości współczynnika rehydracji w badanym zakresie pomiarowym. Największą wartość współczynnika $R/R_0=0,947$ uzyskano przy temperaturze płyt grzejnych wynoszących około 60°C i ciśnieniu w komorze suszarki 16 Pa. W oparciu o rysunek 6 można stwierdzić, że głównym czynnikiem determinującym wartość współczynnika rehydracji jest ciśnienie w komorze suszenia. Wpływ współczynnika zawartego przy liniowej wartości ciśnienia jest zdecydowanie większy od wpływu współczynnika zawartego przy ciśnieniu w drugiej potęgze.



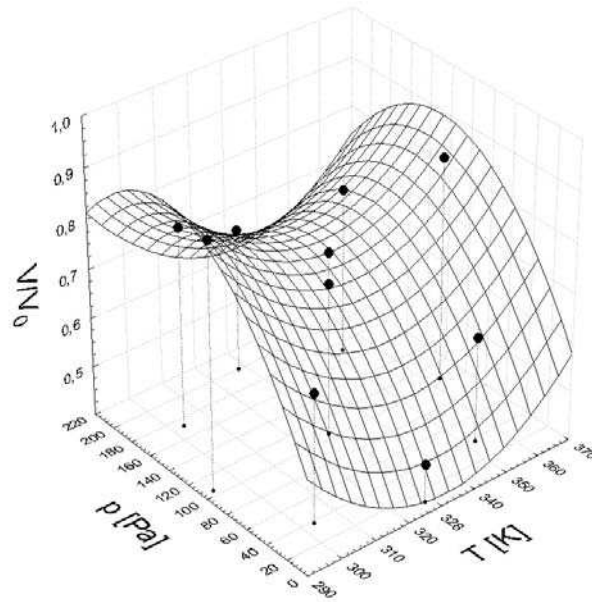
Rys. 5. Dopasowana powierzchnia odpowiedzi dla wskaźnika rehydracji (R/R_0) w zależności od temperatury płyt grzewczych (T) i ciśnienia (p)
 Fig. 5. Response surface plots for the effect of operating pressure (p) and heating plate temperature (T) on rehydration ratio (R/R_0)



Rys. 6. Wykres Pareto efektów standaryzowania; wielkość: wskaźnik rehydracji (R/R_0)
 Fig. 6. Pareto chart of drying effects; quantity: rehydration index (R/R_0)

Wskaźnik objętościowego skurczu suszarniczego

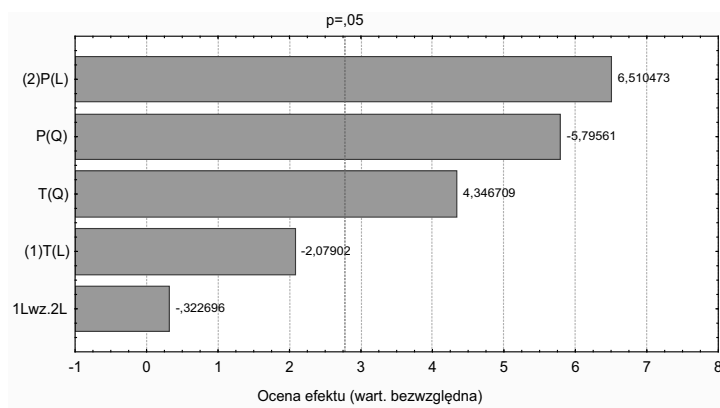
W oparciu o dane eksperymentalne określono wskaźnik objętościowego skurczu suszarniczego jako funkcję temperatury płyt grzewczych i ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej. Uzyskany na podstawie danych eksperymentalnych wykres powierzchniowy przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Dopasowana powierzchnia odpowiedzi dla wskaźnika skurczu objętościowego (V/V_0) w zależności od temperatury płyt grzejnych (T) i ciśnienia (p)

Fig. 7. Response surface plots for the effect of operating pressure (p) and heating plate temperature (T) on drying shrinkage (V/V_0)

Na podstawie przeprowadzonej analizy optymalizacyjnej określono ciśnienie oraz temperaturę płyt grzejnych zapewniające maksymalną wartość tego współczynnika, wartości te wynoszą odpowiednio: $T=60^\circ\text{C}$, $p=133\text{Pa}$. Objętościowy skurcz suszarniczy materiału zależy przede wszystkim od wartości ciśnienia (w pierwszej i drugiej potędze) oraz w mniejszym stopniu od poziomu temperatury w potędze drugiej (rys. 8.).

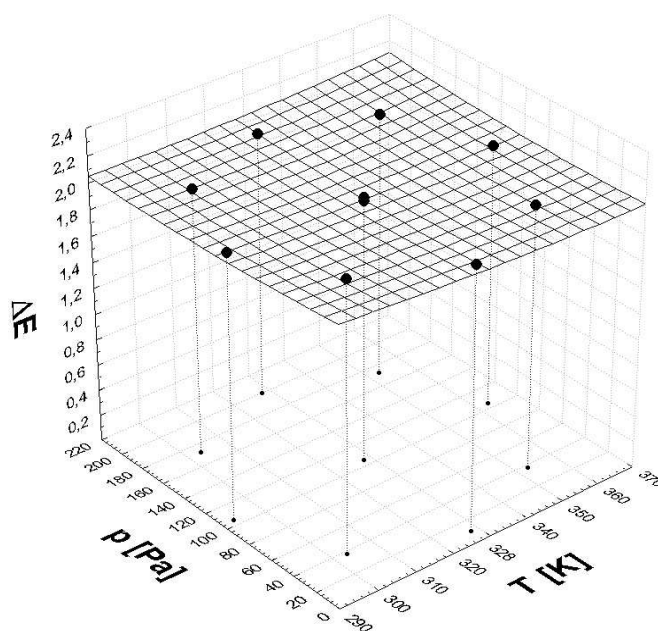


Rys. 8. Wykres Pareto efektów standaryzowania; wielkość: objętościowy skurcz suszarniczy (V/V_0)

Fig. 8. Pareto chart of drying effects; quantity: contraction in volume (V/V_0)

Wskaźnik zmiany barwy suszu

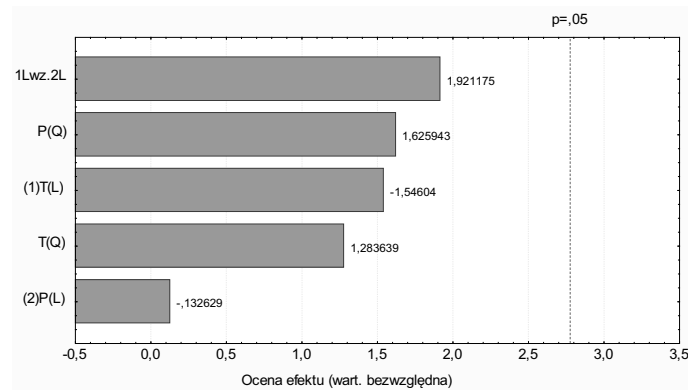
Zależność całkowitej zmiany barwy suszu ΔE od wartości temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej zestawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Dopasowana powierzchnia odpowiedzi dla wskaźnika zmiany barwy suszu ΔE w zależności od temperatury płyt grzejnych (T) i ciśnienia (p)

Fig. 9. Response surface plots for the effect of operating pressure (p) and heating plate temperature (T) on drying colour of dried material (ΔE)

Optymalizacja polegająca na określaniu minimalnych zmian wartości barwy suszu pozwoliła na wyznaczenie zalecanej temperatury na poziomie około 77°C oraz wartości ciśnienia w komorze suszarki na poziomie około 70 Pa. Jednak na poziomie istotności $p=0,05$ ciśnienie w komorze suszarki sublimacyjnej oraz temperatura płyt grzejnych nie wywiera wpływu na wartość wskaźnika zmian barwy suszu (rys. 10).

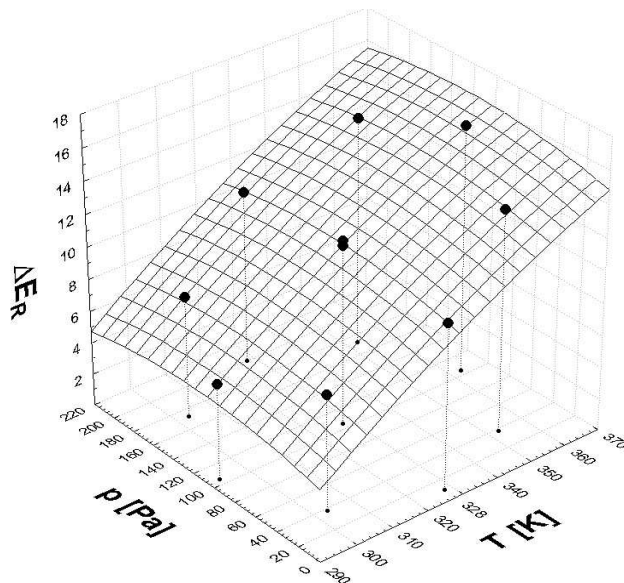


Rys. 10. Wykres Pareto efektów standaryzowania; wielkość: wskaźnik zmiany barwy suszu (ΔE)

Fig. 10. Pareto chart of drying effects; quantity: index of colour (ΔE)

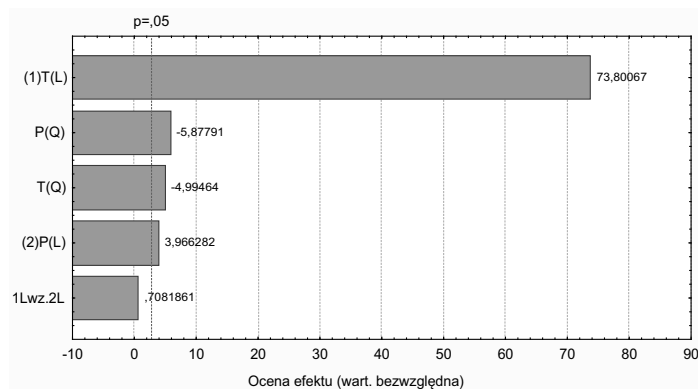
Wskaźnik zmiany barwy suszu po rehydracji

Na podstawie wyników badań eksperymentalnych zmiany barwy suszu po rehydracji (ΔE_R), w zależności od temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszenia zbudowano wykres powierzchniowy obrazujący te zależności rys. 11. Proces optymalizacyjny tej wielkości, dla badanych zmiennych niezależnych, nie przyniósł pożądanego efektu, gdyż wartości ciśnienia i temperatury znajdują się poza badanym zakresem pomiarowym.



Rys. 11. Dopasowana powierzchnia odpowiedzi dla wskaźnika zmiany barwy suszu po rehydracji w stosunku do surowca (ΔE_R) w zależności od temperatury płyt grzejnych (T) i ciśnienia (p)

Fig. 11. Response surface plots for the effect of operating pressure (p) and heating plate temperature (T) on colour change ratio after rehydration (ΔE_R)



Rys. 12. Wykres Pareto efektów standaryzowania; wielkość: wskaźnik zmiany barwy suszu po rehydracji (ΔE_R)

Fig. 12. Pareto chart of drying effects; quantity: index of colour (ΔE_R)

Głównym czynnikiem determinującym wskaźnik zmiany barwy suszu po rehydracji jest liniowa wartość współczynnika temperatury płyt grzejnych, wartości pozostałych współczynników są również istotnie, lecz wywierają niewielki wpływ na analizowaną cechę.

WNIOSKI

1. Czas sublimacyjnego suszenia owocników pieczarki osiąga minimum dla wartości ciśnienia równej 116 Pa niezależnie od temperatury płyt grzejnych w zakresie od 20 do 60°C.
2. Zdolność suszu do pochłaniania wody osiąga maksimum dla wartości ciśnienia równej 16 Pa i temperatury płyt grzejnych 60°C.
3. Minimalny objętościowy skurcz suszarniczy zanotowano dla wartości ciśnienia równej 133 Pa i temperatury płyt 60°C.
4. Sublimacyjne suszenie nie powoduje istotnej ($\alpha=0,05$) różnicy barwy pomiędzy surowcem i otrzymanym suszem.
5. Wskaźnik sumarycznej różnicy barwy suszu po rehydracji rośnie wraz ze wzrostem temperatury płyt podczas sublimacyjnego suszenia w zakresie od 20 do 60°C.

LITERATURA

- Genin E. „A method for on-line determination of residual water content and sublimation end-point during freeze-drying”, *Chemical Engineering and Processing*, 1995.
- Kozak P. „Wpływ temperatury płyt grzejnych liofilizatora na cechy jakościowe suszu z selera”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 1999, z. 25, pp. 63-68.
- Weibel E. Paumgartner D. „Integrated Stereological and Biochemical Studies on Hepatocytic Membranes: II. Correction of Section Thickness Effect on Volume and Surface Density Estimates”, *The Journal of Cell Biology*, May, 1978, vol. 77, no. 2, p. 584-597.

- Rudy S. 2009. Energy consumption in the freeze - and convection-drying of garlic. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, 9, 259–266.
- Turski A., Siarkowski Z. 2008. Dobór maszyn i urządzeń do suszenia i czyszczenia ziarna zbóż. MOTROL, 10, 136-142.
- Figiel A. 2006. Drying kinetics and drying shrinkage of garlic subjected to vacuum-microwave dehydration. Acta Agrophysica, 7(1), 49-58.

THE OPTIMIZATION OF FREEZE-DRYING CONDITIONS OF CHAMPIGNONS MUSHROOMS (*AGARICUS BISPORUS* L.)

Summary. Work pressure (p) and temperature of heating panels (T) are most important factors influencing the kinetics of freeze-drying of mushroom champignon fruits and dried material quality. Cutting into cubes mushrooms were freeze-dried in the changeable conditions of pressure (10÷200) Pa and temperature of heating panels (293÷363) K. The values of independent variables (p, T) were estimated according to assumed central plan of experiments. The time needed to dry the material to 0,05 kg/kg of dry matter was evaluated. The influence of drying conditions on ability to rehydration, contraction in volume and colour difference index were evaluated. Obtained values were analysed according to RSM – response surface method and optimum values p and T were evaluated.

Key words: common mushroom; freeze-drying, dried material quality.

MIKROWYGŁADZANIE FOLIOWYMI TAŚMAMI ŚCIERNYMI ODPOWIEDZIALNYCH POWIERZCHNI ELEMENTÓW SILNIKÓW SPALINOWYCH

Ryszard Lewkowicz*, Wojciech Kacalak**,
Ryszard Ściegienka*, Piotr Piątkowski*

* Politechnika Koszalińska, Katedra Transportu

** Politechnika Koszalińska, Katedra Mechaniki Precyzyjnej

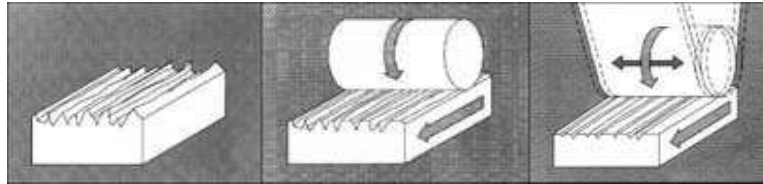
Streszczenie. W artykule przedstawione zostały możliwości uzyskania bardzo gładkich powierzchni elementów silników spalinowych poprzez mikrowygładzanie foliowymi taśmami ściernymi (FTS). Zaprezentowany jest przegląd możliwych do obróbenia tą metodą elementów silników spalinowych oraz specjalizowane mikrowygładzarki taśmowe światowych firm. Przedstawione są prototypy zaprojektowanych przez autorów nowoczesnych głowic do mikrowygładzania powierzchni zewnętrznych oraz unikatowych głowic do mikrowygładzania wewnętrznych powierzchni walcowych. Zaprezentowano wyniki własnych badań laboratoryjnych procesu wielozabiegowego mikrowygładzania wałków stalowych i ceramicznych. Podano wskazania technologiczne umożliwiające dobranie zbioru foliowych taśm ściernych i opracowania procesu technologicznego, umożliwiającego uzyskanie zakładanej, najwyższej, jakości powierzchni obróbeny przy minimalnych powierzchniach zużytych taśm i dużej wydajności obróbki. Przedstawione są topografie powierzchni wałków wykonanych z ceramiki cyrkonowej przed i po mikrowygładzaniu, o bardzo niskiej chropowatości końcowej $Ra \leq 0,02 \mu\text{m}$.

Słowa kluczowe: microfinishing, superfinisz, mikrowygładzanie, dogładzanie, foliowe taśmy ścierne, obrabiarzki do mikrowygładzania, głowice do mikrowygładzania, elementy silników spalinowych.

WSTĘP

Metoda mikrowygładzania powierzchni foliowymi taśmami ściernymi polega na ciągłym, powolnym wprowadzaniu taśmy w strefę obróbki. Główny ruch roboczy z dużą prędkością wykonuje przedmiot obrabiany albo niekiedy głowica. Ziarna ściernie taśmy wchodzi w strefę obróbki tylko jeden raz, co jest cechą metody. Taśma wynosi w przestrzeniach międzyziarnowych produkty obróbki ze strefy i jest nawijana na rolkę folii zużytej, zapewniając czystość powierzchni obróbeny i brak jej „zbrojenia” ścierniwem, które objawia się utwierdzeniem pojedynczych, wykruszonych ziaren ściernych w warstwie wierzchniej. Możliwa jest obróbka elementów z różnorodnych materiałów jak: twardego chromu (powłoki), węgla wolframu, węglików spiekanych, aluminium, miedzi, gumy ceramiki, tworzyw sztucznych oraz stopów niklu. Mikrowygładzanie powierzchni za pomocą foliowych taśm ściernych (nazywane także w literaturze superfinish lub

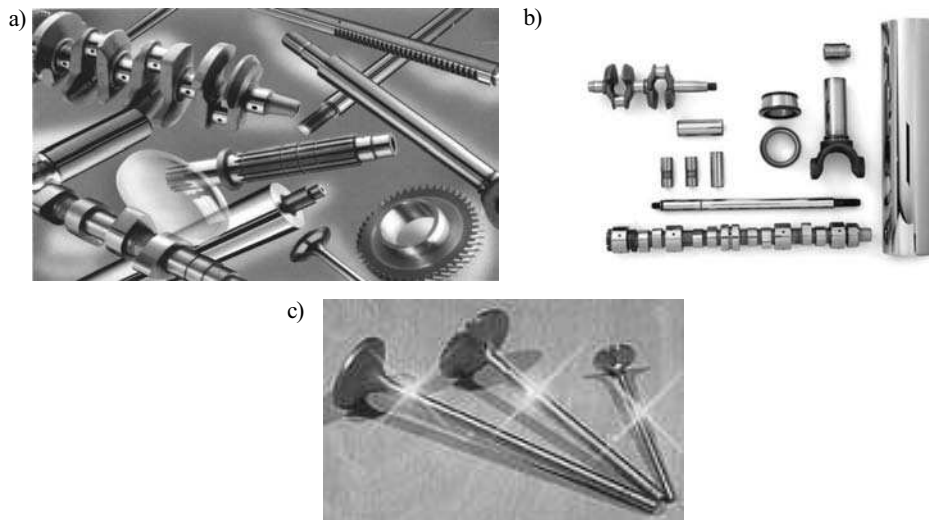
microfinishing) wyznaczyło nową erę w precyzyjnej obróbce. Efektem mikrowygładzania jest najwyższa jakość obrabianej powierzchni i krótkie czasy obróbki [8, 9]. Na rysunku 1 pokazano porównanie typowej powierzchni technicznej z powierzchniami będącymi efektami szlifowania ściernicą walcową i mikrowygładzania FTS, które to pozwala uzyskiwać powierzchnie o większej gładkości i nośności.



Rys. 1. Porównanie efektów szlifowania ściernicowego i mikrowygładzania FTS [14]
Fig. 1. Comparison of effects of grinding and micro-smoothing with FTS [14]

ELEMENTY SILNIKÓW Z POWIERZCHNIAMI BARDZO GŁADKIMI

W referacie zaprezentowano zbiór elementów silników spalinowych, których powierzchnie są lub mogą być obrabiane gładkościowo omawianymi metodami. Na rysunku 2 przedstawiono zróżnicowane zbiory elementów prezentowane przez firmy 3M i Supfina. W zbiorach tych znajdują się wały korbowe, wałki rozrządu, wałki mimośrodowe, wałki z uzębieniami obwodowymi oraz wzdłużnymi, tłoczyska, sworznie tłokowe, zawory ssące i wydechowe, kola zębate, pierścienie łożyskowe i inne. Bardzo gładkie powierzchnie tych elementów to czopy walcowe, powierzchnie zewnętrzne walcowe i stożkowe o chropowatości Ra zawierającej się w przedziale 0,01 do 0,1 μm .

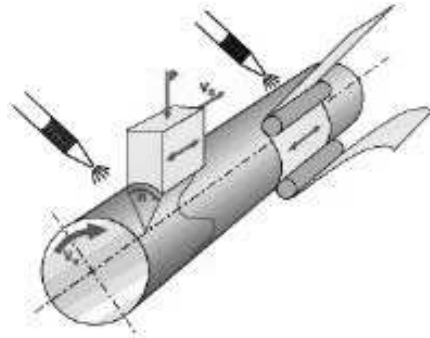


Rys. 2. Elementy silników z powierzchniami bardzo gładkimi, a) według firmy Supfina [13],
b) według firmy 3M [9], b) według firmy GEM [11]
Fig. 2. The engines elements with very smooth surfaces, a) according to the Supfina firm [13],
b) according to 3M firm [9], c) according to the GEM firm [11]

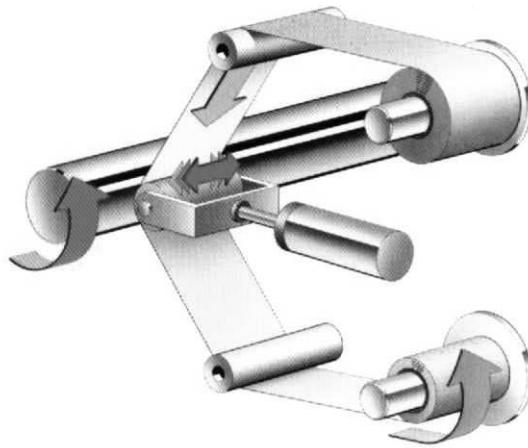
METODY MIKROWYGŁADZANIA POWIERZCHNI TECHNICZNYCH FTS

Na rysunkach 3-9 pokazano schematy metod mikrowygładzania zewnętrznych elementów walcowych FTS.

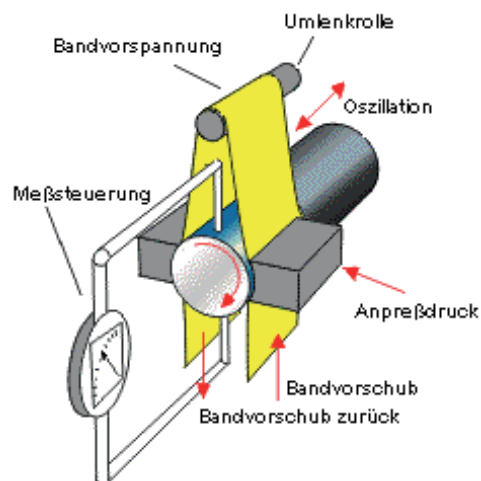
Wspólną cechą tych metod jest to, że taśma ścierna przesuwana się z prędkością od 500 do 1000 razy mniejszą od prędkości przedmiotu obrabianego. W metodach przedstawionych na rysunkach 5 i 7 taśma jest nieruchoma podczas obróbki, a przesuwana jest w przerwach technologicznych, niezbędnych na wymianę przedmiotu obrabianego.



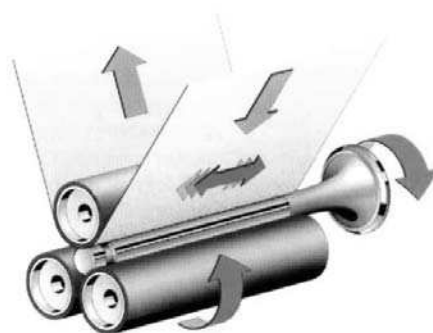
Rys. 3. Schemat metody mikrowygładzania oselką ścierną i FTS [13]
Fig. 3. The scheme of the micro-smoothing method with abrasive whetstone and FTS [13]



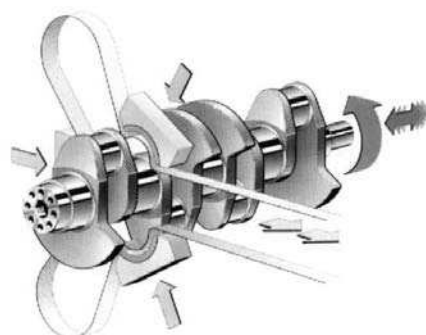
Rys. 4. Schemat metody mikrowygładzania wałka FTS [13]
Fig. 4. The scheme of the micro-smoothing with FTS method of the shaft [13]



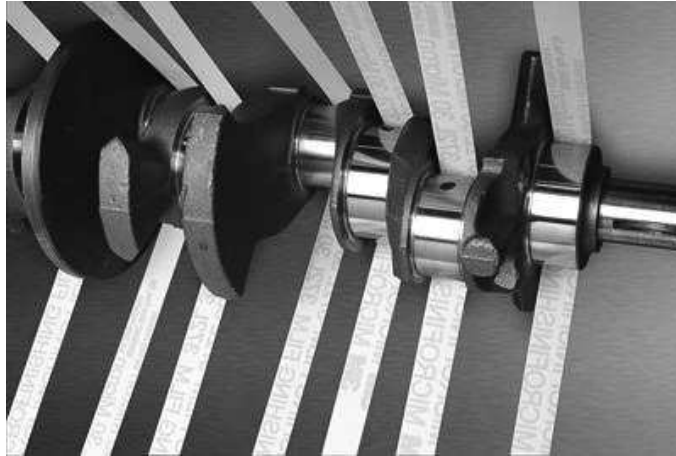
Rys. 5. Schemat metody mikrowyglądania wałka FTS [13, 14]
 Fig. 5. The scheme of the micro-smoothing with FTS method of the shaft [13, 14]



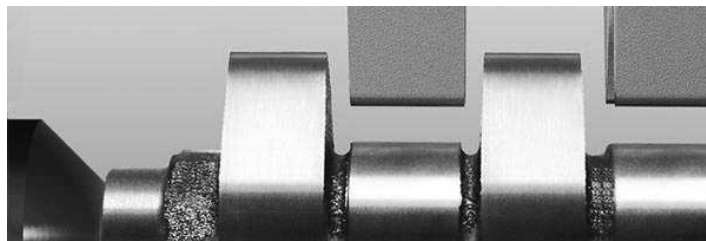
Rys. 6. Schemat metody bezkłowego mikrowyglądania wałka FTS [13]
 Fig. 6. The scheme of centerless micro-smoothing with FTS of the shaft [13]



Rys. 7. Schemat metody mikrowyglądania czopa wału korbowego FTS [13]
 Fig 7. The scheme of the micro-smoothing with FTS method of the crankshaft pin [13]



Rys. 8. Schemat metody mikrowygładzania czopów wału korbowego FTS [9]
Fig. 8. The scheme of the micro-smoothing with FTS method of the crankshaft pin [9]



Rys. 9. Schemat metody mikrowygładzania czopów wału rozrządu FTS [13]
Fig. 9. The scheme of the micro-smoothing with FTS method of the distribution shaft pins [13]

OBRABIARKI DO MIKROWYGŁADZANIA

W referacie pokazano wybrane, specjalizowane mikrowygładzarki taśmowe światowych firm do realizacji procesów mikrowygładzania powierzchni FTS. Fotografia na rysunku 10 pokazuje kłową mikrowygładzarkę taśmową do wałków, a na rysunku 11 – bezkłową mikrowygładzarkę taśmową do trzonek zaworów. Są to nowoczesne obrabiarki, często z komputerowym sterowaniem cyklem obróbki [11, 13].



Rys. 10. Fotografia obrabiarki do mikrowyglądania powierzchni walcowych FTS [11]
Fig. 10. The photograph of machine tool to micro-smoothing with FTS of cylindrical surfaces [11]



Rys. 11. Fotografia strefy obróbki podczas bezkłowego mikrowyglądania powierzchni trzonek zaworów silników spalinowych FTS [11]
Fig. 11. The photograph of processing area of centerless micro-smoothing with FTS of combustion engine valve stem surface [11]

GŁOWICE DO MIKROWYGLĄDZANIA ZAPROJEKTOWANE PRZEZ AUTORÓW

Na rysunkach 12-16 przedstawiono zaprojektowane przez autorów referatu i zbudowane w postaci prototypów, nowoczesne głowice do mikrowygładzania powierzchni zewnętrznych oraz unikatowe głowice do mikrowygładzania wewnętrznych powierzchni walcowych. Głowice te pokazano również na stanowiskach obróbkowych.



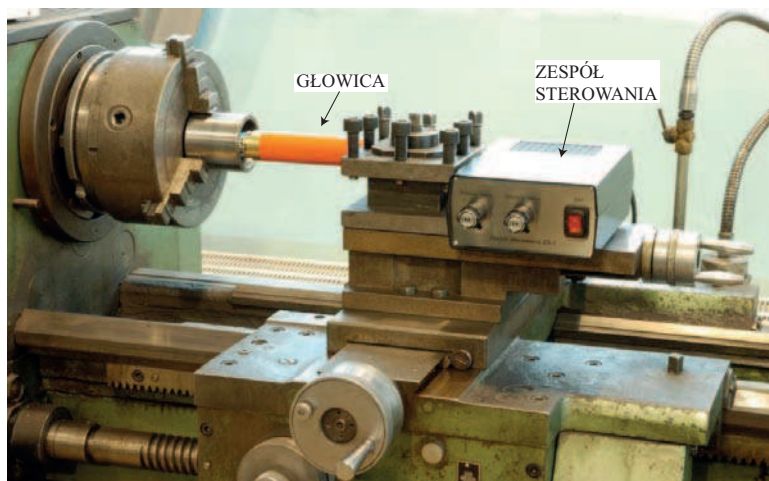
Rys. 12. Głowica typu GW-1 do mikrowygładzania zewnętrznych powierzchni walcowych foliowymi taśmami ściernymi [1, 3]

Fig. 12. GW-Head-1 to micro-smoothing external cylindrical foil tapes abrasives [1, 3]



Rys. 13. Głowica do oscylacyjnego mikrowygładzania otworów foliowymi taśmami ściernymi z zespołem sterowania ZS-1, typu GO-2 [2, 3]

Fig.13. The head of an oscillating foil holes micro-smoothing with abrasive strips with band control ZS-1, type GO-2 [2, 3]



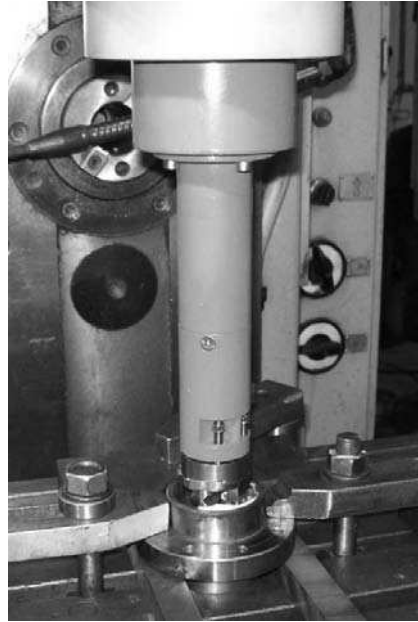
Rys. 14. Widok stanowiska obróbkowego z głowicą do mikrowyglądania otworów GO-1 i zespołem sterowania ZS-1 [2, 3, 4, 5]

Fig. 14. The stand of the head for micro-smoothing holes GO-1 and control unit ZS-1 [2, 3, 4, 5]



Rys. 15. Głowica do oscylacyjnego mikrowyglądania nieobrotowych cylindrów foliowymi taśmami ściernymi, typu GO-4 [2, 3]

Fig. 15. The head to oscillating micro-smoothing of the non-rotating cylinders with foil tapes abrasives, type GO-4 [2, 3]



Rys. 16. Widok stanowiska obróbkowego z głowicą do mikrowygładzania oscylacyjnego cylindrów, typu GO-4 [2, 3, 4, 5]

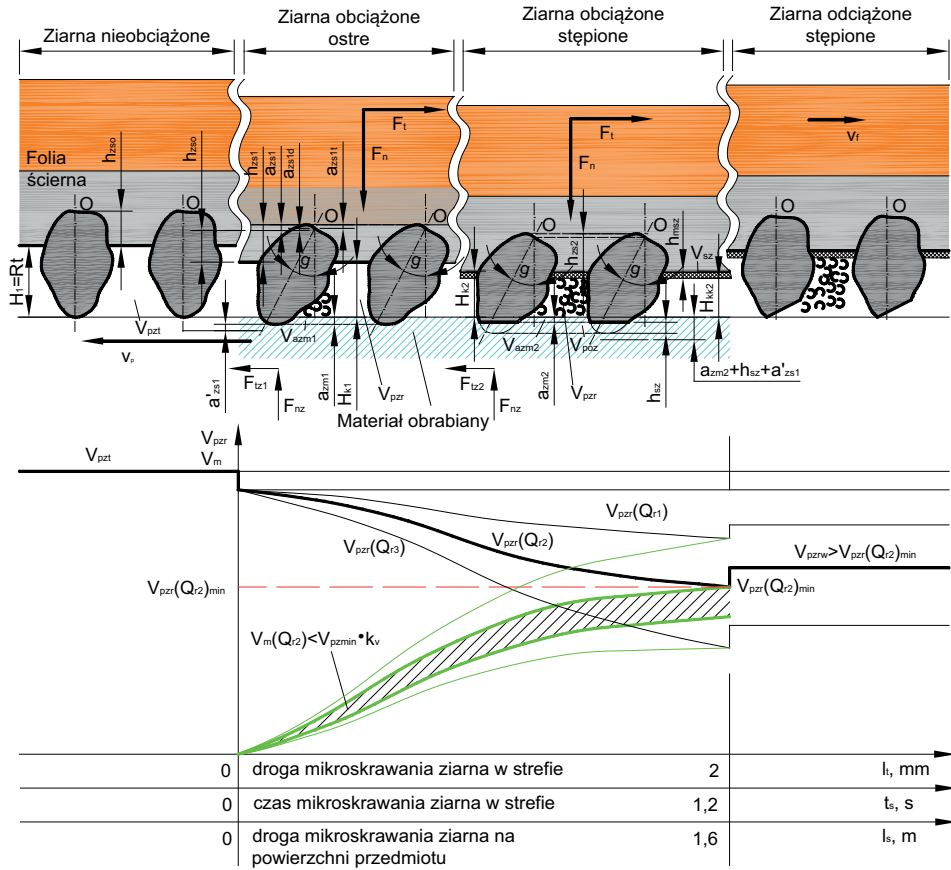
Fig. 16. The stand of the machining head to oscillating micro-smoothing of cylinders, type GO-4 [2, 3, 4, 5]

PODSTAWY OPRACOWANIA EFEKTYWNEGO PROCESU TECHNOLOGICZNEGO MIKROWYGŁADZANIA POWIERZCHNI FTS

Efektywne i ekonomiczne zastosowanie FTS zależy od umiejętnego i właściwego zaprojektowania procesu technologicznego mikrowygładzania.

W rozdziale podano wskazania technologiczne umożliwiające dobranie zbioru foliowych taśm ściernych i takie opracowanie procesu technologicznego, aby uzyskać zakładaną, najwyższą, jakość powierzchni obrobionej przy minimalnych powierzchniach zużytych taśm i dużej wydajności obróbki.

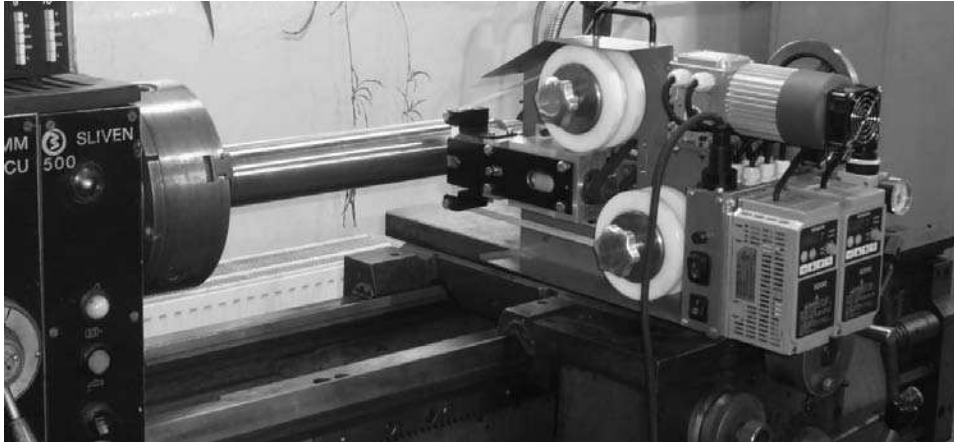
Na rysunku 17 pokazano schemat taśmy z ziarnami ściernymi kontaktującymi się z materiałem obrabianym oraz zmiany pojemności V_{pzt} dla materiałów o zróżnicowanych granicach plastyczności O_r oraz dopuszczalne zmiany objętości materiału obrobionego V_m wzdłuż drogi obróbki i w czasie obróbki. Zmieniająca się w czasie pracy taśmy pojemność przestrzeni międzyziarnowych jest podstawą do wyznaczenia powierzchni taśmy przeznaczonej do usunięcia określonej objętości materiału mikronierówności. Taśmę uważa się za zużytą jeśli wypełnione są jej przestrzenie międzyziarnowe.



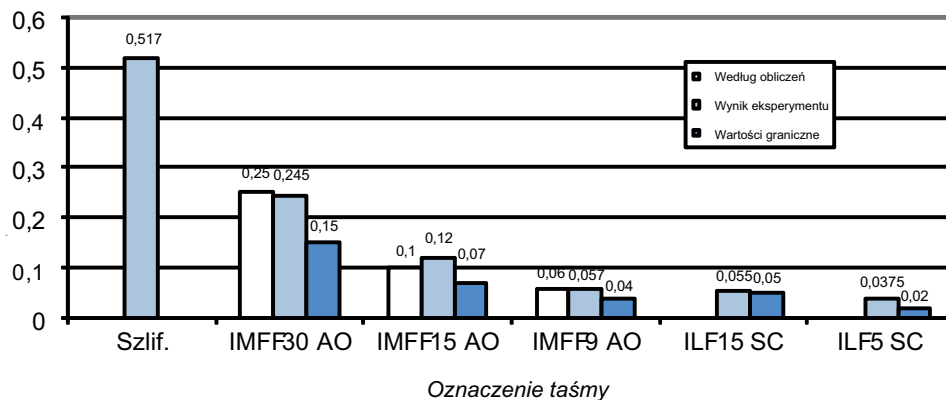
Rys. 17. Schemat taśmy z ziarnami ściernymi kontaktującymi się z materiałem obrabianym oraz zmiany pojemności V_{pzt} dla materiałów o zróżnicowanych granicach plastyczności O_r oraz dopuszczalne zmiany objętości materiału obrobionego V_m wzdłuż drogi obróbki i w czasie obróbki [8]

Fig. 17. The scheme of grit tape in contact with the workpiece material and changes in capacity V_{pzt} for materials with different yield limits of acceptable change O_r and the volume of processed material V_m along the treatment way and during the treatment [8]

Na rysunku 18 pokazano schemat do ilustracji metody doboru prędkości przesuwu taśmy v_f i prędkości obwodowej przedmiotu v_o , zapewniających maksymalizację wydajności objętościowej i wykorzystanie potencjału obróbkowego folii ściernej (dla przekrojów warstw skrawanych od S_{min} do S_{max} , dla taśm IMFF o szerokości 25 mm i wymiarach ziaren z elektrokorundu 80 μm)



Rys. 19. Mikrowygładzanie powierzchni walcowej foliową taśmą ścierną z zastosowaniem głowicy GW-1
 Fig.19. Micro-smoothing with the foil tape of cylindrical surface with using the head-cleaning GW-1



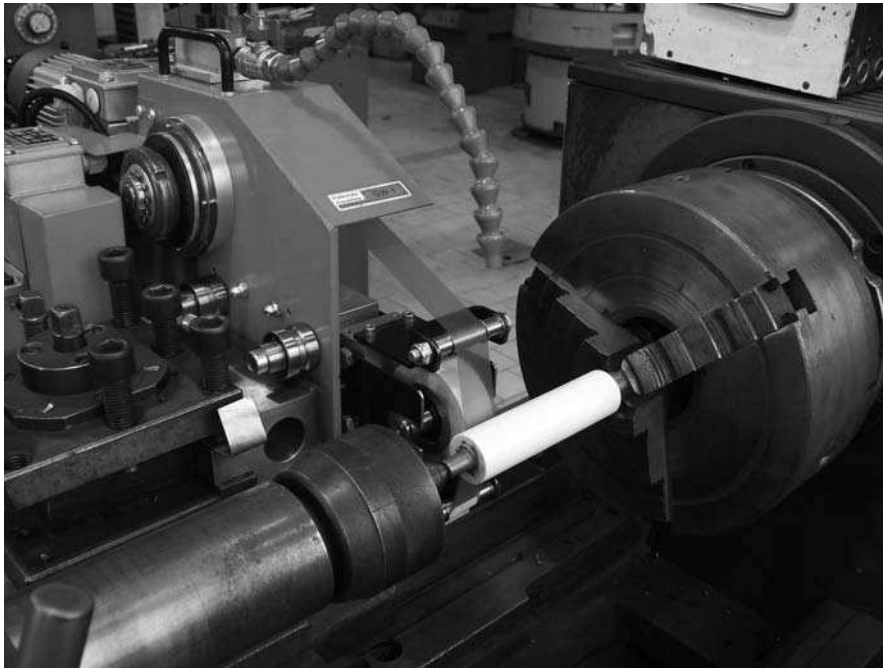
Rys. 20. Porównanie zakładanych, uzyskanych i granicznych parametrów chropowatości powierzchni wałka po zabiegach mikrowygładzania FTS głowicą GW-1 dla stali 45, 40HRC [1]
 Fig. 20. Comparison of the established, obtained and limit roller surface roughness parameters after micro-smoothing with FTS with head GW-1 for steels; 45 , 40HRC [1]

W prezentowanym eksperymencie uzyskano powierzchnie o chropowatości $Ra=0,0375 \mu\text{m}$ po zakończeniu procesu mikrowygładzania taśmą o wielkości ziarna $5 \mu\text{m}$, a chropowatości możliwe do uzyskania w danych warunkach określono na $Ra=0,02 \mu\text{m}$. Minimalne wymiary ziaren w produkowanych taśmach wynoszą nawet poniżej $1 \mu\text{m}$, co stwarza możliwość uzyskania znacznie bardziej gładkich powierzchni. Autorzy dysponują opracowanym algorytmem pozwalającym określić przewidywana chropowatość powierzchni obrabianej wybraną taśmą.

WYNIKI MIKROWYGŁADZANIA POWIERZCHNI WAŁKÓW CERAMICZNYCH

Tendencja do wprowadzania w silnikach spalinowych precyzyjnych elementów z materiałów niemetalowych [7], wywołuje potrzebę opracowania nowych sposobów ich obróbki. Ceramika techniczna, z uwagi na bardzo wysoką twardość i kruchość, wymaga stosowania specyficznych (różnych niż dla stali) warunków i narzędzi dla jej obróbki, szczególnie gładkościowej.

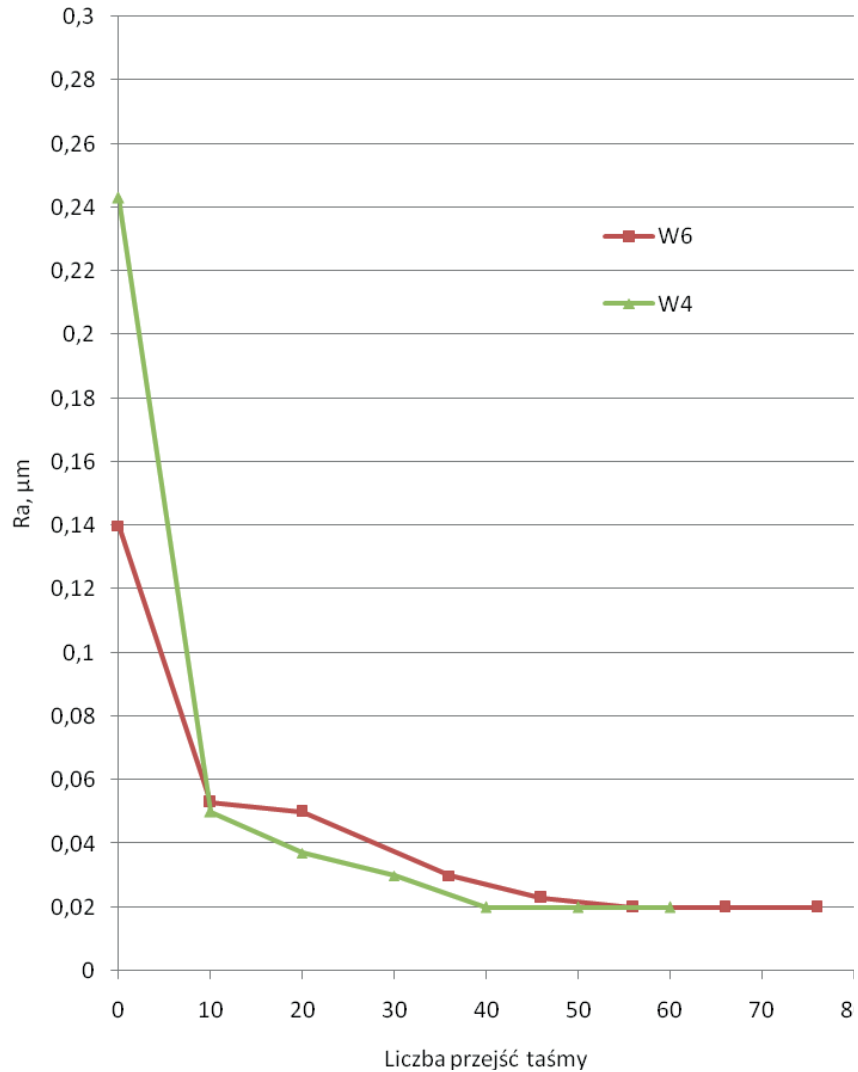
W dalszej części opisano efekty laboratoryjnych badań wykończeniowego mikrowygładzania powierzchni wałków wykonanych z ceramiki cyrkonowej [10] foliowymi taśmami ściernymi zawierającymi ziarna diamentowe. Na rysunku 21 pokazano mikrowygładzanie powierzchni ceramicznego wałka foliową taśmą ścierną z zastosowaniem głowicy GW-1.



Rys. 21. Mikrowygładzanie powierzchni ceramicznego wałka foliową taśmą ścierną z zastosowaniem głowicy GW-1

Fig. 21. Micro-smoothing with foil tape of the ceramic abrasive roller surface using the head GW-1

Rysunek 22 pokazuje przykładowe wartości parametru chropowatości powierzchni R_a wałków ceramicznych po zabiegach mikrowyglądania FTS z ziarnami diamentowymi.

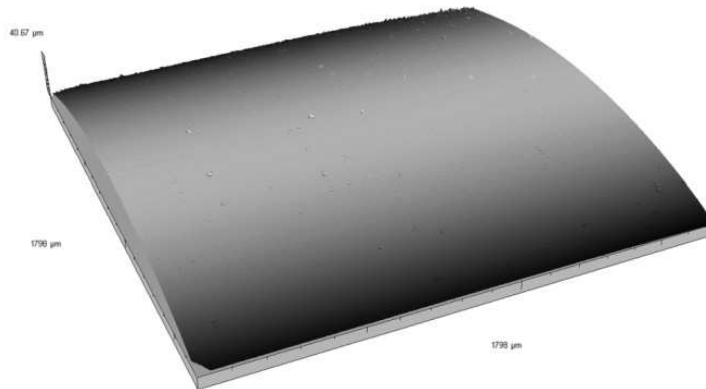


Rys. 22. Wartości parametru chropowatości powierzchni R_a wałków oznaczonych W4 i W6, z ceramiki cyrkonowej po zabiegach mikrowyglądania FTS z ziarnami diamentowymi [6]
Fig. 22. The parameter values of surface roughness R_a bearing rollers W4 and W6, zirconium ceramic after micro-smoothing with FTS with diamond grains [6]

Topografię powierzchni wałków wykonanych z ceramiki cyrkonowej przed mikrowyglądaniem ($R_a=1,637 \mu\text{m}$) przedstawiono na rysunku 23, a powierzchnię po mikrowyglądaniu, o bardzo niskiej chropowatości końcowej $R_a \leq 0,02 \mu\text{m}$, przedstawiono na rysunku 24. Poza bardzo wysoką gładkością uzyskano także refleksyjność powierzchni.



Rys. 23. Profilogram powierzchni toczonej narzędziami diamentowymi wałka ceramicznego W7 o $R_{ao}=1,637 \mu\text{m}$ [6]
 Fig. 23. Profilogram of the surface waged with diamond tools of ceramic shaft surface W7 when $R_{ao} = 1.637 \mu\text{m}$ [6]



Rys. 24. Profilogram 3D powierzchni wałka ceramicznego po sekwencyjnym mikrowygładzaniu foliowymi taśmami ściernymi typu IDLF, o chropowatości $R_{ak}=0,02 \mu\text{m}$ [6]
 Fig. 24. Profilogram 3D of ceramic roller surface after sequential micro-smoothing with foil strips IDLF abrasive type, roughness $R_{ak} = 0.02 \mu\text{m}$ [6]

PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono możliwości uzyskania ultra gładkich powierzchni elementów silników spalinowych poprzez mikrowygładzanie foliowymi taśmami ściernymi.

Zaprezentowane elementy silników spalinowych mają powierzchnie czynne bardzo starannie obrobione FTS. Metody mikrowygładzania powierzchni FTS mogą być bardzo zróżnicowane i są każdorazowo dobierane do rodzaju obrabianego materiału i przedmiotu. Światowe firmy budują specjalizowane mikrowygładzarki taśmowe. Prototypy nowoczesnych głowic do mikrowygładzania powierzchni zewnętrznych oraz unikatowe głowice do mikrowygładzania wewnętrznych

powierzchni walcowych zaprojektowane przez autorów, przeznaczone do instalowania na tokarkach uniwersalnych i frezarkach pionowych, spełniły swoje funkcje w warunkach laboratoryjnych.

Wyniki badań laboratoryjnych procesu wielozabiegowego mikrowygładzania stalowych wałków, potwierdzają możliwość uzyskiwania powierzchni o bardzo niskiej chropowatości końcowej $Ra \leq 0,02 \mu\text{m}$ i jednorodnej topografii.

Zaprezentowana w referacie metoda wykończeniowego wielozabiegowego mikrowygładzania powierzchni wałków z ceramiki cyrkonowej, z zastosowaniem foliowych taśm ściernych z ziarnami diamentowymi IDLF i nowej konstrukcji głowicy do wałków oraz wyniki badań laboratoryjnych procesu mikrowygładzania, potwierdzają możliwość uzyskiwania powierzchni o bardzo wysokiej gładkości i jednorodnej topografii, w tym uzyskanie powierzchni lustrzanych, o bardzo niskiej chropowatości końcowej $Ra \leq 0,01 \mu\text{m}$. Koszty narzędziowe mikrowygładzania ceramiki są znaczne i wynikają z wysokich kosztów jednostkowych taśm, przez co obróbka ta powinna być realizowana w zastosowaniach specjalnych. Zmniejszenie tych kosztów możliwe jest przez minimalizację liczby i powierzchni użytych taśm w procesach wielozabiegowego mikrowygładzania.

Podane w referacie wskazania technologiczne są pomocne w dobraniu zbioru foliowych taśm ściernych i opracowaniu procesu technologicznego, umożliwiającego uzyskanie zakładanej, najwyższej, jakości powierzchni obrabianej przy minimalnych powierzchniach zużytych taśm i dużej wydajności obróbki.

LITERATURA

1. Lewkowicz R., Kacalak W., Ściegienka R., Charkiewicz L., Bokiej S., Kasprzyk M., 2009: Głowica nowej konstrukcji do mikrowygładzania powierzchni zewnętrznych foliowymi taśmami ściernymi i wybrane efekty jej stosowania. Współczesne problemy obróbki ściernej pod redakcją J. Plichty. Materiały XXXII Naukowej Szkoły Obróbki Ściernej. Koszalin-Darłówek.
2. Lewkowicz R., Kacalak W., Ściegienka R., Charkiewicz L., Bokiej S., Kasprzyk M., 2009: Głowice nowej konstrukcji do mikrowygładzania otworów foliowymi taśmami ściernymi wybrane efekty ich stosowania. Współczesne problemy obróbki ściernej pod redakcją J. Plichty. Materiały XXXII Naukowej Szkoły Obróbki Ściernej. Koszalin-Darłówek.
3. Lewkowicz R., Kacalak W., Ściegienka R., Bałasz B., 2009: The new methods and heads for precision microfinishing with application of microfinishing films. Materiały 5th International Congress on Precision Machining. ICPM 2009. Stará Lesná – Slovakia.
4. Lewkowicz R., Ściegienka R., 2009: Nowoczesne metody obróbki super gładkich powierzchni precyzyjnych elementów samochodów. Materiały XI Ogólnopolskiego Symposium Naukowego „SYMROZ’2009”, Szczecin.
5. Lewkowicz R., Ściegienka R., Piątkowski P., Bałasz B., 2009: Modern methods of microfinishing super-smooth surfaces of car engines and suspensions parts. Logistyka nr 6.
6. Lewkowicz R., Kacalak W., Ściegienka R., 2010: Wykończeniowe mikrowygładzanie super gładkich powierzchni elementów ceramicznych. Podstawy i technika obróbki ściernej pod redakcją Andrzeja Gołąbczaka i Bogdana Kruszyńskiego. Materiały XXXIII Naukowej Szkoły Obróbki Ściernej. Łódź.
7. Pampuch R., 2005: Współczesne materiały ceramiczne. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH. Kraków.
8. Ściegienka R., Kacalak W., 2009: Podstawy doboru parametrów i warunków procesu mikrowygładzania powierzchni foliowymi taśmami ściernymi. Współczesne problemy obróbki

ściernej pod redakcją J. Plichty. Materiały XXXII Naukowej Szkoły Obróbki Ściernej. Koszalin-Darłowo.

9. <http://www.ussupplyinc.com/products/3m.html>.
10. www.cerel.pl/tworzywa.html.
11. <http://www.gem-usa.com/>.
12. <http://www.loeser.com/UK/products/superfin/super02.htm>.
13. <http://www.supfina.com/FR/142.htm>.
14. Prospekty firm 3M, GEM. LÖSER, SUPFINA.

THE SMOOTHING PROCESS WITH FOIL ABRASIVE TAPES OF RESPONSIBLE SURFACES OF COMBUSTION ENGINES ELEMENTS

Summary. The article presents the possibility of obtaining by micro-smoothing with the foil abrasive tapes the very smooth surfaces of combustion engines elements. The review was presented of the possibility of processing of working combustion engines elements with this method as well as the specialized belt smoothing machines of world firms. The prototypes are introduced, designed by the authors, of modern heads to micro-smoothing of external surfaces as well as the unique heads to micro-smoothing of internal cylindrical surfaces. The results of the authors' own laboratory researches of multi-treatment micro-smoothing process of steel and ceramic rolls are presented. There are given technological directions enabling to choose the foil abrasive tapes and to develop a technological process, enabling to obtain the highest, assumed quality of the worked surface with minimum worn surfaces of used tapes and large efficiency of processing. The topographies are shown of surface of rolls made from zirconium ceramics before and after micro-smoothing, with very low final roughness $Ra \leq 0,02 \mu\text{m}$.

Key words: the micro-finishing, superfinish, micro-smoothing, foil abrasive tapes, machine tools to micro-smoothing, the heads to micro-smoothing, elements of engines.

FEM APPLICATION IN THE CALCULATION OF PARAMETERS FOR TIRE-SOIL INTERACTION INCLUDING CONTACT STRESS

Włodzimierz Malesa

Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Mechanics and Petrochemistry
Department of Mechanical Systems Engineering and Automation
Address: Łukasiewicza 17, 09-400 Płock; e-mail: polsw@pw.plock.pl

Summary. This article presents the application of CAD systems with the use of the finite element method (FEM) in calculations of parameters for tire-soil interaction including contact stress. Moreover, a distribution model of surface pressures was developed as well as calculations of stresses in the soil with FEM application. The obtained theoretical findings resulted in a comparative analysis of the value of designated stresses with those obtained through empirical studies, carried out both in the laboratory (soil channel) and field conditions.

Key words: tire-soil interaction, computer aided design, finite elements method, contact stress, stresses in soil.

INTRODUCTION

The interaction of the drive unit with the ground is very significant not only for agrotechnological reasons, but also due to traction. Consequently, it is necessary for the drive mechanisms of machines and equipment to move on deformable ground to exert the least possible unitary pressure, and simultaneously to obtain the maximum traction power in given conditions.

This article presents the results of research study with the use of the finite element method (FEM) in calculations of particular parameters of the tire-soil interaction. It was vital to verify available tools for solid modeling and FEM calculations from the perspective of their usefulness for calculating the pressures in soil under particular tires while driving a farming machine.

The important aspect of research was the analysis of contact stresses in tire-soil interaction and propagation of stress in soil.

MODELLING TIRE-SOIL INTERACTION INCLUDING CONTACT STRESS

Use of FEM application in analyzing the propagation of stresses in the soil medium following the influence of a particular tire used for self-propelled farming machinery was implemented in several stages. A crucial step was to execute the model tire-soil interaction including contact stress between two deformable objects (tire and soil) in CAD system and export this to FEM application. This task was carried out by modeling contact zone using the method „surface-to-surface” in the following steps:

- construction of tire-soil model,
- selection of material properties,
- determination of the contact zone,
- determination of the type of contact,
- setting the boundary conditions,
- creation of the finite element mesh,
- numerical solution of the problem,
- analysis of the results of numerical calculations.

Analysis of the results of calculations was performed for particular cross sections of the tire-soil geometrical model. The obtained theoretical findings resulted in a comparative analysis of the value of designated stresses with those obtained through empirical studies, carried out both in a laboratory (soil channel) and also in field conditions, conducted in the Federal Agricultural Research Center - Braunschweig.

THE TIRE-SOIL INTERACTION MODEL

A model of tire-soil in CAD system was made by determination of quantitative geometrical features, material characteristics and dynamic features. The model meets the requirements of the laboratory that occurred during the test chosen tire (Stomil 14.9-28/8PR) on the soil channel and the position of field. The method to determine the material characteristics in CAD system was presented in Figure 1.

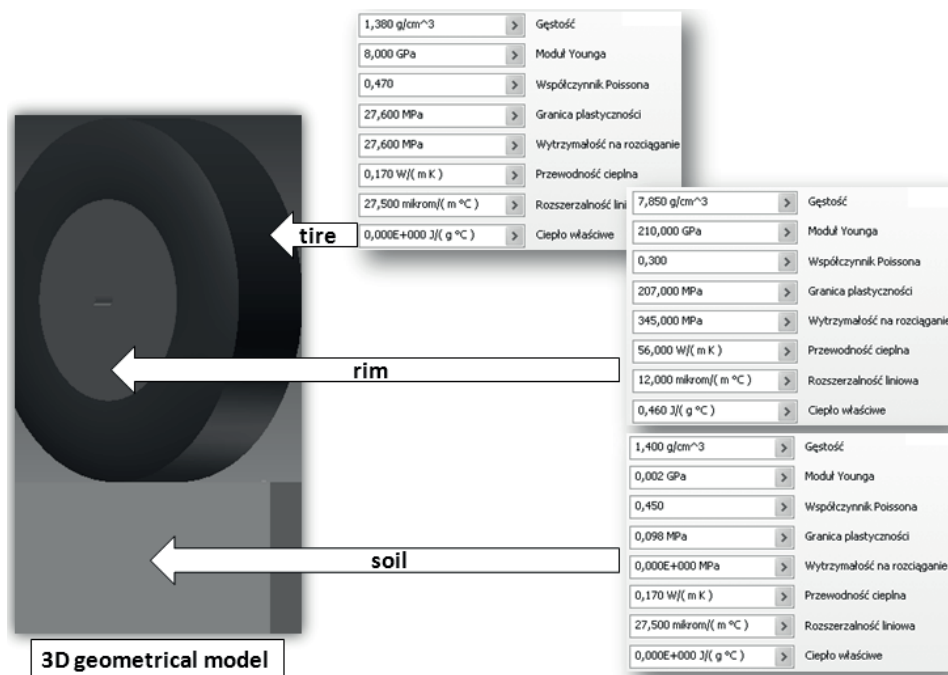


Fig. 1. Selection of material qualities in the CAD system

Determination of the contact zone and the type of contact was made in the modeling process. The analysis of the area discretization process of the model was subsequently performed. A mesh of elements was generated. The mesh was composed of 304 716 nodes and 193 872 elements. The items took the form of tetrahedrons, size of elements selected on the basis series of calculations realized at the moment when reducing of the size had no influence on the accuracy of calculations. At the place of the tire the contact with the soil mesh densities were both on the surface of the driving element and the soil model. Figure 2 shows an example of the configuration element mesh for the analyzed tasks.

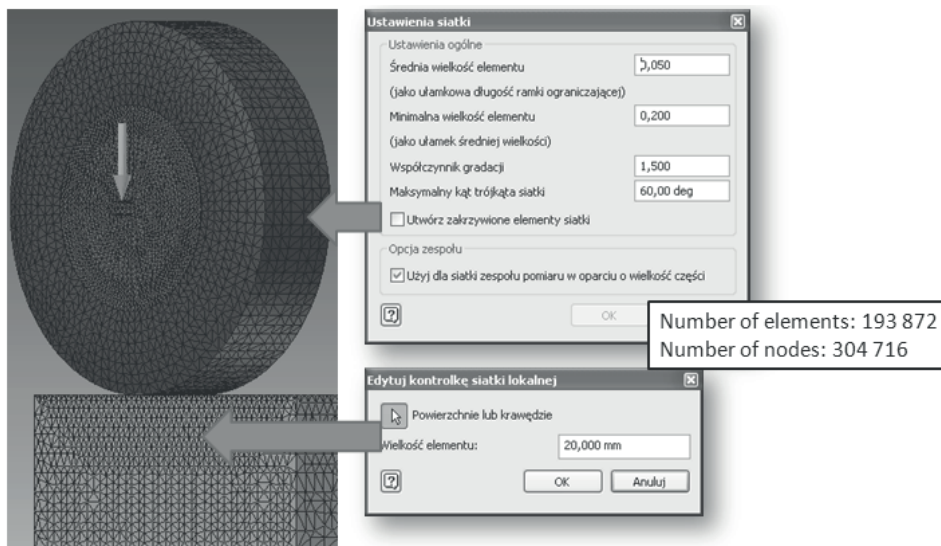


Fig. 2. Discretization process area analysis of the model

CALCULATION OF THE STRESS IN THE SOIL AND THEIR ANALYSIS WITH THE FINITE ELEMENT METHOD

Calculation of the stresses on the surface of contact and stress distribution in the ground was performed using ANSYS system. Sample results are shown in figure 3.

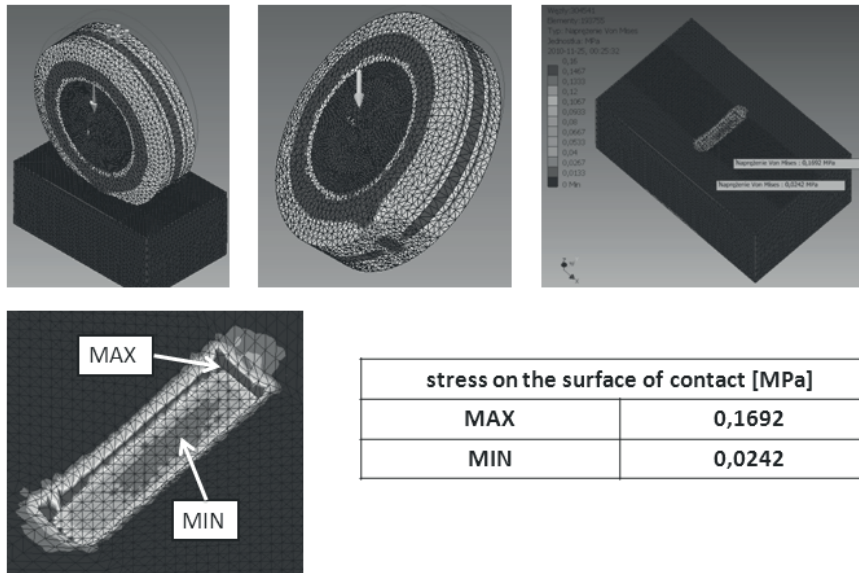


Fig. 3. Sample results of contact stress

Strength calculations of stress arising in the soil medium based on the hypothesis Huber-Mises-Hencky was implemented in ANSYS system in accordance with the following relationship.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x + 3\tau_{xy}^2 + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{zx}^2}$$

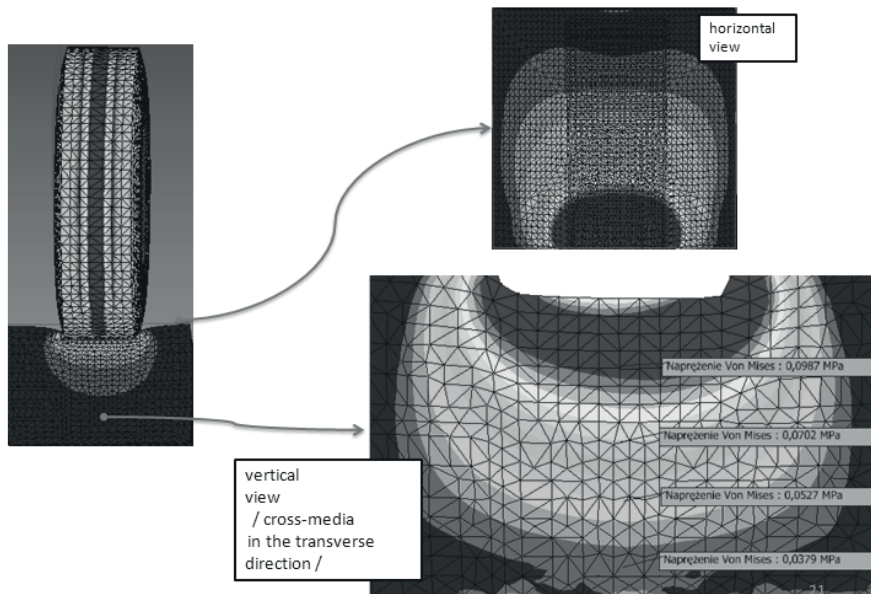


Fig. 4. Reduced stress (σ_{red}) distribution into the ground

According to the methodology of measurement made in the laboratory (soil channel) and also in field conditions set the normal component of stress calculations performed using the ANSYS system. The normal component of the stress (σ_n)_{was} determined on the basis of the following relationships.

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 0 \\ \sigma_y &= 0 \\ \tau_{xy} &= 0 \\ \sigma_n &= \sqrt{\sigma_z^2 + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{zx}^2}. \end{aligned}$$

Results of calculations σ_n are shown in Table 1 and Figure 5.

Table 1. Results of calculations σ_n

depth [mm]	σ_z [KPa]	τ_{ZY} [Kpa]	τ_{Zx} [Kpa]	σ_n [KPa]
100	-97	0,0022	0,0001	97
125	-91	0,0018	0,0001	91
150	-84	0,0015	0,0001	84
175	-78	0,0013	0,0001	78
200	-72	0,0010	0,0000	72
225	-67	0,0008	0,0000	67
250	-62	0,0007	0,0000	62
275	-57	0,0005	0,0001	57
300	-53	0,0004	0,0001	53
325	-50	0,0003	0,0001	50
350	-46	0,0002	0,0001	46
375	-43	0,0002	0,0003	43
400	-40	0,0001	0,0005	40
425	-39	0,0003	0,0004	39

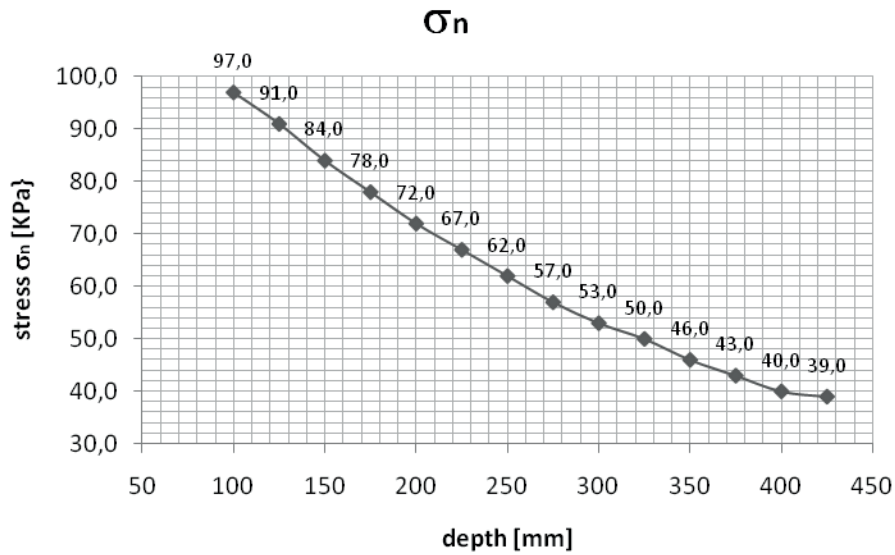
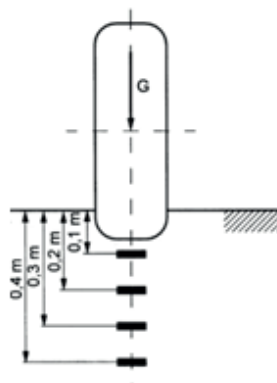


Fig. 5. Propagation of stresses in the depths of the soil medium

VERIFICATION RESULTS

The results obtained with the FEM application were compared with the laboratory results carried out for the selected tire, which was modeled for the purposes of the simulation conducted with the use of the ANSYS system. The results obtained in laboratory (soil channel) and field tests were used for the comparative analysis.

Laboratory tests conducted on a sandy loam soil. To measure the stress, four pressure sensors were used buried in soil in the axis of the rut as shown in Figure 6.



Source: Jakliński L.: Mechanika układu pojazd-teren w teorii i badaniach (Mechanics of vehicle-terrain systems in theory and tests) Wybrane zagadnienia (Selected issues), OWPW 2006,
Fig. 6. Location of sensors in the tests of pressure in the axis of the rut

The stress measurement results compared to the values calculated in the FEM system were presented in Table 2. The distribution of pressure values in the plane parallel to the wheel track axis at four measurement depths was presented for $G=7$ kN. For the analysis of model calculations smooth tires were assumed with airflow pressure of 80 kPa.

Table 2. Comparison of measurement results with FEM calculations

h_i [mm] (depth)	σ_n [kPa]	σ [kPa] (laboratory tests)				difference [%]
		test 1	test 2	test 3	average	
100	97,0	86,9	84,4	85,1	85,6	11,75%
200	72,0	59,4	67,4	60,7	62,5	13,19%
300	53,0	44,5	40,8	46,7	44,0	16,98%
400	40,0	29,9	35,1	32,2	32,4	19,00%

Measurement results and those calculated with the FEM indicate significant similarity (approx. between 12% - 14% error difference) for smaller ground depths (100 mm, 200 mm). At greater depths (300 mm, 400 mm) the differences between measurements and calculations exceed even 19 %, which can be the result of several factors:

- the geometrical model of the tire was of insufficient accuracy,
- using approximate material properties for the ground model (elastic-plastic material),
- approximate model of peripheral conditions used in FEM
- not applicable isoparametric elements in the FEM grid,
- laboratory measurement errors - positioning sensors.

In order to improve the accuracy of calculations, the geometrical models of the ground and of the tire interacting with it should be better prepared in further research studies; the accuracy of the FEM model should be improved; the physical data characterizing the ground should completely correspond to the actual properties of the soil examined in laboratory conditions.

CONCLUSIONS

The results of FEM calculations have been presented in the form of color maps, tabular comparisons and diagrams. The analysis of theoretical results showed a similarity of the calculated values of stresses obtained through empirical studies, carried out both in the laboratory (soil channel) and also in field conditions.

The application of CAD systems as well as digital simulation methods and FEM calculations in the issues under discussion has given measurable advantages, among others the ones as follow:

- a significant reduction in time needed for research and independence of the research process from weather and climatic conditions,
- relieving the research team of routine and uncreative activities - time-consuming preparation of research stands, and laborious analyses of results,
- facilitating the performance of comparative analyses of tires under examination, as well as types of ground,

- conducting reliable research studies with the application of computer systems at the stage of designing the tire and driving unit, without the necessity to carry out costly and time-consuming laboratory research,
- possible industrial applications, for example: construction machinery industry, defense industry, agricultural machinery industry and car industry.

REFERENCES

- Bekker M.G. Introduction to terrain-vehicle system, The University of Michigan Press, Ann Arbor 1969.
- Jakliński L.: Mechanika układu pojazd-teren w teorii i badaniach (Mechanics of vehicle-terrain systems in theory and tests) Wybrane zagadnienia (Selected issues), OWPW 2006.
- Jakliński L.: Modele oddziaływania koła pneumatycznego na glebę (Models of the impact of a pneumatic wheel on soil), OWPW 1999.
- Jakliński L.: Monitorowanie rozkładu nacisków jednostkowych w badaniach polowych. Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna, 2004, nr 1, s.27-28.
- Jakliński L., Pilarczyk S.: Badanie rozkładu nacisków jednostkowych w glebie z uwzględnieniem występowania podeszwy płuznej, Journal of research and applications in agricultural engineering, Poznań 2008, vol. 53(3), str. 96.
- Jakliński L., Jasiński B., Lebert M., Krzywosiński S.: Monitoring tire-soil individual stresses as contribution to soil protection, Systemy Mikroprocesorowe w Rolnictwie Międzynarodowa Konferencja – Płock 2004, s. 50-61.
- Jakliński L., Pilarczyk S.: Analiza propagacji nacisków wybranych napędowych opon rolniczych, X Międzynarodowe Sympozjum Inżynierii Systemów Bioagrotechnicznych, Płock 2007, Zeszyt 6(15), s.29-33.
- Król K.: Metoda elementów skończonych w obliczeniach konstrukcji, Politechnika Radomska, Wydawnictwo (2006).
- Kruszewski J., Gawroński W., Wittbrodt E., Najbar F., Grabowski S.: Metoda sztywnych elementów skończonych, Arkady 1975.
- Kruszewski Z., Jakliński L.: Badania porównawcze opon napędowych do ciągników rolniczych 14.9-28 8PR „Stomil” i „Good Year”, Sprawozdanie z pracy zleconej przez OZOS Stomil, Płock 1990.
- Pytka J., Szymaniak G.: Investigations of stress state in soil under Tractor tyres, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa IV/2004, s. 172, Wydawnictwo Oddziału PAN w Lublinie.
- Rakowski G., Kacprzyk Z., Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, OWPW 2005.
- Sołtyński A.: Mechanika układu pojazd-teren, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1966.
- Sommer C., Lebert M., Jakliński L., Jasiński B.: Bodenschadverdichtung Strategien und physikalischen Bodenschutz. Landtechnik no. 2, 2003.
- Stasiak W.: Analiza modeli opisujących rozkład naprężeń w glebie, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Poznań, 2008, vol. 53 (2), str. 39-43.
- Stasiak W., Modele propagacji nacisków w glebie generowanych przez oponę, praca doktorska, PW Płock, 2003.
- Szmelter J., Dacko M., Dobrociński S., Wiczorek M.: Metoda elementów skończonych w statyce konstrukcji. Przykłady obliczeń, Arkady 1979.
- Szymaniak G., Pytka J.: Effects of reduced inflation pressure and ride velocity on soil surface deformation, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III/2003, s. 236, Wydawnictwo Oddziału PAN w Lublinie.

Zagrajek. T., Krzesiński G., Marek P.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS, OWPW 2006.
Zienkiewicz O.C.: Metoda elementów skończonych, Arkady 1972.

ZASTOSOWANIE METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH W OBLICZENIACH WYBRANYCH PARAMETRÓW WSPÓŁPRACY OPONY Z GLEBĄ Z UWZGLĘDNIENIEM NAPRĘŻEŃ KONTAKTOWYCH

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono zastosowanie systemów CAD z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), w obliczeniach wybranych parametrów współpracy opony z glebą z uwzględnieniem naprężeń kontaktowych. Ponadto wykonano model rozkładu nacisków powierzchniowych oraz obliczenia naprężeń powstałych w glebie z zastosowaniem MES. W następstwie uzyskanych wyników obliczeń teoretycznych została przeprowadzona analiza porównawcza wartości wyznaczonych nacisków z uzyskanymi wynikami w trakcie badań laboratoryjnych (kanał glebowy) jak i w warunkach polowych.

Słowa kluczowe: oddziaływanie opony na glebę, komputerowo wspomaganie projektowanie, metoda elementów skończonych, naprężenia kontaktowe, rozkład naprężeń w glebie.

TRYBOLOGICZNE CHARAKTERYSTYKI USZCZELNIEŃ PRZY WSPÓŁPRACY Z OLEJAMI ROŚLINNYMI

Andrzej Mruk, Wojciech Szczypiński-Sala

Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Politechnika Krakowska

Streszczenie. W niniejszym artykule opisano wyniki oceny trybologicznej charakterystyki współpracy uszczelnień pierścieniowych w ruchu posuwisto - zwrotnym przy współpracy z olejami roślinnymi. Przedstawiono wyniki pomiarów wartości oporów ruchu dla modelu węzła uszczelniającego tłoczysko w cylindrze hydraulicznym z uszczelnieniem o przekroju kołowym.

Słowa kluczowe: uszczelnienia, oleje roślinne, trybologia.

WSTĘP

Rośliny oleiste poza tradycyjnym ich wykorzystaniem w coraz większym stopniu stanowią uzupełnienie bazy produktów przemysłowych o zastosowaniach technicznych [6,7]. Coraz wyraźniej widoczne jest dążenie do praktycznego zastosowania produktów proekologicznych, które ulegają biodegradacji w bardzo krótkim czasie [3]. Ogromne znaczenie ma również fakt, że uprawa roślin oleistych na cele techniczne może być prowadzona na terenach o ograniczonej przydatności rolniczej, na przykład terenach przemysłowych, skażonych, na których ze względów zdrowotnych nie powinno się produkować ani żywności ani pasz dla zwierząt.

To szersze wykorzystanie olejów roślinnych sprawia, iż w wielu wypadkach istotne stają się ich własności trybologiczne, mogą one decydować o pracy smarowanych nimi węzłów tarcie, jak również węzłów uszczelniających [1,2,4,5]. W wielu urządzeniach najtańszym i najbardziej uniwersalnym stosowanym rozwiązaniem są pierścienie uszczelniające o przekroju kołowym. Mogą one pracować zarówno jako uszczelnienia spoczynkowe jak i ruchowe. Niewątpliwą zaletą jest prostota tego rozwiązania oraz obustronne działanie. Stąd też uszczelnienia tego typu znajdują szerokie zastosowanie w układach hydraulicznych.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy była ocena działania uszczelnień pierścieniowych w przypadku pracy z olejami pochodzenia roślinnego. Wykonano pomiary na modelu węzła uszczelniającego tłoczysko w cylindrze hydraulicznym z uszczelnieniem o przekroju kołowym. Uzyskane wyniki pozwalają na trybologiczną charakterystykę działania węzła uszczelniającego.

METODYKA BADAŃ

W celu oceny możliwości współpracy wężła uszczelniającego z wybranymi czynnikami wykonano testy na węźle z uszczelnieniem typu o-ring. Budowę testowego wężła pokazano na rys.1. Tłoczek o średnicy 18 mm uszczelniane było pierścieniem zaciśniętym w gnieździe cylindra. Średnica gniazda pierścienia wynosiła 27,60 mm, zatem uszczelnienie typu o-ring o średnicy 18 mm i grubości sznura 10 mm montowane było ze wstępnym zaciskiem w gnieździe pierścienia. Średnicę gniazda przyjęto na podstawie wcześniej prowadzonych badań, jako typową dla uzyskania zalecanych wartości zacisku uszczelnienia.

Chropowość powierzchni tłoczyska wynosiła $Ra=0,07 \mu\text{m}$. Pomiary chropowości tłoczyska wykonano na profilografie Hommel T1000. Zarys profilu chropowości tłoczyska pokazano na rys.2. W obydwu kierunkach ruchu tłoczyska, zarówno w swie dośrodkowym jak i zewnętrznym mierzono opory ruchu. Pomiary wykonywano przy prędkości przesuwu tłoczyska 0,2 m/s.

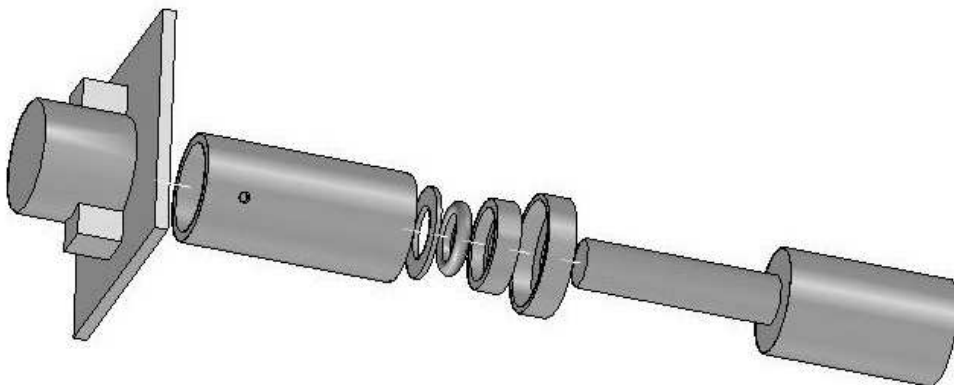
Przeprowadzono próby z czterema olejami roślinnymi najczęściej stosowanymi w przemyśle: rzepakowym, kukurydzianym, sojowym oraz rycynowym. Oleje te miały następujące własnościami w temperaturze 20°C:

olej kukurydziany: gęstość 0,922 [kg/dm³]; lepkość 72 [mm²/s],

olej rzepakowy: gęstość 0,918 [kg/dm³]; lepkość: 67 [mm²/s],

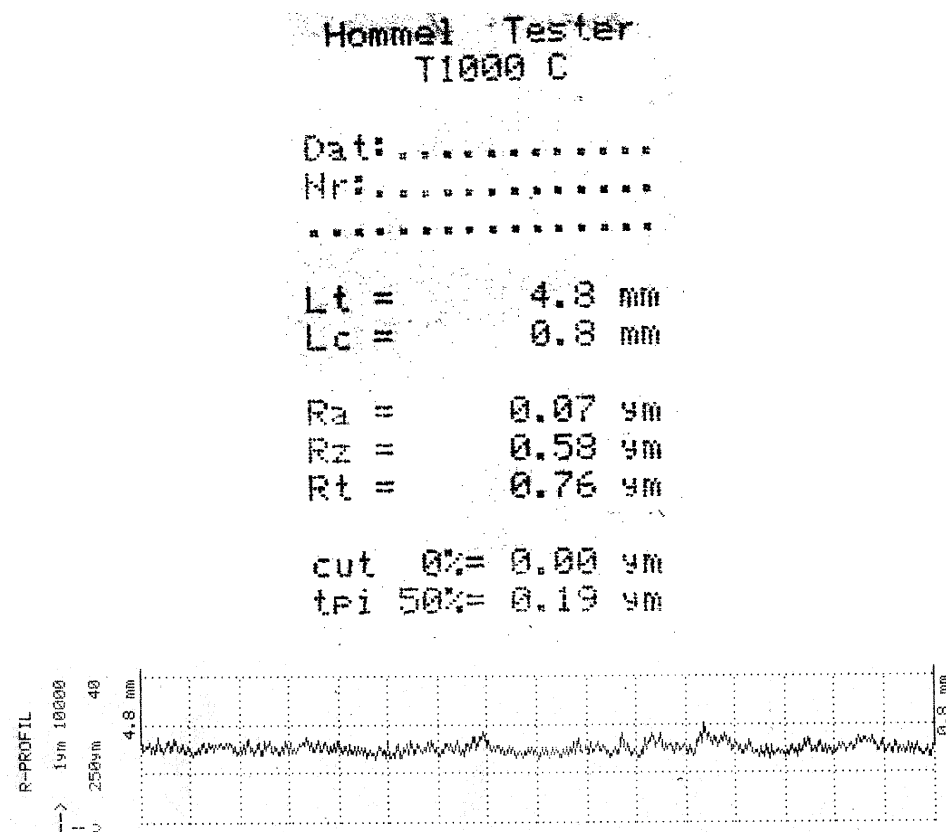
olej rycynowy: gęstość 0,956 [kg/dm³]; lepkość: 98 [mm²/s],

olej sojowy: gęstość 0,921 [kg/dm³]; lepkość: 79 [mm²/s].



Rys. 1. Schemat testowego wężła uszczelniającego

Fig. 1. Schematic diagram of test head



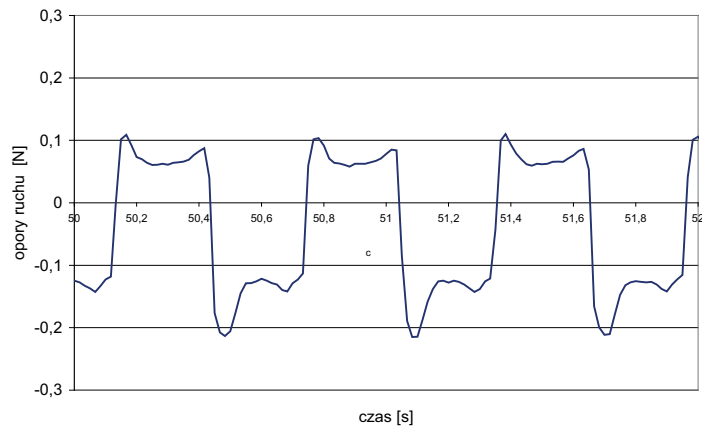
Rys. 2. Zarys profilu chropowatości powierzchni testowego tłoczyska

Fig. 2. Surface profile of piston rod

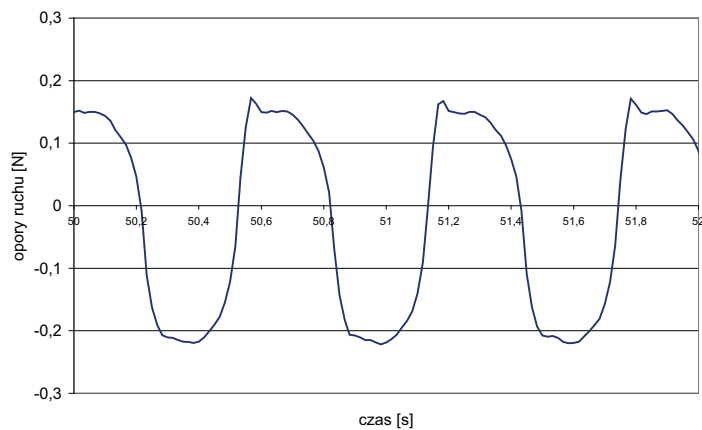
WYNIKI BADAŃ

Podczas współpracy w węźle uszczelnienia z tłoczyskiem, tłoczysko wykonuje ruch postępowy względem pierścienia. W obszarze pod uszczelnieniem zostają stworzone warunki tarcia mieszanego, lub hydrodynamicznego. Uszczelnienia pierścieniowe typu o-ring w dość szerokim zakresie warunków pracy są smarowane hydrodynamicznie cieczą z uszczelnianej przestrzeni. Warunki tej współpracy oraz kształtowania warstwy smarnej, będą decydowały o oporach ruchu w węźle. Na rysunkach od 3 do 6 przedstawiono przebiegi zmian oporów ruchu dla przykładowych kilku kolejnych skoków tłoczyska podczas próby. Na wykresach dodatkowo wartości przebiegu oporów odpowiadają skokowi zewnętrznemu tłoczyska natomiast ujemne skokowi dośrodkowemu. Przy wszystkich pokazanych przebiegach daje się zauważyć, iż opory przy wysuwie tłoczyska z cylindra są mniejsze niż przy suwie dośrodkowym. Zmiany wartości oporów podczas całego skoku wynikają z przebiegu formowania warstwy oleju w strefie współpracy uszczelnienia z tłoczyskiem. Na wartość tych oporów istotny wpływ ma grubość tej warstwy. Jest to również ściśle związane z wielkością przecieków, bowiem w zależności od kierunku przesuwu tłoczyska występują inne warunki na wejściu do szczeliny uszczelniającej. Podczas powrotnego

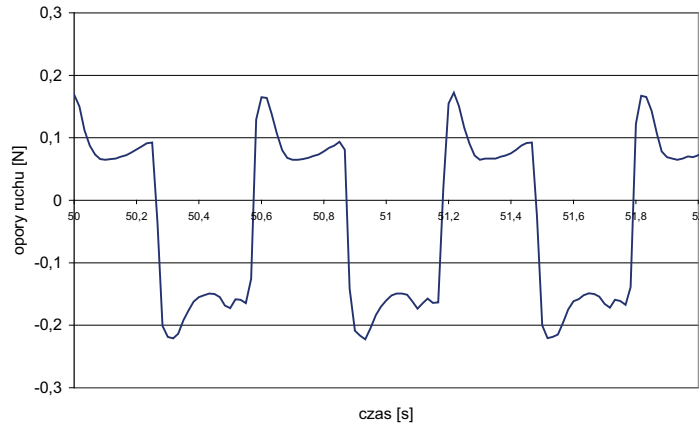
suwu tłoczyska by mogło dojść do uformowania filmu smarnego na wejściu do szczeliny musi pojawić się duże ciśnienie hydrodynamiczne. Ze względu na podatność materiału uszczelnienia i niewielkie jego odkształcenia ciśnienie w cieczy pod uszczelnieniem, na szerokości kontaktu z tłoczyskiem, będzie odpowiadało wywieranemu przez uszczelnienie naciskowi. Na wykresach przebiegu zmian oporów ruchu w pierwszej fazie suwu tłoczyska wyraźnie widoczny jest skok wartości oporów. Ten wzrost jest nieco mniejszy w przypadku oleju kukurydzianego i najmniejszy dla oleju rycynowego.



Rys. 3. Opory ruchu tłoczyska i uszczelnienia (olej kukurydziany)
Fig. 3. Variation of friction force between seal and piston rod (corn oil)

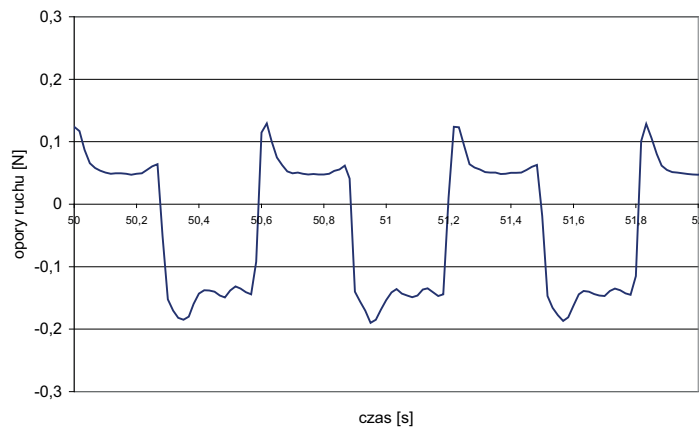


Rys. 4. Opory ruchu tłoczyska i uszczelnienia (olej rycynowy)
Fig. 4. Variation of friction force between seal and piston rod (castor oil)



Rys. 5. Opory ruchu tłoczyska i uszczelnienia (olej rzepakowy)

Fig. 5. Variation of friction force between seal and piston rod (rape oil)

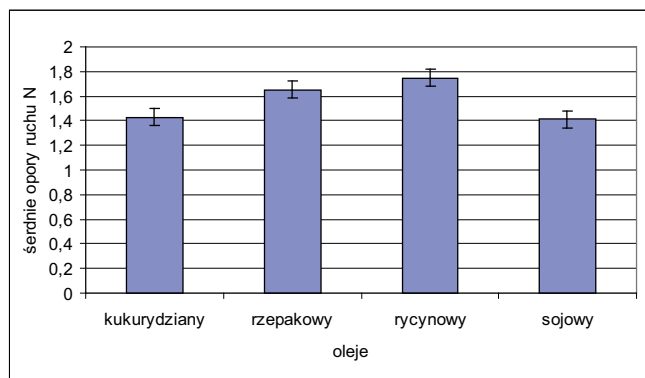


Rys. 6. Opory ruchu tłoczyska i uszczelnienia (olej sojowy)

Fig. 6. Variation of friction force between seal and piston rod (soybean oil)

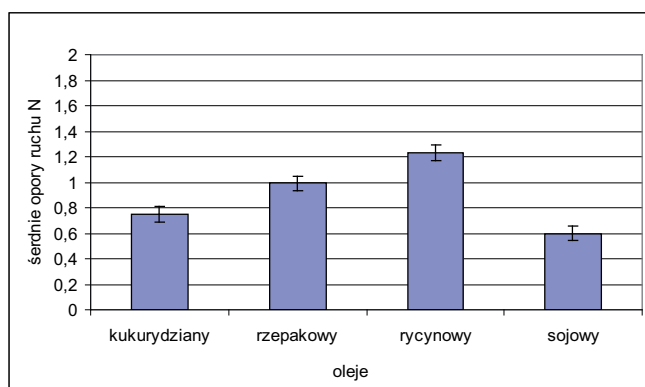
W oparciu o zarejestrowane przebiegi z całej próby oszacowano średnie wartości oporów ruchu, co pokazano odpowiednio dla suwu dośrodkowego na rys.7, a dla suwu zewnętrznego na rys.8. Daje się zauważyć analogię pomiędzy obydwoma wykresami, to znaczy, iż średnie wartości oporów ruchu zmieniają się proporcjonalnie dla obu kierunków ruchu tłoczyska. Wyznaczone ich średnie wartości dla suwu zewnętrznego są najmniejsze dla pracy węzła uszczelniającego z olejem sojowym, większe o około 15% przy pracy z olejem kukurydzianym, o kolejne 20% - rzepakowym i największe przy pracy z olejem rycynowym. W tym ostatnim przypadku wartość oporów jest dwukrotnie większa niż przy pierwszym z ocenianych - oleju sojowym. Zauważyć jeszcze można, że dla suwu dośrodkowego praktycznie nie ma różnicy w poziomie wartości oporów ruchu dla olejów sojowego i kukurydzianego. Takie wyniki tłumaczy to, że przy zastosowaniu oleju sojowego przecieki występujące w węzle uszczelniającym są większe. Stąd duża ilość oleju rozprowadzana jest na powierzchni tłoczyska zmniejszając opory ruchu. Oznacza to, że ze względu na właści-

wości tego oleju należy dobrać inne parametry zacisku uszczelnienia. Zastosowane w badaniach nie spełniają wymogów eksploatacyjnych z uwagi na wielkość przecieków.



Rys. 7. Wartości średnich oporów ruchu dla suwu dośrodkowego (wsunięcie tłoczyska)

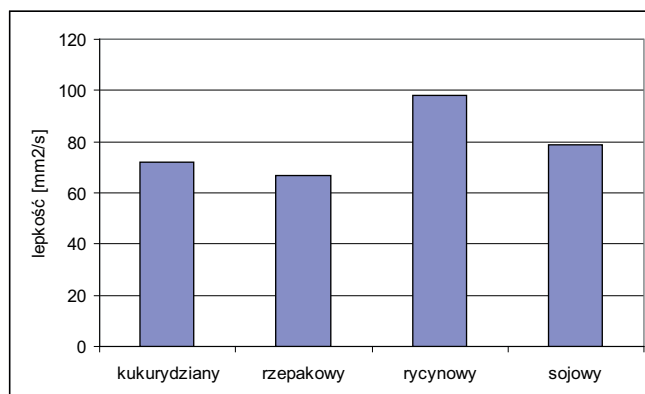
Fig. 7. Average value of friction force between seal and piston rod (inside stroke)



Rys. 8. Wartości średnich oporów ruchu dla suwu zewnętrznego (wysunięcie tłoczyska)

Fig. 8. Average value of friction force between seal and piston rod (outside stroke)

Na rysunku 9 przedstawiono porównanie lepkości badanych olejów. Zestawiając ze sobą średnie wartości oporów ruchu i lepkość oleju uszczelnianego stwierdzić można występującą oczywistą współzależność. Największe opory ruchu przy oleju rycynowym wynikają z największej jego lepkości. W przypadku oleju sojowego, który ma lepkość większą niż oleje kukurydziany i rzepakowy występował w węzle największy przeciek powodujący tworzenie się na tłoczysku warstwy oleju o największej grubości i tym samym opory ruchu były najmniejsze. Na opory ruchu obok lepkości wpływają także takie właściwości olejów jak zdolność do zwilżania powierzchni uszczelnienia i tłoczyska (kąt zwilżania), czy udział poszczególnych frakcji kwasów tłuszczowych w oleju.



Rys. 9. Porównanie lepkości badanych olejów roślinnych

Fig. 9. Comparison of the tested vegetable oils viscosity

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że charakterystyka pracy wężła, przy tych samych parametrach zacisku pierścienia dla olejów kukurydzianego i rzepakowego jest podobna, zarówno dla suwu zewnętrznego jak i wewnętrznego, dla którego decydujące znaczenie ma pozostała na tloczysku warstwa oleju i jego zwilżalność powierzchni. Najwyższe wartości średnich oporów ruchu występowały przy oleju rycynowym, co wynika z jego największej w porównaniu z pozostałymi ocenianymi olejami lepkości. Najmniejsze średnie opory ruchu występowały przy oleju sojowym, są one jednak związane z przeciekami, zatem w tym przypadku wskazane jest stosowanie większych wartości zacisku uszczelnienia. Dla pozostałych olejów wartości zacisku można uznać za wystarczające.

PIŚMIENNCTWO

1. **A. Adhvaryu, S.Z. Erhan**, 2002: Epoxidized soybean oil as a potential source of high-temperature lubricants. *Industrial Crops and Products* 15.
2. **A. Adhvaryu, S.Z. Erhan, J.M. Perez**, 2004: Tribological studies of thermally and chemically modified vegetable oils for use as environmentally friendly lubricants. *Wear* 257.
3. **W.J. Bartz**, 2006: Ecotribology, Environmentally acceptable tribological practices. *Tribology International* 39.
4. **G. Biresaw, A. Adhvaryu, S.Z. Erhan**, 2003: Friction Properties of Vegetable Oils. *JAACS*, Vol. 80, no. 7.
5. **G. Biresaw, A. Adhvaryu, S.Z. Erhan, and C.J. Carriere**, 2002: Friction and Adsorption Properties of Normal and High-Oleic Soybean Oils, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79:53–58.
6. **R.C. Brown**, 2003: *Biorenewable resources: engineering new products from agriculture*. 1st ed. Ames: Iowa State Press.
7. **S.Z. Erhan, S. Asadauskas, R.O. Dunn, G. Knothe**, 1999: Vegetable Oils for Environmentally Friendly Applications, *Proceedings of the 48th Oilseed Conference Competing in World Markets in the New Millennium*, AOCS.

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RING SEALS COOPERATING WITH VEGETABLE OILS

Summary. The paper presents the results of tribological characteristics evaluation of the ring seals cooperating in reciprocating motion with vegetable oils. The results of measurements of resistance to motion values for a model of a node sealing the piston rod in a hydraulic cylinder with a circular section seal are presented in this paper.

Key words: seals, vegetable oils, tribology.

DETERMINATION OF CONSTRUCTIVE - REGIME PARAMETERS OF A PULSATOR FOR A MILKING MACHINE

Alexander Naumenko, Vladimir Uzhyk, Aleksey Chygryn

The Kharkiv Petro Vasylenko
National Technical University of Agriculture

Summary. The article presents the methodology and results of research on the determination of constructive-regime parameters of a pulsator with ferrofluid for a milking machine, which provide its efficient adaptive operation.

Key words: milking machine, pulsator, parameters, ferrofluid.

INTRODUCTION.

Perspectives of developing the milking machine that is capable of adaptation to the physiological features of each animal during milking are proved by the successful experience in the use of automatic milking machines.

The algorithm of the proposed milking machine involves work in two modes: stimulating and nominal ones. Prerequisite for the establishment of the modes of milking is the level of intensity of milk flow. Thus, in the beginning of milking, milk flow rate has not yet reached the certain value (200 ml/min), the machine provides the stimulating mode of milking. When the intensity of the milk flow reaches certain value, the milking machine turns into the nominal operation mode, for the maximum fast milking. Towards the end of the of milking, intensity of the flow of milk decreases again to the certain value, which is the condition for switching the milking machine to the stimulating mode of milking, avoiding the harmful effects on the udder.

The operating mode of the milking machine is determined by the operation parameters of the pulsator and vacuum system. The application of the pulsator with ferrofluid gives the opportunity to change the operation mode of the milking machine, according to the intensity of the milk flow, that has a positive effect on the machine milking efficiency.

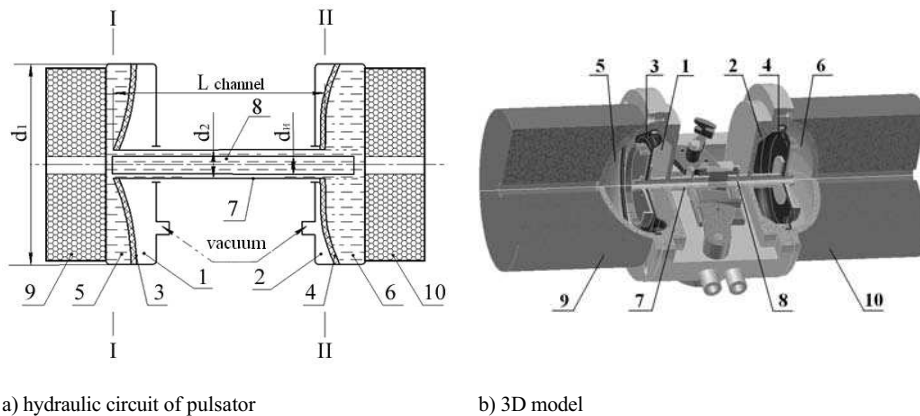
Ferromagnetic fluids belong to the new technological materials, the use of which in the developing of structures and techniques provides a further technical progress.

The main objective of research is to define the constructive-regime parameters of a new construction of pulsator, under which it will operate at the given pulse rate.

The development and substantiation of constructive-regime parameters of pulsator is conducted accordingly to the requirements and perspective directions in the design of such devices.

1. CONSTRUCTION FEATURES OF A PULSATOR WITH FERROFLUID

A pulsator is a pneumatic-hydraulic system (Fig. 1).



a) hydraulic circuit of pulsator

b) 3D model

Fig. 1. A pulsator for milking machine:

- 1 and 2 – pneumatic chambers; 3 and 4 – elastic diaphragm; 5 и 6 – hydraulic chambers; 7 – nozzle;
8 – cylindrical inset; 9 and 10 – solenoids; I-I and II-II – cross section in the zone of abrupt
change in the parameters of the hydraulic circuit

When connected to a source of vacuum pressure in the pneumatic chamber (e.g. 2) it creates a vacuum pressure, which effects the diaphragm 4 and makes it move with the nozzle 7, which is rigidly connected to both the diaphragm 3 and 4. Under the action of moving membranes ferro-magnetic fluid spills over from the hydraulic chamber 5 into the chamber 6 through the channel with a circular cross-sectional shape formed by the nozzle 7 and needle 8.

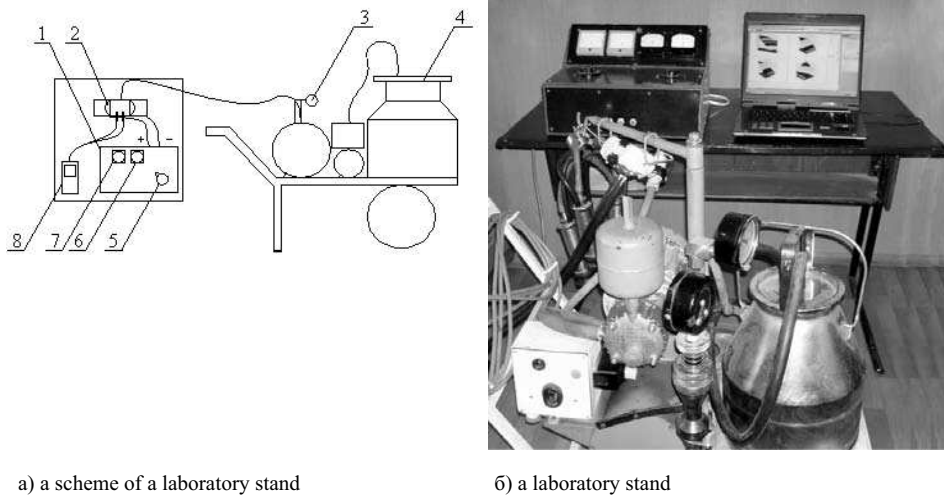
The mode control of the pulsator is carried out due to the interaction of ferrofluid located in the pulsator with a magnetic field, created by the solenoids. The magnetic field creates the force needed to move the ferrofluid in the channel nozzle of pulsator.

The interrelation between the constructive parameters and operation mode of pulsator was determined with the help of the results of theoretical research. And the parameters of the electromagnetic system were determined according to the works of D. Montgomery [1].

2. EXPERIMENTAL RESEARCH OF A PULSATOR FOR A MILKING MACHINE

On the basis of theoretical research of the working process of the proposed design of a pulsator, a prototype was manufactured. During the research a pulsator with a diameter of diaphragm $d_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ m; the fluctuation of the diaphragm – $2.4 \cdot 10^{-2}$ m; internal diameter of nozzle $d_2 = 0.275 \cdot 10^{-2}$ m was used. The magnetic system was solenoids made from the copper wire with the cross section $1 \cdot 10^{-6}$ m. The solenoids were connected in parallel, a permanent current and voltage level $V = 6$ V was used.

To reveal the nature of the dependence of the operation modes of the pulsator on the pressure difference in the diaphragm, the effect of magnetic field on the ferrofluid and the channel capacity, we used the laboratory stand (Fig. 2). The results of the measurements were downloaded into the program Microsoft Excel.



a) a scheme of a laboratory stand

б) a laboratory stand

Fig. 2. A laboratory stand for measuring the pulse rate that depends on the structural and regime parameters of a pulsator. 1 – control and registration unit; 2 – pulsator; 3 – vacuum pressure indicator; 4 – mobile milking machine; 5 – lab. autotransformer; 6 – voltmeter; 7 – amperemeter; 8 – device for measuring the pulse rate

The change and control of vacuum pressure was exercised within the range of 48-50 kPa in increments of 1 kPa and an accuracy of ± 0.2 kPa, the amperage varies from 0 to 4 A in every 2 A with an accuracy of ± 0.5 A. The area of cross section of the nozzle was changed with the help of specially made cylindrical insets to values: $5.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$; $4.4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$; $3.4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

The measurements were carried out with the triple replicates. The processing of the results of research was conducted by the way of variation statistics, correlation and regression analysis with the use of computer programs [2].

To check the uniformity variances the Cochran test was used.

3. THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PULSATOR

By means of the program Statistica 6.0 the regression equation was obtained in the following form :

$$n = 3917.5768 - 80.3786 S_{k.c.} + 12.7 I - 155.4 P_g - 1.612 S_{k.c.} I + 2.4692 S_{k.c.} P_g - 0.38 I P_g - 1.8677 S_{k.c.}^2 + 1.84 I^2 + 1.5 P_g^2 \quad (1)$$

n – pulse rate, pulse/min;

$S_{k.c.}$ – cross sectional area of circular shape channel, m^2 ;

I – current in solenoid conductor, A;

P_g – difference between the atmospheric and vacuum pressure, kPa.

The adequacy of the obtained empirical equation (1) was confirmed by checking by means of the Fisher test with the confidence level 0.95.

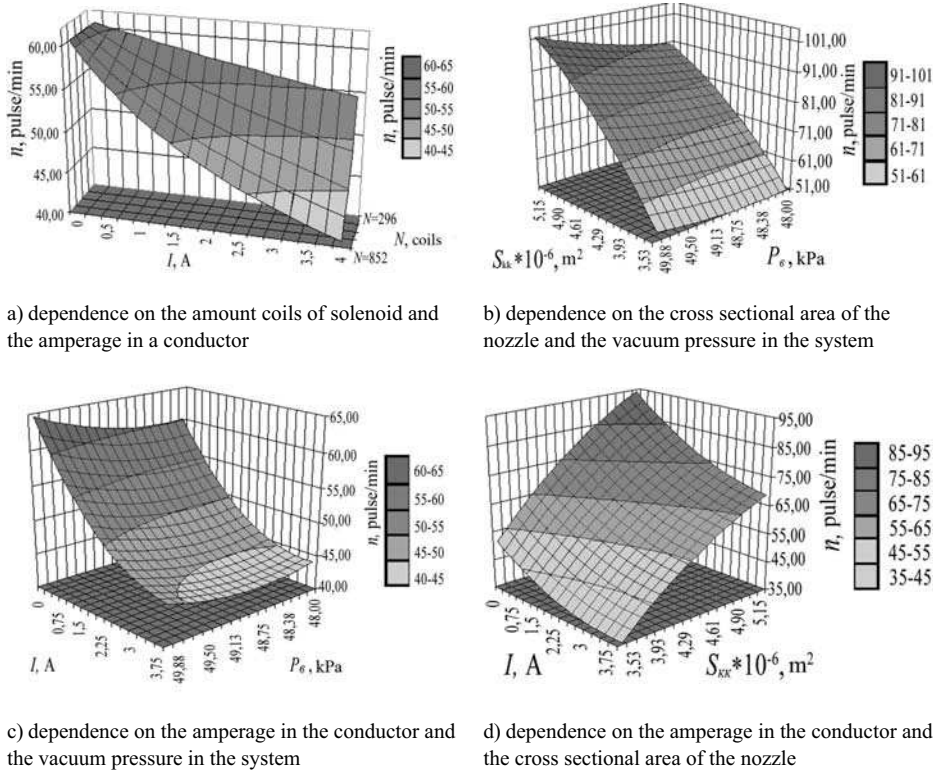


Fig. 3. The dependencies on the pulse rate of the constructive-regime parameters of a pulsator

The curve, built by using expressions (1), excluded the presence of extrema in the studied interval. Determination of the optimal combination of constructive and regime parameters of the pulsator, which provided a specified pulse rate was carried out by means of constructing nomograms.

CONCLUSIONS

The research conducted in the laboratory of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture allowed us to determine the optimal combination of constructive and regime parameters of the pulsator for adaptive milking machine, namely: the vacuum pressure (P_e) in the pneumatic chamber of pulsator, cross-sectional area of the nozzle of the pulsator ($S_{k.e.}$) and the current supplied to the solenoids of the pulsator (I).

Using the method of constructing nomograms it was established that for the pulsator nominal mode with the pulse rate, $n = 60$ pulse/min, with the vacuum pressure $P_e = 50$ kPa, the cross-sectional area of the nozzle of the pulsator should be $S_{k.e.} = 3,54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, and the current supplied to the solenoids of the pulsator $I = 0$ A. The reduction in the frequency of pulsation rate to the value $n = 45$ pulse/min with these parameters of a pulsator is ensured by the solenoid length $2b = 0,03$ m; the outer radius $a_2 = 0,025$ m and the amount coils of the solenoid $N = 660$ coils, while the current equals to $I = 3$ A.

REFERENCES

1. D. Montgomery, generate strong magnetic fields by solenoids: Magnetic and mechanical properties of the structures of normal and superconducting materials. Publishing House "Mir", Moscow 1971. - Page 3 ... 30.
2. Burke, Kenneth Carey, Patrick. Data analysis using Microsoft Excel. : Trans. from English. - Moscow. : Publishing house «Williams», 2005. - 560 p.
3. Д. Монтгомери, Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов: Магнитные и механические свойства конструкций из обычных и сверхпроводящих материалов. Издательство «МИР», М 1971. – С. 3...30.
4. Берк, Кеннет, Кэйри, Патрик. Анализ данных с помощью Microsoft Excel.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 560 с.

WYZNACZENIE PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH
I REŻIMOWYCH PULSATORA DO DOJU MECHANICZNEGO

Streszczenie. W artykule omówiono metodologię i wyniki badań nad wyznaczeniem parametrów konstrukcyjnych i reżimowych pulsatora z ferrofluidem, zapewniających skuteczne działanie adaptacyjne dojarki.

Słowa kluczowe: dojarka, pulsator, parametry, ferrofluid.

IDEA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU – REALNA SZANSA NA ROZWÓJ CZY UTOPIA

Lucjan Pawłowski

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska,
Ul. Nadbystrzycka 40B, 20-816 Lublin; e-mail: l.pawlowski@pollub.pl

Streszczenie. W wystąpieniu scharakteryzowano podstawowe założenia zrównoważonego rozwoju, zwracając szczególną uwagę na konieczność zapewnienia sprawiedliwości wewnątrz- i wśród-generacyjnej. Przedstawiono rolę monitoringu środowiska w zapobieganiu pogarszaniu się środowiska naturalnego. Zwrócono także uwagę na potrzebę takiego prowadzenia operacji analitycznych, które prowadzi do zminimalizowania ich wpływu na środowisko.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, monitoring, środowisko.

WSTĘP

Pojęciu zrównoważony rozwój (inaczej ekorozwój) międzynarodowego znaczenia nadał głośny raport: *Nasza wspólna przyszłość* (Our Common Future), noszący nazwę też *Raportu Brundtland*, od nazwiska przewodniczącej komisji Gro Harlem Brundtland, która ten raport opracowała.

Zrównoważony rozwój został zdefiniowany w tym raporcie jako: *Zrównoważony rozwój to rozwój, który zaspokaja potrzeby obecne, nie zagrażając możliwościom zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń.*

W literaturze spotyka się wiele zmodyfikowanych definicji zrównoważonego rozwoju. Dlatego warto odwołać się do definicji ONZ:

Zrównoważony rozwój Ziemi to rozwój, który zaspokaja podstawowe potrzeby wszystkich ludzi oraz zachowuje, chroni i przywraca zdrowie i integralność ekosystemu Ziemi, bez zagrożenia możliwości zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń i bez przekraczania długookresowych granic pojemności ekosystemu Ziemi.

Mało kto pamięta, że pojęcie zrównoważonego rozwoju pochodzi pierwotnie z leśnictwa. Wprowadził je w XIX w. Hans Carl von Carlowitz dla określenia takiego gospodarowania lasem, w którym wycina się tyle drzew ile może w to miejsce wyrosnąć.

Dzisiaj zrównoważony rozwój należy do jednego z najważniejszych kanonów, wyznaczających teoretyczne zasady funkcjonowania współczesnego świata. Użyłem słowa teoretyczne, gdyż z praktyczną realizacją zrównoważonego rozwoju bywa różnie. Nie mniej ważnym jest iż została określona jasna zasada mówiąca w jaki sposób świat powinien się rozwijać, aby nasza cywilizacja mogła przetrwać.

W Polsce zasada zrównoważonego rozwoju została zapisana w art. 5 Konstytucji RP, a definicja zrównoważonego rozwoju znalazła się w ustawie Prawo Ochrony Środowiska: *taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.*

Praktyczna realizacja zrównoważonego rozwoju napotyka na trudności, z uwagi na jej wielowymiarowość. Odnosi się bowiem on do filozofii, w szczególności do etyki, aspektów społecznych, ekonomicznych, ekologicznych i technicznych (Pawłowski 2006, Kiepas 2006, Liszewski 2007, Pawłowski 2008).

W swoim wystąpieniu chciałbym odnieść się w szczególności do powinności wynikających z zasady zrównoważonego rozwoju, a mianowicie konieczności zapewnienia sprawiedliwości wśród i między-generacyjnej (Hull 2007, Pawłowski 2009a, Sanches 2008).

PROBLEM SPRAWIEDLIWOŚCI MIĘDZY-GENERACYJNEJ

Paradygmat sprawiedliwości wewnątrz-generacyjnej (tj. sprawiedliwości dla ludzi współcześnie żyjących) nakazuje zapewnienie równego, sprawiedliwego dostępu do zasobów współczesnego świata. Natomiast paradygmat sprawiedliwości między-generacyjnej nakazuje takie postępowanie, aby przyszłym pokoleniom pozostawić do ich dyspozycji niezbędne dla nich zasoby oraz nie zdegradowane środowisko, w którym będą żyli (Durbin 2008, Pawłowski 2008b).

Niestety w obecnie dominujących demokracjach, występują silne tendencje do faworyzowania teraźniejszości kosztem przyszłości. Los przyszłych pokoleń rzadko brany jest pod uwagę, ponieważ jako jeszcze nienarodzeni nie mają wpływu na procesy decyzyjne.

Nie trudno zauważyć, że świat współczesny rozwija się w sposób nierównoważony. Obserwujemy ogromny rozwój techniki i technologii w stopniu umożliwiającym praktycznie dowolne przekształcenie współczesnego świata do jego anihilacji włącznie (Pawłowski 2008a, Pawłowski 2009a). Za tym geometrycznym postępowaniem w rozwoju ludzkich zdolności do przekształcania świata nie nadążają nauki społeczne, w konsekwencji brakuje jasnych kryteriów, umożliwiających określenie wartości, którym te zmiany powinny służyć. Szybkie wyczerpywanie się zasobów naturalnych czyni potrzebę nowego zdefiniowania zasad rozwoju współczesnego świata jeszcze bardziej palącą (Laszlo 2008, Pawłowski 2009b, Borys 2010).

W ostatnim czasie wiele mówi się o efekcie cieplarnianym, czyniąc z niego jedno z głównych zagrożeń dla przyszłości naszej planety. Natomiast mniej uświadamiany jest fakt, że główne paliwa kopalniane i nieodnawialne zasoby Ziemi są szybko wyczerpywane co stanowi większe zagrożenie dla istnienia naszej cywilizacji (Lendzen 2010, Paryjczak 2008a, Paryjczak 2008b).

Oto kilka przykładów: według ocen (Aron 2005), przy obecnym poziomie konsumpcji ropy naftowej starczy na 40-50 lat, gazu naturalnego na 60-70 lat, węgla 140-150 lat, podobnie uranu starczy na 140-150 lat. Prognozy zużycia podstawowych nośników energii pierwotnej przedstawiono na fig. 1 do 2. Natomiast charakterystykę zasobów gazu naturalnego przedstawiono w Tabeli 1. Warto zwrócić uwagę na to, że Federacja Rosyjska posiada, aż ¼ zasobów światowych.

Nie lepiej sytuacja wygląda z niezbędnymi metalami: miedzi starczy na około 60-70 lat, cynku 20-30 lat, ołowiu 50-60 lat, rtęci na około 40-50 lat, a kadmu na 30-40 lat.

Nie oznacza to oczywiście, że po tym czasie wymienione surowce nie będą osiągalne.

Z pewnością wzrost cen spowoduje korzystanie z zasobów dziś nie branych pod uwagę oraz szersze wprowadzenie substytutów. Nie mniej wcześniej lub później zasoby zostaną wyczerpane, większość w czasie życia tych, którzy dzisiaj przychodzą na świat.

Wspomniany wcześniej problem wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów Ziemi, może powodować trudności dla przyszłych pokoleń w zapewnieniu im możliwości wytwarzania niezbędnych dóbr. Ponadto, rozpraszanie szeregu z tych zasobów np. metali ciężkich na powierzchni ziemi kreuje nie mniejsze zagrożenie dla przyszłych generacji. Większość toksycznych surowców takich jak np. metale ciężkie z chwilą przedostania się do środowiska, pozostaje w nim praktycznie na zawsze, cyrkulując pomiędzy poszczególnymi elementami środowiska:

- są uwalniane ze skorupy ziemskiej do środowiska przez naturalne zjawiska takie jak wietrzenie skał i erupcja wulkanów,
- są uwalniane do środowiska w trakcie wydobywania, przeróbki i użytkowania np. jednym z ważnych emiterów zanieczyszczeń są procesy spalania,
- są mobilizowane i uwalniane z wcześniej wyemitowanych w wyniku działalności człowieka zanieczyszczeń znajdujących się w glebie, wodach, składowiskach odpadów, etc.

Jednym z większych problemów jest globalna emisja metali ciężkich do środowiska. Ich obecność jest szczególnie groźna dla dzieci. Ocenia się, że u około 2 mln dzieci zawartość ołowiu we krwi przekracza dopuszczalny poziom $100\mu\text{g/L}$. Ponadto, końcowym elementem środowiska, w którym gromadzą się metale ciężkie są morza i oceany, a rosnący ich poziom stężenia może zahamować rozwój planktonu, co nie tylko zakłuci łańcuch żywnościowy w morzach wpływając na zmniejszenie populacji ryb, jednego z głównych źródeł białka, ale co gorsza spowoduje zmniejszenie asymilacji CO_2 przez plankton wpływając na przyspieszenie efektu cieplarnianego. Ten czynnik globalnego zagrożenia nie jest powszechnie uświadamiany (Gawor 2006, Skowroński 2006, Gołomb 2008, Lindze 2010). Z tego względu studia nad mechanizmami przepływu toksycznych związków, w tym metali ciężkich w środowisku są niezwykle ważne, powiedziałbym, że nawet ważniejsze od powszechnie znanych studiów nad wpływem gazów cieplarnianych na zmiany klimatu.

W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na pewien nowy problem. Dążąc do zmniejszenia emisji CO_2 poprzez oszczędność energii elektrycznej wprowadzono w Unii Europejskiej tzw. fluorescencyjne źródła światła, które zawierają od 0,5 do 1000 mg rtęci. Cześć z nich ulegnie zniszczeniu wewnątrz pomieszczeń, co powodować będzie wzrost stężenia w pomieszczeniach gdzie spędzamy ponad 2/3 naszego życia. Zważywszy, że zgodnie z zaleceniami Amerykańskiej Agencji Środowiska dopuszczalne stężenie rtęci w pomieszczeniach nie powinno przekraczać $0,3\mu\text{g Hg/m}^3$, a Amerykańska Agencja ds. Substancji Toksycznych i Chorób (ATSDR) obniża ten poziom nawet do $0,2\mu\text{g Hg/m}^3$. Tak małe stężenie rtęci można już osiągnąć po zбиciu jednej lampy fluorescencyjnej.

Szerokie wprowadzanie fluorescencyjnych źródeł światła nakłada na analityków nowe wyzwanie tj. szybkie opracowanie metod kontroli obecności rtęci w powietrzu wewnętrznym, gdyż z prawdopodobieństwem granicznym z pewnością pojawi się istotne zagrożenie wzrostu stężenia rtęci w powietrzu wewnętrznym.

Wprowadzenie obowiązku stosowania energooszczędnych źródeł światła jako sposób na zmniejszenie emisji CO_2 i tym samym przeciwdziałania efektowi cieplarnianemu, może okazać się lekarstwem gorszym od choroby. Ponad wszelką wątpliwość monitorowanie zagrożenia zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego rtęcią powinno znaleźć się wśród priorytetów analityków.

Z nierozważnym używaniem rtęci i ołowiu mieliśmy już do czynienia w historii cywilizacji ludzkiej. Starożytni Chińczycy wierzyli, że rtęć ma zbawienny wpływ na zdrowie i może wydłużyć życie. Jeden z Cesarzy, a mianowicie Qin Shi Huang Di nawet wypijał pewne ilości rtęci. Badania szczątków cesarza wykazały spustoszenia, jakie wywołało spożywanie rtęci w jego organizmie.

Zatruciu ółowiem przypisuje się upadek Imperium Rzymskiego. Klasa rządząca używała cynowych i ółowianych naczyń, a także akwadukty wykonywane były z rur ółowianych.

Zgodnie z zaleceniami rzymskiego producenta wina Columella, zmiażdżone winogrona należało zagotować w naczyniach ółowianych, w celu poprawienia smaku wina. Później odkryto, że w tak gotowanym soku z winogron powstawał octan ółowiu mający smak słodki. Szerokie używanie ółowiu w starożytnym Rzymie, mającego negatywny wpływ na system nerwowy człowieka, przyczyniło się, jak uważają niektórzy historycy, do degeneracji klasy rządzącej i w konsekwencji do upadku cesarstwa rzymskiego.

Niewykluczone więc, że wyczyny Kaliguli czy Nerona były spowodowane zatruciem ółowiem.

Pojawia się coraz więcej opinii, że ludzkość zbliża się lub nawet przekroczyła zdolność ekosystemów ziemi do regeneracji. Wackernagee (2006) wprowadził pojęcie „ekologicznego odcisku stopy”, który określa najmniejszą niezbędną powierzchnię do zapewnienia przeżycia populacji ludzkiej w niepogarszających się warunkach. Zgodnie z danymi *Global Footprint Network* (2006) stan zdolności ziemi do niezagrożonej egzystencji cywilizacji ludzkiej został przekroczony w 1986 r.

W konsekwencji zasada sprawiedliwości między-generacyjnej jest zagrożona. Wymaga ona natychmiastowego spowolnienia zużycia zasobów ziemi przez stosowanie recyklingu i materiałów zastępczych, a także zahamowania rozprzestrzeniania tych, które są toksyczne np. metali ciężkich na powierzchni Ziemi, aby uniknąć degradacji środowiska, gdyż obecne pokolenie żyje na koszt przyszłych generacji (Udo 2010, Pawłowski 2008b).

Przytoczone przez mnie fakty jednoznacznie wskazują, że współczesna cywilizacja jest nierównoważona (Ikerd 2008) i zdają się wskazywać, że pełna równowaga nie jest możliwa do osiągnięcia. Nie oznacza to jednak, że nie powinniśmy nic robić. Z praktycznego punktu widzenia celem realizacji zrównoważonego rozwoju powinno być minimalizowanie, jak to tylko jest możliwe, zużycie kopalnianych nośników energii i innych nieodnawialnych surowców. Należy przyspieszyć poszukiwanie materiałów zastępczych, bardziej powszechnie występujących na ziemi, poddających się łatwiej recyklingowi (Kiepas, 2006, Borys 2011, Russel 2010, Venkatesh 2010).

PROBLEM SPRAWIDLIWOŚCI WŚRÓD-GENERACYJNEJ

Od 1950 r. nastąpił w świecie duży wzrost gospodarczy – produkcja dóbr i usług zwiększyła się siedmiokrotnie. W tym samym okresie, co prawda, liczba ludności na świecie podwoiła się, ale połowy ryb i produkcja mięsa wzrosły aż pięciokrotnie, podobnie jak zapotrzebowanie na energię. Zużycie ropy naftowej, której połowę wykorzystuje się w transporcie wzrosło siedmiokrotnie, a emisja dwutlenku węgla, gazu cieplarnianego będącego głównym sprawcą ocieplania się klimatu wzrosła czterokrotnie. Od 1900 roku zużycie słodkiej wody, przede wszystkim w rolnictwie, wzrosło sześciokrotnie. Niestety z tego rozwoju korzysta mniejszość.

Z drugiej strony w dalszym ciągu 20% ludności nie ma dostępu do wody pitnej, a 40% do urządzeń sanitarnych i tyle samo do elektryczności, ponad 800 milionów osób cierpi z powodu niedożywienia, a połowa ludzi na świecie egzystuje za mniej niż 2 dolary dziennie. Tylko jedna piąta ludzkości żyje w krajach uprzemysłowionych, o nadmiernie wysokim, powodującym zanieczyszczenie środowiska, poziomie produkcji i konsumpcji. Pozostałe cztery piąte to mieszkańcy krajów rozwijających się, w większości żyjący w ubóstwie.

Przewiduje się, że do 2050 roku liczba mieszkańców ziemi wzrośnie o 3 miliardy, głównie w krajach rozwijających się. Będą one musiały dostosować swój rozwój gospodarczy do ograniczonych zasobów naturalnych Ziemi, które nie mogą powiększać się na żądanie.

Prowadzić to będzie do stopniowego niszczenia ekosystemu ziemi, w którym coraz dramatycznej ujawniają się ograniczenia wszelkich zasobów: słodkiej wody, oceanów, ziem uprawnych, wolnej przestrzeni.

Należy sobie uświadomić, że zmiany zachodzące w świecie w ostatnich dziesięcioleciach nie są optymistyczne. Po upadku socjalizmu, jedynym dominującym systemem jest liberalny kapitalizm, z jego głównym paradygmatem „rośnij lub gin”. Tymczasem ciągły nieograniczony wzrost produkcji i konsumpcji wywiera silną presję na zużywanie zasobów Ziemi, w tym także nieodnawialnych.

W stosunkach międzyludzkich dominującego znaczenia nabiera konkurencja, pozostawiając coraz mniej miejsca na przyjazną współpracę. Ma to dezintegrujący wpływ na stosunki społeczne. Kreując atmosferę walki o dominację, a w szczególności dominację ekonomiczną zarówno wewnątrz poszczególnych krajów jak i na arenie międzynarodowej. Elity ekonomiczne silnie powiązane z władzą polityczną, alienują się od zwykłych ludzi, którzy pomimo demokratycznych systemów mają niewielki wpływ na procesy społeczne i ekonomiczne.

Kryminalna wojna w Iraku nigdy by nie wybuchła, gdyby decyzja o napaści na Irak podejmowana była w referendum, a nie w zaciszu gabinetów elit politycznych i ekonomicznych.

Zgodnie z danymi przytoczonymi przez Hart'a (2005) różnice pomiędzy bogatymi a biednymi niezwykle szybko rosną. O ile w 1961r. 20% najbogatszych posiadało bogactwo 30 razy większe od 20% najbiedniejszych, to po 30 latach w 1991 stosunek ten wzrósł do 60 razy, osiągając wartość 78-krotność w 2004r.

W raporcie UNDP (UNDP 2005) można znaleźć informację mówiącą o tym, że 500 najbogatszych ludzi na świecie zgromadziło porównywalny majątek do tego jaki posiada 400 mln ludzi najuboższych.

W Polsce sytuacja wygląda nie lepiej. Istnieje ogromna, niczym nie uzasadniona rozpiętość pomiędzy dochodami z pracy, a więc osób zatrudnionych na etacie. Według szacunków największe dochody są ponad 400 krotnie większe od najniższych i to w strefie wynagrodzeń, nie licząc dochodów kapitałowych.

Sytuacja ta nie oznacza jednak nieuchronnej katastrofy – o ile zostaną wprowadzone konieczne zmiany. Są one w zasięgu naszych możliwości. Tą szansą jest wejście na drogę zrównoważonego rozwoju.

Świadomość ogromnych nierówności we współczesnym świecie zdaje się być powszechna. W 2000 roku na sesji ONZ przyjęto deklarację o realizacji następujących milenijnych celów rozwoju:

1. Wyeliminować skrajne ubóstwo i głód:
 - *zmniejszyć o połowę liczbę ludzi, których dochód nie przekracza 1 dolara dziennie,*
 - *zmniejszyć o połowę liczbę ludzi, którzy cierpią głód.*
2. Zapewnić powszechne nauczanie na poziomie podstawowym:
 - *zapewnić wszystkim chłopcom i dziewczętom możliwość ukończenia pełnego cyklu nauki na poziomie podstawowym.*
3. Promować równość płci i awans społeczny kobiet:
 - *wyeliminować nierówny dostęp płci do pierwszego i drugiego szczebla edukacyjnego do 2005 roku, a na wszystkich szczeblach do 2015 roku.*
4. Ograniczyć umieralność dzieci:
 - *zmniejszyć o 2/3 wskaźnik umieralności dzieci w wieku do lat 5.*
5. Poprawić opiekę zdrowotną nad matkami:
 - *zmniejszyć o 3/4 wskaźnik umieralności matek.*
6. Ograniczyć rozprzestrzenianie się HIV/AIDS, malarii i innych chorób:
 - *powstrzymać rozprzestrzenianie się HIV/AIDS i ograniczyć ilość nowych zakażeń,*

- powstrzymać rozprzestrzenianie się malarii i innych groźnych chorób i ograniczyć ilość zachorowań.
7. Stosować zrównoważone metody gospodarowania zasobami naturalnymi:
- uwzględnić zasady zrównoważonego rozwoju w krajowych strategiach i programach; stosować metody hamujące zubożenie zasobów środowiska naturalnego,
 - zmniejszyć o połowę liczbę ludzi pozbawionych stałego dostępu do czystej pitnej wody,
 - do 2020 roku osiągnąć znaczącą poprawę warunków życia przynajmniej 100 milionów mieszkańców slumsów.
8. Stworzyć globalne partnerskie porozumienie na rzecz rozwoju:
- dopracować dostępny dla wszystkich, oparty na jasnych przepisach, przewidywalny i nikogo nie dyskryminujący system handlowo-finansowy,
 - wyjść naprzeciw szczególnym potrzebom najsłabiej rozwiniętych państw poprzez zniesienie ceł i kontyngentów na towary eksportowane przez te kraje, zwiększyć skalę redukcji długów poważnie zadłużonych ubogich krajów,
 - we współpracy z krajami rozwijającymi się stworzyć miejsca godnej i produktywnej pracy dla młodzieży.

Wszystkie kraje członkowskie zadeklarowały, że osiągną wyżej wymienione cele do 2015.

Zaletą sformułowania celów milenijnych jest to, że wskazują na problemy istniejące we współczesnym świecie, które wymagają systemowych rozwiązań w celu realizacji jednego z głównych postulatów zrównoważonego rozwoju, a mianowicie sprawiedliwości wśród-generacyjnej.

Jednak obserwacja procesów społeczno-ekonomicznych przez ostatnie 10 lat nie napawa optymistycznie. Zamiast maleć, pogłębiają się różnice w dochodach, zamiast przyjaznej współpracy, coraz powszechniej dominującym paradygmatem staje się konkurencja na wszystkich szczeblach, od zakładu pracy poczynając a na stosunkach międzynarodowych kończąc. Ostatnio w Polsce nawet w obszarze nauki pojawiają się nawoływania do zastąpienia współpracy konkurencją. Rodzi to atmosferę, w której kolegę/koleżankę postrzegamy nie jako przyjaznego współpracownika, ale jako konkurenta.

Taki świat jest mi obcy. Nie przeczę, że sprzyja on wzrostowi wydajności pracy, ale czy rzeczywiście w dzisiejszym świecie najważniejszą, najbardziej pożądaną zasadą powinno być *grow-or-die (rośnij lub giń)*.

Co najmniej, jestem o tym głęboko przekonany, zasada ta obniża jakość życia.

ROLA MONITORINGU ŚRODOWISKA

Identyfikowane, szkodliwe zanieczyszczenia w środowisku to różnego rodzaju związki chemiczne wytworzone lub rozpraszane przez człowieka ze skoncentrowanych depozytów naturalnych w trakcie wydobywania i przetwarzania na produkty użytkowe.

W realizacji zasady sprawiedliwości między-generacyjnej mówiącej o potrzebie zachowania środowiska w stanie umożliwiającym życie przyszłym pokoleniom narzędzia stworzone przez chemie analityczną, a stosowane w monitoringu środowiska, odgrywają ważną rolę. Umożliwiają one bowiem identyfikację oraz śledzenie przemian i przemieszczania się zanieczyszczeń w środowisku. Bez tego narzędzia trudno byłoby charakteryzować zagrożenia powodujące degradacje środowiska.

Innym równie ważnym zagadnieniem jest ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska w trakcie procesów wytwórczych. Szybka kontrola analityczna pozwala nie tylko na bieżącą kontrolę procesów wytwórczych i w konsekwencji ich optymalizację skutkującą zmniejszeniem negatywnego oddziaływania na środowisko, ale także na szybkie wykrywanie zakłóceń, co pozwala na minimalizację awaryjnych zrzutów substancji szkodliwych do środowiska.

Wyzwania jakie stoją przed chemią analityczną to opracowanie metod wykrywania i oznaczania nowych substancji w środowisku:

- W analizie wody pojawia się cała gama nowych związków chemicznych tzw. substancji priorytetowych, które nie są uwzględniane w tradycyjnym monitoringu jakości wody, a które mają duży wpływ na jakość wody z punktu widzenia zdrowia.
- Zważywszy, że w pomieszczeniach przebywamy około 2/3 naszego życia ogromnego znaczenia nabiera jakość powietrza wewnętrznego.

Wyzwania dla chemii analitycznej w tym zakresie są ogromne, gdyż pojawiają się wciąż nowe materiały wykończeniowe emitujące cały szereg wcześniej nie znanych związków chemicznych.

Powszechne wprowadzanie świetlówek fluorescencyjnych wymagać będzie zwrócenia szczególnej uwagi na wzrost stężenia rtęci w powietrzu wewnętrznym. Zważywszy, że dopuszczalne stężenie rtęci tzw. średnioroczne wynosi $0,3\mu\text{m}^3$ to już uszkodzenie jednej świetlówki fluorescencyjnej może doprowadzić do przekroczenia stężenia rtęci w powietrzu wewnętrznym.

Z powyższego wynika, że chemia analityczna dostarcza podstawowych, niezbędnych narzędzi umożliwiających monitoring skażenia środowiska.

Należy jednak pamiętać i o tym, że metody analityczne wymagają stosowania rozpuszczalników, reagentów, energii, a także w trakcie ich stosowania powstają odpady. Mając to na uwadze, należy przy opracowywaniu nowych metod analitycznych pamiętać o nakazach płynących z zasad zrównoważonego rozwoju (Paryjczak 2008a, Paryjczak 2008b).

- Minimalizować, a najlepiej zapobiegać powstawaniu odpadów stałych i ciekłych, poprzez:
 - Eliminację lub znaczne zmniejszenie ilości zużywanych odczynników, w szczególności rozpuszczalników organicznych,
 - Redukcje emisji oparów i gazów, wytwarzanie ciekłych i stałych odpadów w laboratoriach analitycznych,
 - Eliminacje z procedur analitycznych odczynników o wysokiej toksyczności (np. zastępowanie benzenu przez inne rozpuszczalniki),
 - Redukcja zużycia energii w procedurach analitycznych.

Z powyższego wynika, że chemia analityczna odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu sprawiedliwości międzygeneracyjnej, fundamentalnej zasady zrównoważonego rozwoju.

Z tego względu w ramach Dekady Edukacji nt. Zrównoważonego Rozwoju UNESCO ogłosiło rok 2011 Międzynarodowym Rokiem Chemii. W uzasadnieniu, Dyrektor Generalny UNESCO pani Irina Bokova napisała: *odkrycia chemiczne pozwalają stawić czoło zmianom klimatycznym i rozwijać alternatywne źródła energii. Chemia ułatwia dostęp do nieskażonych zasobów wody, który stanowi warunek stabilnego rozwoju wielu rejonów świata. Międzynarodowy Rok Chemii wpisuje się w kontekst Dekady Edukacji na temat Zrównoważonego Rozwoju, przede wszystkim powinien jednak wpłynąć na wzrost praktycznych zastosowań dorobku tej dziedziny nauki.*

REFERENCES

1. Borys T., 2010, Decade of Education for sustainable Development, *Problemy Ekorozwoju*, vol. 5, No. 1, 59-70.
2. Bulletin of the WHO 2010, Environmental Lead Exposure.
3. Durbin P.T., 2008. Is there a best ethic of sustainable development? *Problemy Ekorozwoju*, vol. 3, No. 2, 3-14.
4. Gawor L., 2006, Antiglobalism, Alterglobalism and the Philosophy of Sustainable Development as a Global Alternative, *Problemy Ekorozwoju*, vol. 1, No. 1, 41-48.

5. Global Footprint Network, 2006, *Footprint network news*, October 24, 2006 http://www.footprintnetwork.org/newsletters/gfn_blants_0610.htm (5.01.2010).
6. Golomb D., 2008. Emission reduction of greenhouse gases: emission quotas or mandated control technologies. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 1, 23-25**.
7. Hart S.L., 2005. *Capitalism at the crossroads*, Wharton School Publishing, London.
8. Hull Z. 2007. Does the idea of the sustainable development show a new vision of the development of the civilization? *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 2, No. 1, 49-57**.
9. Ikerd J., 2008. Sustainable capitalism: a matter of ethics and morality. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 1, 13-22**.
10. Laszlo Ch., 2008., Sustainable value? *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 2, 25-29**.
11. Lindzen R. S. 2010. Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 5, No. 2, 13-28**
12. Liszewski D., 2007, Ethics Basis of Sustainable Development, **vol. 2, No. 1, 27-33**.
13. Kiepas A., 2006, Ethics as the Eco-development Factor in Science and Technology, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 1, No. 2, 77-86**.
14. Paryjczak T., 2008, Promoting Sustainability through Green Chemistry, Part 1, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 1, 39-44**.
15. Paryjczak T., 2008, Promoting Sustainability through Green Chemistry, Part 2, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 1, 45-51**.
16. Pawłowski A., 2006. The multidimensional nature of sustainable development. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 1, No. 1, 23-32**
17. Pawłowski A. 2007. Barriers in introducing sustainable development-ecophilosophical point of view. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 2, No. 1, 59-65**.
18. Pawłowski A., 2008a, The role of social sciences and philosophy in shaping of the of sustainable development concept. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, No. 2, 3-7**.
19. Pawłowski A., 2008, Rozwój zrównoważony, Idea, Filozofia, Praktyka, *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*.
20. Pawłowski A., 2009 a, The sustainable development revolution. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 4, No. 2, 65-76**.
21. Pawłowski A., 2009 b, Sustainable energy as a sine qua non condition for the achievement of sustainable development . *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 4, No. 2, 3-7**.
22. Russel D., 2010, A curmudgeon's thoughts on sustainability. *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 5, No. 2, 15-22**.
23. Sanches A., 2008, Perspectives and Problems in Sustainable Development, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 3, no. 2, 21-23**.
24. Skowroński A., 2006, Sustainable Development as the Perspective of Further Civilization Development, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 1, No. 2, 47-57**.
25. Undo V. and Pawłowski A., 2010, Human progress towards equitable sustainable development: a philosophical exploration, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 5, No. 1, 23-44**.
26. UNDP Report , 2005, Human development report- International cooperation at a crossroads: Aid, trade and security in an unequal world, UNDP, New York, <http://hdr.undp.org/reports/global/2005> (5.01.2010).
27. Venkatesh G., 2010, Triple bottom line approach to individual and global sustainability, *Problemy Ekorozwoju*, **vol. 5, No. 2, 29-37**.
28. Wackernagee M., 2006, Global footprint network, <http://www.footprintnetwork.org> (5.01.2010).

IDEA OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT – REAL CHANCE
FOR DEVELOPMENT OR UTOPIA

Summary. The basic concept of sustainable development is presented, and intra- and inter-generational justice is discussed. The role of environmental monitoring in the protection of the environment is shown. A suitable performance of analytical procedures has been recommended to assure the minimization of their influence on the pollution of environment.

Key words: sustainable development, monitoring, environment.

WYZNACZENIE WYBRANYCH WŁASNOŚCI
FIZYKO-CHEMICZNYCH BIODIESLI PME ORAZ RME
WYPRODUKOWANYCH Z ZUŻYTYCH OLEJÓW
ORAZ OKREŚLENIE SKUTECZNOŚCI NEUTRALIZACJI
METANOLU W ŚCIEKACH POWSTAŁYCH PO ICH PRODUKCJI

Przemysław Petryszak¹, Grzegorz Wcisło², Henryk Kołoczek¹

¹ Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja, Katedra Biochemii

² Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Katedra Energetyki
i Automatykacji Procesów Rolniczych

Streszczenie. Celem pracy było określenie własności fizyko-chemicznych Biodiesli PME i RME uzyskanych z zużytych olejów palmowego (frytury) i rzepakowego oraz skuteczności neutralizacji ścieków po ich produkcji. Biodiesel PME wyprodukowano z oleju palmowego na którym były smażone frytki, natomiast RME z oleju rzepakowego na którym były smażone ryby. Z badań wynika, że wybrane własności fizyko-chemiczne PME są zbliżone do odpowiednich RME. Jediną dużą różnicą jest skład i udział poszczególnych kwasów tłuszczowych. Dokonano neutralizacji PME i RME zakwaszoną wodą, a następnie określono skład chemiczny ścieków. Przy pomocy wyspecjalizowanej biocenozy określono skuteczność neutralizacji metanolu zawartego w ściekach po produkcji Biodiesli.

Słowa kluczowe: Biodiesel PME (estry metylowe oleju palmowego), Biodiesel RME (estry metylowe oleju rzepakowego), własności fizyko-chemiczne Biodiesla, biologiczna neutralizacja metanolu.

WSTĘP

Obecnie dużo uwagi poświęca się możliwości wykorzystania surowców odpadowych do produkcji biopaliw. Dla Biodiesla FAME naturalnymi są wszelkiego typu oleje roślinne lub tłuszcze zwierzęce. We wcześniejszych latach niektóre przepracowane tłuszcze były przerabiane na paszę dla zwierząt. Jednak w tego typu surowcach oprócz kwasów tłuszczowych znajdują się również toksyny, które przedostają się z paszy do organizmów zwierząt. Tam się kumulują i podczas spożywania mięs przedostają się do organizmu człowieka. Dlatego uważa się że tego typu surowce winny być wykorzystane na inne cele, najlepiej biopaliwowe.

W Europie do celów kulinarnych najczęściej jest używanych oleju rzepakowego oraz oleju palmowego (frytury). Olej rzepakowy jest uważany za bardziej szlachetny i jest głównie używany do wypieków, ale również do smażenia bardziej delikatnych potraw. Natomiast do głębokiego smażenia powinien być używany olej palmowy. W pracy przedstawiono wyniki badań określających własności fizyko-chemiczne biopaliw PME (Palm Oil Methyl Esters) i RME (Rapsod

Methyl Esters) uzyskanych odpowiednio z oleju palmowego (frytur) i rzepakowego oraz wyniki neutralizacji ścieków powstałych przy produkcji Biodiesla.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było określenie wybranych własności fizyko-chemicznych PME i RME uzyskanych z zużytych olejów palmowego (frytury) i rzepakowego oraz dokonanie neutralizacji ścieków uzyskanych po produkcji Biodiesli. Zakres obejmował wytworzenie Biodiesli PME i RME, a następnie określenie i porównanie następujących parametrów: składu i układu kwasów tłuszczowych, lepkości dynamicznej w funkcji temperatury (własności reologicznych), ciepła spalania i własności opałowej oraz liczby cetanowej mieszanin ww. Biodiesli z handlowym olejem napędowym o udziale biokomponentu w mieszaninie od 0 do 40% (V/V). Dokonano neutralizacji PME i RME zakwaszoną wodą, a następnie określono skład chemiczny ścieków. Do ścieków zadano wyselekcjonowaną biocenozę, przy pomocy której dokonano biologicznej neutralizacji metanolu.

WYNIKI BADAŃ

Biopaliwa PME i RME zostały wyprodukowane w reaktorze typ GW-10 własnej konstrukcji należącym do Małopolskiego Centrum Odnawialnych Źródeł Energii „BioEnergia”. Do transestryfikacji (metanolizy) olejów zastosowano alkohol metylowy. Jako katalizator ww. reakcji zastosowano alkaliczny wodorotlenek potasu KOH. Proces transestryfikacji prowadzono dwuetapowo według technologii MCOŹE „BioEnergia” i uzyskano stopień przereagowania olejów w estry wynoszący ponad 98% (m/m). Obydwa FAME spełniają, co do zawartości estrów w FAME wymogi normy EN 14214 na biopaliwo dla silnika wysokoprężnego (Diesla). Określenie stopnia konwersji dokonano zgodnie z EN ISO 5508 przy użyciu chromatografu gazowego firmy THERMO Scientific, typ GC Ultra.

Po przeprowadzeniu transestryfikacji dokonywano neutralizacji katalizatora KOH poprzez przemycie zakwaszoną wodą o stężeniu 1% kwasem octowym CH_3COOH . Do wykwaszania stosowano 2dm^3 roztworu CH_3COOH na każde 10dm^3 FAME. Przemycanie Biodiesla przeprowadzono dwu lub trzykrotnie aż do uzyskania pH 7-8. Powstałe po zastosowaniu wodorotlenku potasu sole i mydła przedostawały się do wody, która po całym procesie stawała się ściekami.

Własności fizyko-chemiczne biopaliw FAME zależą od ilości poszczególnych estrów kwasów tłuszczowych. Biodiesel zawiera estry kwasów począwszy od kwasu mirystynowego zawierającego czternaście atomów węgla w łańcuchu C14 do kwasu nerwonowego bazującego na dwudziestu czterech atomach węgla C24:1. Badania przeprowadzono wielokanałowym chromatografem gazowym firmy Thermo typ TRACE GC Ultra, a ich wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Tab. 1. Porównanie ilości kwasów tłuszczowych w biopaliwach PME i RME
 Tab. 1. Comparison of the composition and share of individual fatty acids in PME and RME

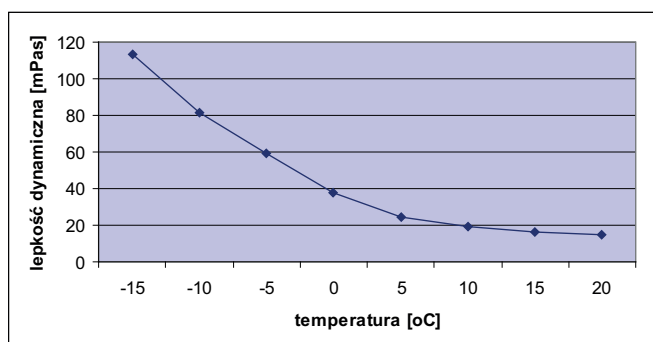
Nazwa i udział kwasu tłuszczowego % (m/m)	Wzór chemiczny	Biodiesel PME po smażeniu frytek	Biodiesel RME po smażeniu ryb
kwas mirystynowy	C14:0	0,027	0,056
kwas pentadekanowy	C15:0	0,000	0,047
kwas palmitynowy	C16:0	0,005	4,513
kwas palmitooleinowy	C16:1	12,060	0,254
kwas heptadekanowy	C17:0	0,231	0,122
kwas stearynowy	C18:0	3,092	1,831
kwas oleinowy	C18:1	73,397	61,308
kwas linolowy	C18:2	8,216	19,861
kwas lineolenowy	C18:3	0,709	8,434
kwas arachidowy	C20:0	0,407	0,624
kwas eikozenowy	C20:1	0,276	1,549
kwas eikozadienowy	C20:2	0,000	0,000
kwas homo- γ -linolenowy	C20:3	0,000	0,000
kwas behenowy	C22:0	0,000	0,328
Kwas erukowy	C22:1	0,000	0,564
kwas lignocerynowy	C24:0	0,000	0,192
kwas nerwonowy	C24:1	0,000	0,136
Stopień identyfikacji estrów metylowych kwasów tłuszczowych		$\Sigma = 98,42\%$ (m/m)	$\Sigma = 98,80\%$ (m/m)

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że obydwa FAME zawierają duże ilości korzystnych estrów kwasu oleinowego. Przy czym w Biodieselu PME znajduje się nawet o ponad więcej 20% ww. estrów niż w RME. Biodiesel PME charakteryzuje się dwa razy mniejszą ilością estrów kwasu linolowego, co jest również bardzo korzystne. Niestety posiada bardzo dużo, bo aż 12% niepożądanego estru kwasu palmitooleinowego. Ester tego kwasu nawet w temperaturach dodatnich (około 20°C) zaczyna się wytrącać w postaci stałej fazy. Wraz z obniżaniem temperatury, ale jeszcze w zakresie wartości dodatnich, obserwuje się zwiększenie warstwy scalonej. Tymczasem w RME dopiero w temperaturach poniżej -10°C pojawiają się pierwsze konglomeraty scalonego biopaliwa. Pojawienie się fazy stałej w biopaliwie powoduje pogorszenie płynności paliwa oraz może powodować blokadę filtra paliwowego poprzez osadzanie się cząstek na jego powierzchni. Podobne zależności układu kwasów tłuszczowych w Biodieslu RME wykazano również w innej publikacji [9].

OKREŚLENIE WPŁYWU TEMPERATURY NA LEPKOŚĆ DYNAMICZNĄ BIOPALIW PME I RME

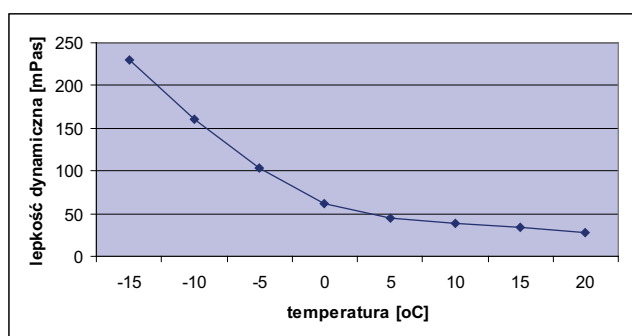
Lepkość dynamiczna jest miarą oporu przepływu lub deformacji cieczy [Polska norma PN-EN ISO 3104]. Wpływa również na przebieg wtrysku, zasięg strugi i rozpylenie paliwa w komorze spalania silnika. Duża lepkość niektórych biopaliw stanowi pewien problem szczególnie dla nowej generacji silników ze względu na duże ciśnienia wtrysku.

Jak wynika z innych badań lepkość paliw i biopaliw rośnie wraz z obniżaniem temperatury. Badania reologiczne określające zachowanie się biopaliw w funkcji temperatury wykonano przy użyciu reometru firmy Anton Paar dodatkowo wyposażonego w wannę termostatyczną firmy Grant, a ich wyniki zaprezentowano na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną Biodiesla RME uzyskanego z oleju rzepakowego po smażeniu ryb

Fig. 1. Temperature influence on the cinematic viscosity of RME Biodiesel from raw rape seed oil after frying fish



Rys. 2. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną Biodiesla PME uzyskanego z oleju palmowego po smażeniu frytek

Fig. 2. Temperature influence on the cinematic viscosity of PME Biodiesel from palm oil after frying French fries

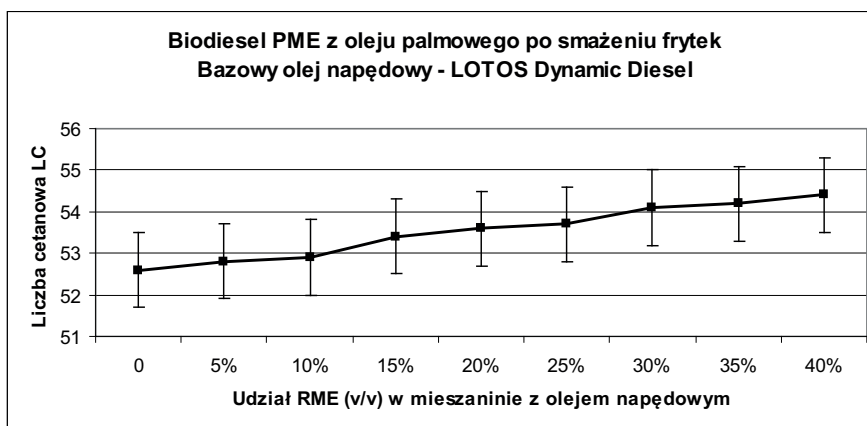
Lepkość dynamiczna biopaliw charakteryzuje się niewielkimi zmianami w zakresie temperatur powyżej 5°C. Jednocześnie obniżanie temperatury poniżej 0°C powoduje znaczny przyrost lepkości dynamicznej, co w znaczny sposób ogranicza stosowanie biopaliw w temperaturach

ujemnych, a więc zimą. Tego typu zależności publikują w swoich materiałach również inni autorzy badań [1,2,3,4]. Biopaliwo PME charakteryzuje się w całym zakresie około dwukrotnie większą lepkością dynamiczną od RME. Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C Biodiesla RME wynosi około 18mPas, natomiast PME 36mPas. Wraz z obniżaniem temperatury rośnie, by w temperaturze 0°C osiągnąć wartość odpowiednio 38 dla RME i 62 mPas dla PME. Natomiast w temperaturze -15°C znacznie wzrosła i przyjmuje wartości dla RME 107, natomiast dla PME aż ponad 230 mPas. Podobne zależności dotyczące wpływu temperatury na lepkość biodiesla FAME wykazano również w innej publikacji [9].

OKREŚLENIE LICZBY CETANOWEJ BIOPALIW ZAWIERAJĄCYCH BIOKOMPONENT PME I RME

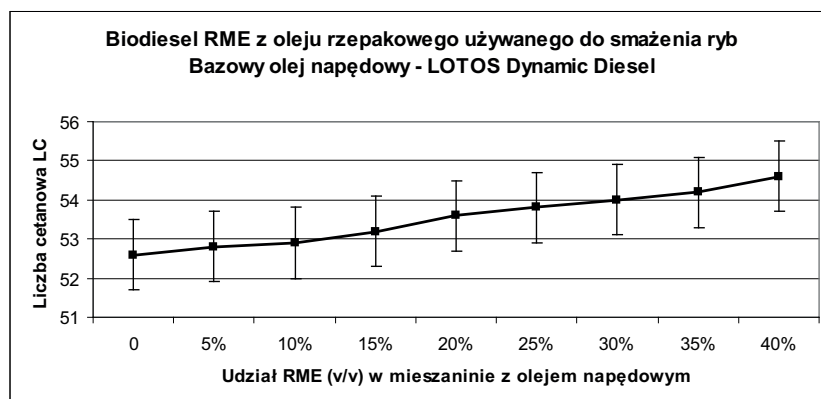
Do oszacowania liczby cetanowej, głównego parametru decydującego o zdolnościach samozapłonowych FAME zastosowano analizator Iron Diesel firma Grabner Instruments. Aparat szacuje **LC** przy zastosowaniu łącznie dwóch metod: pomiarze absorpcji charakterystycznego promieniowania i szacowaniu w oparciu o spektrum oraz obliczeń modelami matematycznymi. Jak pokazują badania otrzymane wyniki LC dla kilku olejów napędowych są porównywalne z otrzymanymi metodą silnikową [6].

Na rysunkach 3 i 4 zaprezentowano wyniki badań określających wpływ udziału biokomponentu PMR i RME do oleju napędowego LOTOS Dynamic Diesel na liczbę cetanową LC.



Rys. 3. Wpływ zawartości biokomponentu PME uzyskanego z oleju palmowego po smażeniu frytek na wartość LC

Fig. 3. Influence of the content of PME biocomponent derived from palm seed oil after frying French fries on the LC value after frying fish



Rys. 4. Wpływ zawartości biokomponentu RME uzyskanego z oleju rzepakowego po smażeniu ryb na wartość LC

Fig. 4. Influence of the content of RME biocomponent derived from rape seed oil after frying fish on the LC value

Liczba cetanowa handlowego oleju napędowego LOTOS Dynamic Diesel wynosiła 52,6. Wraz ze zwiększaniem dodatku biokomponentu PME i RME wartość *LC* rosła. Przy najwyższym 40% (V/V) dodatku wartość ww. parametru przekracza już wartość 54 jednostek. Nieco wyższą wartość *LC* uzyskano stosując biokomponent RME.

OKREŚLENIE CIEPŁA SPALANIA I WARTOŚCI OPAŁOWEJ BIOPALIW PME I RME

Wartość opałowa konwencjonalnego oleju napędowego spełniającego wymogi normy PN EN-590 zawiera się w przedziale od 42 do 44 MJ/kg [13]. Paliwa pochodzenia „bio” charakteryzują się mniejszą wartością opałową, ponieważ w strukturze zawierają tlen oraz inny układ atomów węgla i wodoru w wiązaniach cząsteczek [5,7]. Zarówno ciepło spalania jak i wartość opałową wyznaczono zgodnie z PN-86/C-04062, a wyniki badań zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Ciepło spalania i wartość opałowa biopaliw RME i PME
Tab. 2. Combustion heat and calorific value of RME and PME biofuels

Rodzaj Biodiesla FAME	Ciepło spalania [MJ/kg]	Wartość opałowa [MJ/kg]
Biodiesel RME z oleju rzepakowego po smażeniu ryb	40,2	36,8
Biodiesel PME z oleju palmowego po smażeniu frytek	39,7	36,3

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 2 zarówno ciepło spalania jak i wartość opałowa przybierają zbliżone wartości. Nieznacznie wyższą wartością ww. parametrów charakteryzował się Biodiesel RME. Przy czym należy pamiętać, iż w zależności od odmiany oraz warunków uprawy ww. parametry mogą nieznacznie zmieniać swoją wartość. Jak wynika bowiem z badań dla ozimych odmian rzepaku maksymalny zakres zmian wartości energetycznych może sięgać około 7% [3].

BIODEGRADACJA METANOLU ZAWARTEGO W ŚCIEKACH POPRODUKCYJNYCH BIOPALIWA RME I PME.

Zawartość metanolu (MeOH) w ściekach jest szczególnie groźna ze względu na toksyczne działanie tego związku na organizmy żywe, dlatego w pierwszej kolejności należy poddać ściek obróbce biologicznej lub chemicznej, aby doprowadzić do nietoksycznych stężeń MeOH dla osadów czynnych, biologicznych oczyszczalni ścieków, typowo do poziomu ok. 500 mg/L [17]. Stwierdzone w badanych próbach ścieków stężenie metanolu jest letalne. Z tego powodu należy w pierwszej kolejności, przeprowadzić proces utylizacji metanolu.

W tabelach 3 i 4 przedstawiono parametry charakteryzujące ścieki poprodukcyjne powstałe z oleju otrzymanego po smażeniu ryb (dalej zwanego ściekiem RME) i smażeniu frytek (ściek PME).

Tab. 3. Parametry ścieku RME

Tab. 3. RME sewage parameters

Ściek RME	ściek zwirowany	ściek niezwirowany	jednostka
ChZT	155 000,0	259 000,0	[mg/L]
MetOH	10092,2	-	[mg/L]
Fd wolny	brak*	brak*	[mg/L]
Fd całkowity	brak*	brak*	[mg/L]
pH	4.4		
Mikroorg. autochtoniczne (bakterie)	-	brak	[liczba komórek / mL]
Mikroorg. autochtoniczne (drożdże)	-	brak	[liczba komórek / mL]

Tab. 4. Parametry ścieku PME

Tab. 4. PME sewage parameters

Ściek PME	ściek zwirowany	ściek niezwirowany	Jedn.
ChZT	630 000,0	577000,7	[mg/L]
MetOH	35734,3	-	[mg/L]
Fd wolny	brak*	brak*	[mg/L]
Fd całkowity	brak*	brak*	[mg/L]
pH	3.75		
Mikroorg. autochtoniczne (bakterie)	-		[liczba komórek / mL]
Mikroorg. autochtoniczne (drożdże)	-	brak	[liczba komórek / mL]

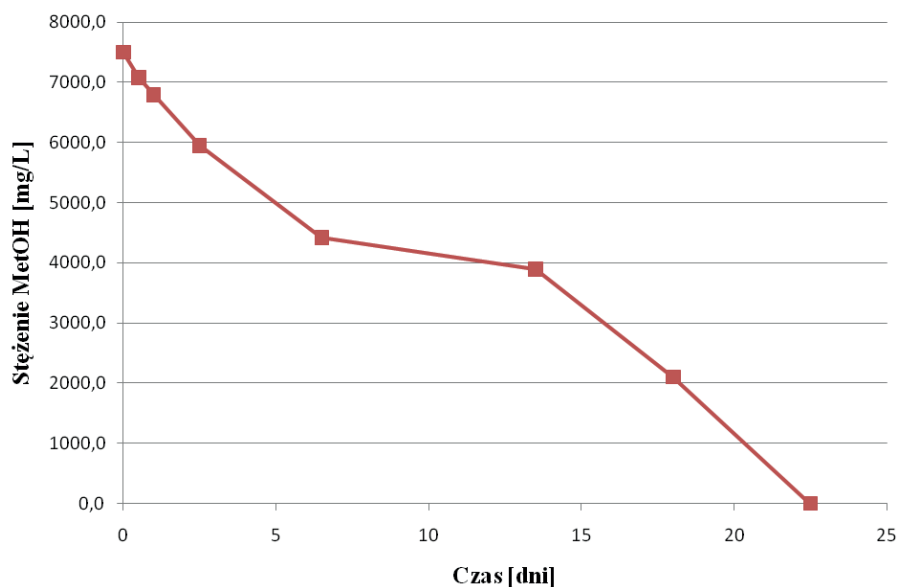
W procesie biodegradacji zastosowano biocenozę bakteryjną wyselekcjonowaną, namnożoną i adaptowaną do uprzednio badanego ścieku otrzymanego po produkcji Biopaliwa CMSE o składzie dominujących szczepów tab.5

Tab. 5. Skład szczepów dominujących w biocenozie ścieków CMSE
Tab. 5. Composition of dominant strains in CMSE sewage biocoenosis

Nazwa szczepu	Liczebność komórek bakterii w 1 ml (jtk)*
Citrobacter freundii	$7,5 \times 10^{12}$
Proteus pennerii	$3,0 \times 10^{11}$
Serratia marcescens	$1,0 \times 10^9$
Alcaligenes faecalis	$1,0 \times 10^{12}$
Trichosporon sp.	$3,0 \times 10^4$

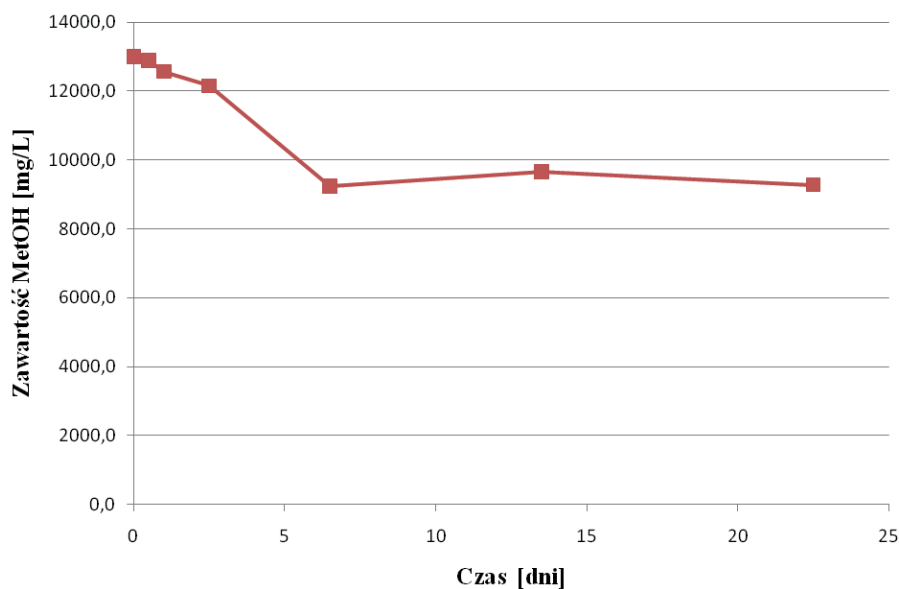
*jtk – jednostki tworzący kolonie

Po dodaniu biocenozy bakteryjnej do surowego ścieku RME o stężeniu metanolu wynoszącym 10 092 mg/L otrzymano startowe stężenie metanolu równe 7500 mg/L. Proces biodegradacji metanolu prowadzono przez 22 dni do momentu stwierdzenia zerowego stężenia tego ksenobiotyku. Pomiar stężenia metanolu określano metodą chromatografii gazowej, a wyniki degradacji przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Biodegradacja MetOH w ścieku pochodzącym ze smażenia ryb.
Fig. 5. MetOH biodegradation in sewage from frying fish

Surowy ściek RME po biologicznej obróbce wyselekcjonowaną biocenozą mającą na celu zmniejszenie stężenia MeOH może być kierowany do grupowych oczyszczalni i nie stanowi zagrożenia dla osadów czynnych.



Rys. 6. Biodegradacja MetOH w ścieku z „frytury”
Fig. 6. MetOH biodegradation in sewage from palm oil

Zupełnie inną sytuację obserwowano w przypadku ścieku PME, którego parametry podano w tabeli 6. Surowy ściek rozcieńczono 2.5-krotnie, a metanol poddano degradacji za pomocą uprzednio wyselekcjonowanej biocenozy (tab.5). W ciągu 22 dni prowadzenia procesu degradacji MeOH stwierdzono spadek stężenia tego związku o ok. 30%, do wartości 9276 mg/L. Prawdopodobnym powodem braku efektywnej degradacji MeOH jest obecność w ścieku inhibitorów enzymów degradujących ten związek pomimo porównywalnego ładunku zanieczyszczeń do ścieków PME i RME. Prezentowany przykład zwolnionej degradacji ścieku generowanego w czasie produkcji Biodiesla na bazie oleju palmowego dokumentuje złożoność procesu oczyszczania. Zastosowanie zużytych olejów spożywczych lub przepracowanych do produkcji biopaliw na szeroką skalę wymaga uprzednich badań powstałych ścieków ze względu na ochronę środowiska naturalnego. Prawdopodobnie w przypadku ścieku PME wprowadzenia do biocenozy innych mikroorganizmów posiadających zdolność degradacji MeOH w obecności inhibitorów pozwoli na rozwiązanie problemu degradacji. Obecnie prace badawcze są w toku, a obiecującym mikroorganizmem są szczepki z rodzaju *Candida* i *Hansenula* [16,17].

WNIOSKI

Wykorzystując do wytworzenia biopaliw RME i PME technologię oraz reaktor firmy MCOŹE „Bioenergia” uzyskano bardzo wysoki stopień przereagowania oleju w estry metylowej

wynoszący około 98(m/m). Obydwa biopaliwa spełnią ze względu na zawartość estrów w FAME wymogi normy EN 14214 na biopaliwo roślinne.

Liczba cetanowa handlowego oleju napędowego LOTOS Dynamic Diesel wynosiła 52,6. Wartość liczby cetanowej biopaliw zawierających biokomponent PME i RME rośnie wraz ze zwiększaniem udziału biokomponentu. Przy najwyższym 40% (v/v) dodatku wartość liczby cetanowej wyraźnie przekracza wartość 54 jednostek. Nieco wyższą wartość LC uzyskano stosując biokomponent RME.

Biodiesel PME zawiera o ponad 20% więcej pożądaných estrów kwasu oleinowego w porównaniu do RME oraz dwa razy mniej kwasu linolowego, co jest również bardzo korzystne. Jednocześnie posiada bardzo dużo, bo aż 12% estrów kwasu palmitooleinowy, który jest niepożądany, ponieważ wraz ze zwiększaniem się ilości tego kwasu w temperaturach już około 20°C w biopaliwie zaczyna wytrącać się faza stała. Wraz z obniżaniem temperatur, ale jeszcze w zakresie wartości dodatnich obserwuje się zwiększenie warstwy scalonej. Podczas gdy, np. w RME wytrącenie frakcji stałej obserwuje się dopiero w temperaturach około -10 °C.

Biopaliwo PME charakteryzuje się w całym zakresie około dwukrotnie większą lepkością dynamiczną od RME. Lepkość dynamiczna w temperaturze 20 dla RME wynosi około 18mPas, natomiast biopaliwa PME już 36mPas. Wraz ze obniżaniem rośnie, by w temperaturze 0°C osiągnąć wartości odpowiednio od 38 i 62 mPas. Natomiast w temperaturze -15°C lepkość dynamiczna wynosiła już od 107 i ponad 230 mPas.

Nieznacznie wyższymi wartościami parametrów energetycznych charakteryzuje się Biodiesel RME od PME. Ciepło spalania RME wynosiło 40,2 MJ/kg, a wartość opałowa 36,8MJ/kg. Natomiast dla Biodiesla PME ciepło spalania RME wynosiło 39,7 MJ/kg, a wartość opałowa 36,3MJ/kg. Dla porównania wartość opałowa konwencjonalnego oleju napędowego spełniającego wymogi normy PN EN-590 zawiera się w przedziale od 42 do 44 MJ/kg.

Metanol w stężeniu ok. 10 000 mg/L zawarty w poprodukcyjnym ścieku RME ulega biodegradacji i nie stanowi obciążenia dla dalszego oczyszczania osadem czynnym.

Ściek poprodukcyjny powstały z linii produkcji Biopaliwa na bazie oleju palmowego otrzymanego ze smażenia zawiera ok. 35 700 mg/L metanolu oraz inhibitory biodegradacji tego związku – proces ten wymaga dalszych badań.

LITERATURA

1. Bocheński C. Z. 2003. Biodiesel paliwo rolnicze. SGGW, Warszawa.
2. Heimann S. 2002. Charakterystyka podstawowych cech użytkowych odmian rzepaku ozimego. Udział kwasów tłuszczowych ważniejszych roślin oleistych. Materiały konferencji KONSSPAL 2002: Alternative Feeding of Diesel Engines. Problems of Maintenance of Power Units. Wrocław.
3. Lotko W. Longwic R. 1999. Nieustalone stany pracy silnika zasilanego paliwem rzepakowym. Wydawnictwo ZPITE - Radom.
4. Sitnik L. J. 2004. Ekopaliwa Silnikowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej - Wrocław.
5. Wcisło G. 2005. DETERMINING ENERGY VALUE OF BIODIESL FAME. PTNSS KONGRES - 2005. The Development of Combustion Engines. s. 93. Szczyrk, Poland.
6. Wcisło G. 2007. Wykorzystanie analizatora Irox Diesel do szacowania liczby cetanowej oleju napędowego. Silniki Spalinowe. Vol. III. s. 52-55.
7. Wcisło G. 2008. Application of the newest method based on infrared spectra analysis and mathematical models for estimating the effect of biocomponent share in a mixture

- with Diesel oil on cetane number. Teka Komisji Motoryzacji I Energetyki Rolnictwa, Vol. VIII A, s. 203-208.
8. Wcisło G. 2009. Zastosowanie chromatografii gazowej do oceny rolniczych biopaliw typu RME i CSME ze względu na układ estrów kwasów tłuszczowych. Inżynieria Rolnicza. Vol. 9 (118).
 9. Wcisło G. 2009. Określenie własności reologicznych oleju napędowego oraz biopaliw uzyskanych z lnianki. Inżynieria Rolnicza. Vol 5 (114). S. 295-301.
 10. Norma na wyznaczenie składu frakcyjnego produktów naftowych wg ASTM D 1160.
 11. Polska norma PN-EN 590:2009. Paliwa do pojazdów samochodowych - Oleje napędowe -Wymagania i metody badań.
 12. Polska norma. oznaczanie ciepła spalania paliw PN-86/C-04062.
 13. PN-EN 590:2009 - Paliwa do pojazdów samochodowych. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań.
 14. Polska norma PN-EN 14214. Paliwa do pojazdów samochodowych - Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do silników o zapłonie samoczynnym (Diesla). Wymagania i metody badań.
 15. Polska norma PN-EN 14103. Produkty przetwarzania olejów i tłuszczów. Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME). Oznaczenie zawartości estrów i estru metylowego kwasu linolenowego.
 16. Kaszycki P., Tyszka M., Malec P., Kołoczek H. (2001) Formaldehyde and methanol biodegradation with methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha*. An application to real wastewater treatment. *Biodegradation*, 12 (3):169-177.
 17. Kołoczek H., Kaszycki P., Wolański A. (2002) Biodegradacja tłuszczowych odpadów przemysłu spożywczego i farmaceutycznego w warunkach tlenowych. *Inżynieria Ekologiczna* 7, „Ekoinżynieria dla Ekorozwoju”: str. 7-14.

DETERMINATION OF THE SELECTED PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PME AND RME BIODIESEL PRODUCED FROM WASTE OILS AND EVALUATION OF METHANOL NEUTRALISATION EFFECTIVENESS IN SEWAGE FROM THEIR PRODUCTION

Summary. The aim of the paper was to determine the physical and chemical properties of PME and RME Biodiesel derived from palm and rape seed oil waste, respectively, and to determine the effectiveness of the neutralisation of sewage from their production. PME Biodiesel was produced from palm oil used for frying French fries, and RME was produced from oil used for frying fish. The research has proven that the selected physical and chemical properties of PME are close to the respective properties of RME. The only difference lies in the composition and share of individual fatty acids. Neutralisation of raw PME and RME with acidified water was performed and then the chemical composition of the sewage was determined. The effectiveness of the neutralisation of methanol remaining in the sewage after the production of Biodiesel was determined.

Key words: Biodiesel PME (Palm Oil Methyl Esters), Biodiesel RME (Rapsod Methyl Esters), physical and chemical properties of biodiesel, biological neutralisation of methanol.

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA PRODUKCJI BENTONITU ODLEWNICZEGO Z WYKORZYSTANIEM WYSELEKCYJONOWANYCH FRAKCJI POWSTAJĄCYCH PRZY WYTWARZANIU SORBENTÓW

Franciszek Pezarski, Aleksander Palma, Irena Izdebska-Szanda

Zakład Technologii, Instytut Odlewnictwa, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych i przemysłowych podjętych wspólnie z firmą zajmującą się przetwórstwem bentonitów, w celu opracowania, przebadania i wdrożenia innowacyjnej technologii produkcji wysokojakościowego bentonitu dla odlewnictwa na bazie surowca, bentonitu suszonego i wyselekcjonowanych frakcji uzyskiwanych przy wytwarzaniu sorbentów higienicznych. Podczas produkcji tych sorbentów powstają wyselekcjonowane drobne frakcje materiału, które nie opłaca się ponownie wykorzystać przy produkcji zasypek higienicznych, ale jak wykazały wstępne badania charakteryzują się znaczną zawartością montmorylonitu i zbliżoną ziarnistością do bentonitu odlewniczego i mogą być cennym surowcem do produkcji wysokojakościowego bentonitu odlewniczego.

W artykule przedstawiono wyniki prób i badań przerobu i uszlachetniania materiałów wyjściowych w procesach suszenia, mielenia, aktywacji, separacji i klasyfikacji oraz wykonywania partii doświadczalnych bentonitów odlewniczych. Przedstawiono również wyniki badań zastosowania tych bentonitów do wykonywania mas formierskich, form i odlewów próbnych.

Słowa kluczowe : spoiva odlewnicze, masy formierskie, bentonit, montmorylonit.

1. WPROWADZENIE

Firma, z którą Instytut Odlewnictwa współpracuje w zakresie badań nad glinami montorylonitowymi, zajmuje się produkcją sorbentów bentonitowych między innymi dla branży zoologicznej, przemysłu wiertniczego i górniczego, których bazą surowcową jest bentonit surowy (kopalina) [1,5,6]. W procesie technologicznym produkcji sorbentów higienicznych powstają wyselekcjonowane frakcje bentonitu o granulacji poniżej 1 mm w znacznych ilościach trudne do ponownego zagospodarowania .

W związku z tym w ramach projektu celowego ROW-II-235/2007 podjęto się opracowania, przebadania i wdrożenia innowacyjnej technologii produkcji bentonitu mielonego, przeznaczonego dla odlewnictwa, z wykorzystaniem surowca suszonego i tych wyselekcjonowanych frakcji powstających przy produkcji sorbentów bentonitowych [15]. Do produkcji bentonitu odlewniczego zaplanowano wykorzystanie istniejącej już infrastruktury produkcyjnej uzupełnionej w trakcie realizacji projektu o instalację do ujednorodniania bentonitu, instalację odpylania i transportu

pneumatycznego, urządzenia do pakowania oraz niezbędną aparaturę kontrolno pomiarową do badania bentonitu odlewniczego.

2. BADANIA MATERIAŁÓW WYJŚCIOWYCH I PRÓBY DOŚWIADCZALNE WYTWARZANIA BENTONITU ODLEWNICZEGO

Materiałem wyjściowym do prób wytwarzania bentonitu surowego był bentonit suszony ze złoża Kopernica, a także z drugiego złoża Kremnica, oraz kombinacja tych materiałów, które towarzyszą produkcji sorbentów. Sprawdzano również bentonity z innych złóż, ale miały one mniejsze znaczenie. Ostatecznie więc do produkcji wykorzystano wymienione wyżej surowe bentonity oraz wysokojakościowe frakcje bentonitu pochodzące z procesu produkcji sorbentów.

Badania laboratoryjne wykazały, że wymagane normą parametry bentonitu można będzie uzyskać używając do produkcji bentonity ze złóż Kremnica, Kopernica lub mieszaniny tych bentonitów w stosunku 50 : 50. Dodatkowo zbadano, że powstające w procesie suszenia nadziarno bentonitu tj. frakcja powyżej 5mm, posiada bardzo wysoką koncentrację montmorylonitu powyżej 85% [2, 11-13]. Wykorzystanie tej frakcji ziarnowej pozwoliło uzyskać bentonit o bardzo dobrych parametrach technologicznych. Ponieważ technologia mielenia w młynach misowo-kołowych umożliwia dosuszenie, badania prowadzono pod kątem wykorzystania tej operacji w procesie docelowym i badania laboratoryjne prowadzono w takim toku.

W wyniku przeprowadzonych prób ustalono doświadczalną technologię produkcji wysokojakościowego bentonitu, dla odlewnictwa na bazie surowca bentonitu suszonego i wyselekcjonowanych frakcji uzyskiwanych między innymi przy wytwarzaniu sorbentów higienicznych, w której wyróżnić można następujące etapy:

a. Składowanie surowca na placu magazynowym

Bentonit dostarczany do zakładu jest identyfikowany już w złożu w kopalni. Pomimo tego z każdej partii pobierane są próby dla wykonania badań jakościowych tzw. systemowej kontroli dostaw. Materiał na placu magazynowym składowany jest w pasach co umożliwia jego identyfikację na każdym etapie produkcji. Stwierdzenie w dniu następnym niezgodności z założoną jakością umożliwia zmianę jego klasy. Identyfikacja dostaw polega na badaniu wilgotności, zawartości montmorylonitu, stopnia zapiaszczenia, identyfikacji koloru w celu określenia przedziału składników istotnych dla danej aplikacji np. zawartości żelaza, arsenu, ołowiu co jest istotne dla produktów specjalnych [2,5,6]. Ponadto gromadzenie surowca odbywa się sektorowo, tak aby spełnić warunek, że pierwsze dostawy są w pierwszej kolejności kierowane do przerobu i odbywa się to w sposób usystematyzowany.

Systematyczne badanie surowców pozwala na wypracowanie oraz doskonalenie metod statystycznych dla oceny surowców. Surowce składowane są na placach o nawierzchni betonowej posiadających odpowiednie odwodnienie.

b. Aktywacja bentonitu

Najważniejszą operacją technologiczną w całym procesie produkcyjnym bentonitu odlewniczego, która decyduje w głównej mierze o jego jakości, jest aktywacja czyli kontrolowana wymiana jonowa, jonów wapnia lub magnezu na jony sodu. Kontrolowanie wymiany jonowej można prowadzić najskuteczniej na jednorodnym materiale, lub zachowując ciągły pomiar stopnia wymiany jonowej [3,4,7,8]. Skuteczność procesu realizowana jest w firmie, przez system ciągłe-

go pomiaru zawartości aktywatora w sprzężeniu zwrotnym z pomiarem pH roztworu wodnego, aktywowanego bentonitu. Cały system oparty jest o system kalibracji procesu aktywacji dla poszczególnych warstw złożowych, wilgotności surowca, zawartości montmorylonitu, które są cechami charakterystycznymi dla bentonitu. Istotna dla procesu, kinetyka reakcji wymiany jest jednym z ważniejszych parametrów, decydującym o jakości bentonitu odlewniczego.

c. Suszenie bentonitu

Bentonit należy do minerałów wrażliwych na temperaturę płomienia [2,3,19]. Dlatego też należy unikać takiego kontaktu w procesie suszenia, przez zastosowania pośrednich źródeł ciepła, bądź zastosowanie obwodowego przepływu spalin. Tylko w warunkach zastosowania tego typu rozwiązań udaje się odpowiednio prowadzić proces suszenia. W suszarniach wykorzystuje się przemysłowe palniki modułowane temperaturą oraz ciśnieniem atmosfery pieca. Pozwala to na bardzo precyzyjne prowadzenie procesu suszenia niekiedy z dokładnością do kilku stopni Celsjusza. Kolejnym ważnym punktem kontroli jest temperatura końcowa produktu wyselekcjonowanego, która nie jest wyższa niż 70 °C. W czasie procesu uzyskiwane są frakcje użytkowe niezbędne do aplikacji bezpośrednich bądź dalszego przerobu, a więc frakcje 0 - 0,4 mm; 0,4 - 0,63 mm; 0,63 - 2,0 mm; 1,8 - 4,0 mm; 0 - 6,0 mm. Proces jest realizowany na dwóch równoległe współpracujących liniach produkcyjnych.

d. Mielenie bentonitu

Bentonit po wysuszeniu w suszarni bębnowej jest składowany w big-bagach, a następnie dozowany do młyna misowo-kołowego z dodatkiem wyselekcjonowanych frakcji uzyskiwanych przy wytwarzaniu sorbentów higienicznych dla zwierząt. Po zmieleniu tak przygotowany bentonit jest transportowany systemem pneumatycznym do cyklonu oraz do filtra workowego, gdzie jest oddzielany od powietrza i przy pomocy przenośników ślimakowych dostarczany do pakowaczek (worków lub big-bagów).

Na fotografii 1 przedstawiono fragment linii produkcyjnej bentonitu odlewniczego z młynem misowo-kołowym.

W nowoczesnym systemie mielenia bentonitu wraz z bardzo precyzyjną linią dozowania składników do współmielenia, najważniejszym urządzeniem jest młyn misowo-kołowy produkowany przez niemiecką firmę PSP Ingeniering z oddziałem w Czechach. W procesie mielenia możliwe jest dozowanie bardzo niewielkich ilości nawet 0,5 % dodatku innego materiału, bez stwierdzenia zjawiska niehomogeniczności produktu końcowego. Cały system dozowania kontrolowany jest komputerowo wg. zadanego programu. Młyn misowo-kołowy będący sercem procesu jest w sposób stały zintegrowany z separatoraem powietrznym, co zapewnia absolutną kontrolę procesu przemiału. Zastosowany system hydraulicznej kontroli docisku kół mielących pozwala mieć materiał przy zmniejszonej do minimum ingerencji elementów metalowych. Ponad 85% materiału mielone jest poprzez tzw. samomielenie tj. bezpośredni kontakt materiału między sobą ponieważ zastosowany system hydrauliki młyna pozwala na kontrolę szczeliny pomiędzy misą mielącą a mielnikami. Szczelina ta jest dostosowana do średniej wielkości ziarna nadawy, co ma istotne znaczenie dla optymalizacji procesu unikania „zamielenia” materiału oraz czasu przemiału, który jest istotny aby nie powodował niszczenia struktury, lub odpowiedniego naładowania ładunkiem elektrycznym bentonitu – odpowiednie prowadzenie procesu. W czasie procesu mielenia kontrolowane są następujące parametry produkcyjne: przemiał, wilgotność produktu, pH roztworu wodnego, gęstość nasypowa. Każdy z tych parametrów lub ich kombinacja odpowiada za parametry technologiczne produktu. Materiały podawane do procesu mielenia w 100% posiadają identyfikację, poczynając

od procesu poboru ze złoża poprzez nadanie odpowiedniego kodu dla produktu końcowego. Cała linia mielenia pracuje na podciśnieniu, przez co zapewniona jest szczelność instalacji oraz higiena procesowa umożliwiająca mielenie produktów również dla przemysłu paszowego.



Rys. 1. Fragment linii przerobu bentonitu odlewniczego
Fig.1. A part of casting bentonite processing line

e. Właściwości fizyko-chemiczne doświadczalnych partii bentonitu

Istotne parametry technologiczne dla bentonitów odlewniczych kontrolowano bezpośrednio w laboratorium producenta oraz potwierdzano ich zgodność w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie [11,13, 16,17]. W ramach badań sporządzonych zostało pięć partii bentonitów doświadczalnych, których właściwości fizyko-chemiczne, a także właściwości technologiczne mas formierskich sporządzonych z ich udziałem przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizyko-chemiczne bentonitów i technologiczne mas formierskich uzyskane w doświadczalnych partiach produktu
Table 1. Physical and chemical properties of bentonites and technological properties of moulding sand from experimental samples of product

Lp.	Oznaczenie bentonitu	Wilgotność		Wytrzymałość (na wilgotno)			Osypliwość w stanie wilgotnym	Przepuszczalność	Wskaźnik pęcznienia bentonitu
		ben-tonitu	masy wzorcowej	na ściskanie	na rozciąganie	w strefie przewil.			
		W_b ; [%]	W_m ; [%]	R_c^w ; [MPa]	R_m^w ; [MPa]	R_m^p ; [N/cm ²]			
1.	Bentonit doświadczalny 1	1,50	3,48	0,110	0,0138	0,379	7,0	255	28,42
2.	Bentonit doświadczalny 2	1,80	3,44	0,090	0,0120	0,341	8,0	260	25,45
3.	Bentonit doświadczalny 3	6,00	3,51	0,091	0,0137	0,397	5,0	245	31,91
4.	Bentonit doświadczalny 4	8,20	3,54	0,077	0,0110	0,410	1,8	254	29,94
5.	Bentonit doświadczalny 5	2,85	3,52	0,081	0,0120	0,319	4,8	250	26,76

W partiach tych bentonitów nie prowadzono procesu separacji w złożu, co widoczne jest w braku stabilności pewnych parametrów. Badania te miały między innymi odpowiedzieć na pytanie jak istotna jest jednorodność surowcowa zarówno pod względem „złożowym” jak i technologicznym. Różnorodność parametrów fizycznych materiału obrabianego została ustalona celowo dla celów badawczych.

W prezentowanych próbach materiałów stwierdzono widoczny wpływ wilgotności bentonitu na osypliwość masy wzorcowej. Próby były prowadzone na surowcu z jednej dostawy. Próby potwierdzają konieczność stosowania zwiększonej wilgotności bentonitu –najkorzystniejsze wyniki osiągnięto w próbie nr.4., który pod nazwą Monobent Extra skierowano do wykonania testowych form i odlewów w odlewni staliwa.

W Tabeli 2 podano właściwości fizyko-chemiczne bentonitu Monobent Extra.

Tabela 3 podaje natomiast właściwości technologiczne masy sporządzonej w laboratorium, z bentonitem stosowanym jako lepsze do odlewniczych mas formierskich i rdzeniowych z Monobentem Extra. Masa ta sporządzona była w mieszarce krążnikowej na bazie piasku wzorcowego

A (Grudzień-Las średni), z udziałem 7,0 % bentonitu i przy wprowadzeniu takiej ilości wody, aby jej zawartość w masie wynosiła $3,5 \% \pm 0,1 \%$

Tabela 2. Właściwości fizyko-chemiczne bentonitu Monobent Extra
Table 2. Physical and chemical properties of Monobent Ekstra bentonite

Wilgotność bentonitu; [%]		Zawartość montmorylonitu; [%]		Zawartość węglanów; [%]		Wskaźnik pęcznienia [cm ³]		
8,2		80,0		3,20		29,94		
ANALIZA SITOWA								
L.p.	Nominalny wymiar boku oczka	Odsiew;	Odsiew rzeczywisty	Odsiew przeliczony	Odsiew;	Odsiew rzeczywisty	Odsiew przeliczony	Średnia arytmetyczna odsiewów przeliczonych
	[mm]	[g]	[%]	[g]	[%]	[%]	[%]	
1	0,20	-	-	-	-	-	-	-
2	0,16	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,2	0,20
3	0,10	0,08	0,06	0,6	0,07	0,05	0,5	0,55
4	0,071	0,63	0,55	5,5	0,61	0,54	5,4	5,45
5	0,063	1,06	0,43	4,3	1,04	0,43	4,3	4,30
6	0,056	1,40	0,34	3,4	1,40	0,36	3,6	3,50
7	0,040	3,56	2,16	21,6	3,54	2,14	21,4	21,50
8	denko		6,44	64,4		6,46	64,6	64,50
9	suma		10,00	100,0		10,00	100,0	100,00

Tabela 3. Właściwości technologiczne masy formierskiej z Monobentem Extra
Table 3. Technological properties of moulding sands with Monobent Extra

L.p.	Oznaczenie bentonitu	W _b ; [%]	W _m ; [%]	R _c ^w ; [MPa]	R _m ^w ; [MPa]	P ^w ; [J.P.]	S ^w ; [%]	R _m ^p ; [N/cm ²]	W _p ; [cm ³]
1.	Monobent Extra	8,20	3,50	0,077	0,0110	254	1,80	0,410	29,94

Badania właściwości fizyko-chemicznych partii bentonitu wytworzonych w warunkach przemysłowych

Weryfikację opracowanej technologii przeprowadzono wytwarzając kilka partii bentonitu odlewniczego w warunkach przemysłowych. Otrzymano sześć partii bentonitu oznaczonych jako partie 1 do 6. Wykonano następujące badania: oznaczenie zawartości wody w bentonitach, zawartości montmorylonitu i węglanów, przeprowadzenie analizy sitowej, określenie wskaźnika pęcznienia. Jako przykład w tabeli 4 przedstawiono analizę sitową bentonitu partii 1, a w tabeli 5 właściwości fizyko-chemiczne uzyskanych bentonitów.

Tabela 4. Analiza sitowa bentonitu – partia 1
Table 4. Sieve-analysis of bentonite – sample1

Nominalny wymiar boku oczka	odsiew przeliczony
mm	%
0,16	0,0
0,063	5,2
0,056	4,5
0,040	90,3
suma	100,00

Przemiał ma istotny wpływ na ocenę parametrów bentonitu. Osiągnięcie zbyt wysokiego przemiału bentonitu może poprawić laboratoryjne parametry, lecz na pewno wpłynie na jego zwiększone zużycie, gdyż zbyt drobny bentonit jest wyciągany przez system wentylacji, oraz szybciej się przepala i posiada niższą trwałość termiczną.

Tabela 5. Właściwości fizyko-chemiczne bentonitów
Table 5. Physical and chemical properties of bentonites

Numer Partii bentonitu	Wilgotność bentonitu [% obj.]	Zawartość montmorylonitu [% obj.]	Zawartość węglanów [% obj.]	Wskaźnik pęcznienia [cm ³]
1	6,4	75	3,6	26,0
2	6,2	78	4,2	29,0
3	6,0	75	3,5	23,0
4	7,7	81	3,0	24,0
5	6,1	80	3,2	24,0
6	6,5	82	3,4	25,0

W tabeli zamieszczono wyniki badań partii produkcyjnych, które nieznacznie różnią się właściwościami surowca wyjściowego do ich produkcji. Badania montmorylonitu prowadzone na bentonitach aktywowanych wykazują obniżony wynik, co jest regułą. Montmorylonit należy badać na próbkach bentonitu surowego, aby potwierdzić wynik. Materiały z prób w okresie rozruchu technologii wskazują na brak koordynacji w zakresie kontroli oraz braku działań statystycznych.

Analiza sitowa przeprowadzona dla sześciu partii bentonitu uzyskanego w warunkach przemysłowych wg nowej technologii wykazała że, bentonity te są bardzo dobrze zmielone. Przez sito 0,056 mm przechodzi w przypadku wszystkich partii powyżej 85 % materiału. Należy stosować nieco niższy przemiał, który wpłynie na mniejsze zużycie spoiwa w masie jednolitej.

Zawartość montmorylonitu jest wysoka i wynosi we wszystkich przypadkach powyżej 75 %, natomiast ilość węglanów jest poniżej 5,0 % w granicach od 3,0 % do 4,2 %.

Wskaźniki pęcznienia są wysokie i wynoszą od 23 cm³ do 29 cm³, norma zaś przewiduje min 15 cm³. Przedstawione powyżej wyniki badań fizyko-chemicznych świadczą, że bentonit odlewniczy uzyskany wg nowej technologii spełnia z zapasem wymogi normy. Zawartości wody we wszystkich partiach mieszczą się w normie gdyż zawierają się w przedziale od 6 –12 %, korzystnie jest utrzymywanie wilgotności na poziomie 6 - 8%.

Wiele odlewni przy sporządzaniu mas nie uwzględnia wody w bentonicie i w związku z tym otrzymują niestabilne masy formierskie. Istotnym zaburzeniem w kulturze stosowania mas jest wprowadzenie pyłu węglowego do masy.

Weryfikację technologii przeprowadzono również oceniając zdolności wiązania bentonitu odlewniczego. Badano właściwości technologiczne bentonitu poprzez ocenę mas formierskich wykonanych z udziałem 7 % bentonitu, zgodnie z normą PN-85/H-11003, przy stosunku wodno-glinowym wynoszącym około 0,5. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 6. Badano również masy przy różnym stosunku wodno glinowym mieszczącym się w granicach od 0,3 do 0,6 w celu lepszego scharakteryzowania bentonitu wytworzonego wg nowej technologii.

Tabela 6. Właściwości technologiczne bentonitów
Table 6. Technological properties of bentonites

L.p.	Oznaczenie próby	W _m [%]	Wytrzymałość, [MPa]			Osypliwość [%]	Przepuszczalność [j.p.]
			R _c ^w	R _m ^w	R _m ^p		
1	Partia 65	3,33	0,075	0,0121	0,375	3,6	241
2	Partia 66	3,38	0,085	0,0148	0,394	2,5	248
3	Partia 67	3,37	0,075	0,0105	0,348	3,0	242
4	Partia 68	3,49	0,075	0,0129	0,424	1,5	243
5	Partia 69	3,5	0,077	0,0123	0,417	1,3	244
6	Partia 70	3,43	0,080	0,0128	0,427	1,2	245

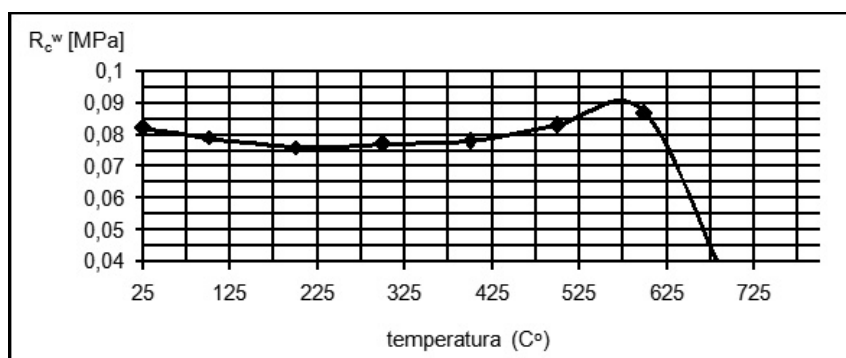
Analizując powyższe wyniki można stwierdzić iż bentonit uzyskiwany według nowej technologii na skalę przemysłową, posiada bardzo dobre właściwości technologiczne. Proces technologiczny wytwarzania bentonitu jest stabilny gdyż, wyniki poszczególnych partii są porównywalne. Uzyskane właściwości wytrzymałościowe mas są wysokie. Osypliwość poszczególnych partii jest niewielka, a przepuszczalność bardzo wysoka.

Aby lepiej scharakteryzować bentonit, przeprowadzone zostały również badania trwałości termicznej [3,11]. Zależność wytrzymałości R_c^w masy z bentonitem Monobent Ekstra od temperatury, przedstawiono w tabeli 7 i na wykresie rys 2. Trwałość termiczna mas bentonitowych ma bardzo duże znaczenie technologiczne i ekonomiczne. Masy, które zawierają w sobie bentonit o dużej trwałości termicznej, nie potrzebują częstego odświeżania.

Badania trwałości przeprowadzono poprzez wygrzewanie sporządzonej masy z bentonitem w temperaturach od 100 °C do 700 °C i badaniu właściwości technologicznej masy, która została nawilżona do odpowiedniej wilgotności. Badania wykazały, że temperatura połówkowa, a więc taka przy której wszystkie wartości wytrzymałościowe tracą połowę wartości początkowej jest bardzo wysoka i wynosi 670 °C.

Tabela 7. Wyniki badań trwałości termicznej bentonitu
Table 7. Results of investigations of thermal durability of bentonite

Bentonit	Parametr	Temperatury nagrzewania ; [° C]						
		temperatura otoczenia	100	200	300	400	500	600
Partia 66	W_m [%]	3,31	3,43	3,31	3,40	3,30	3,46	3,43
	R_{c^w} ; [MPa]	0,082	0,078	0,076	0,077	0,078	0,083	0,087
	R_m^w [MPa]	0,0135	0,0125	0,0138	0,0125	0,013	0,0130	0,0104
	R_m^p [MPa]	0,374	0,475	0,430	0,450	0,433	0,352	0,191
	S^w [%]	2,045	1,88	1,97	2,24	2,44	7,24	10,3



Rys. 2. Trwałość termiczna bentonitu - zależność wytrzymałości R_{c^w} masy z bentonitem Monobent Ekstra od temperatury

Fig. 2. Thermal durability of bentonite - the compression strength R_{c^w} of green sand with Monobent Ekstra bentonite in the function of temperature

4. PRÓBY ZASTOSOWANIA PARTII BENTONITU UZYSKANEGO WG NOWEJ TECHNOLOGII DO WYKONYWANIA FORM I ODLEWÓW.

Wytworzoną doświadczalnie partię bentonitu Monobent Extra w ilości około 5 ton skierowano do prób wykonywania form i odlewów w odlewni staliwa.

Do wykonania wytypowano odlew osłony koła napinającego o masie 120 kg. Formy wykonywano w masie klasycznej bentonitowej z dodatkiem dekstryny. Stosowano bentonit Monobent Extra, z którego wykonywano masę przymodelową. Formy wykonywane były poprzez ręczne formowanie i jako dwuwarstwowe tj. z mas przymodelowej i wypełniającej.

Skład masy przymodelowej z Monobentem Extra przedstawiał się następująco:

- piasek kwarcowy Szczakowa gruby i masa obiegowa - 50 : 50 - 100,0 cz. wag.,
- bentonit Monobent Extra - 6,5 cz. wag.,
- dekstryna żółta - 0,5 cz. wag.,
- woda - 3,0 – 3,5%.

Właściwości technologiczne masy formierskiej przymodelowej:

$$W_m = 2,90 \% ; P^w = 400 \text{ J.P.}; R_c^w = 0,060 \text{ MPa.}$$

W ocenie przedstawicieli Zakładu właściwości technologiczne masy formierskiej testowej były wysokie i gwarantują uzyskanie odlewów odpowiedniej jakości. Odlewy wykonano ze staliwa węglowego L 500, o masie brutto 250 kg i netto 120 kg każdy. Temperatura zalewania wynosiła 1580°C. Formy wykonywane były jako dwuwńkowe.

W końcowym etapie realizacji projektu było podjęcie produkcji bentonitu wg nowej technologii w skali przemysłowej. Przemysłowe partie bentonitu odlewniczego zostały wysłane do wybranych odlewni w celu wykonania odlewów.

Próby zastosowania przemysłowych partii bentonitu w wybranych odlewniach zakończyły się pozytywnie. Odlewnie wykorzystując wyprodukowane partie przemysłowe bentonitu otrzymały odlewy bez wad powierzchniowych i o odpowiedniej gładkości. Masy wykonane z przemysłowych partii bentonitu charakteryzowały się optymalną przepuszczalnością i wytrzymałością, niską osypliwością, wysoką płynnością i odpowiednią zagęszczalnością. W odlewniach żeliwa bardzo pozytywnie oceniono również spoiwo bentonitowe pod względem trwałości termicznej masy.

5. PODSUMOWANIE

- Produkcja bentonitu odlewniczego wg innowacyjnej metody oparta jest na wykorzystaniu wyselekcjonowanych frakcji powstających przy produkcji sorbentów higienicznych i na bazie surowca bentonitu suszonego.
- Kontrola produktu jakim jest bentonit odlewniczy zaczyna się już na etapie przygotowywania i rozdrabniania surowca.
- W trakcie procesu próbnej produkcji przemysłowej partii bentonitu według nowej technologii został zweryfikowany system kontroli i oceny końcowego produktu, pozwalający na pełną ocenę wyprodukowanego bentonitu odlewniczego.
- Wyniki prowadzonych badań potwierdziły skuteczność technologii wykorzystywania wyselekcjonowanych frakcji przy wytwarzaniu sorbentów i bentonitu suszonego, jako odpowiedniego surowca do produkcji wysokojakościowych bentonitów odlewnicznych.
- Przeprowadzone próby zastosowania bentonitu w zakładach odlewniczych przy wykonywaniu form i rdzeni, pozwalają na stwierdzenie, że produkowany w oparciu o nowo opracowaną technologię bentonit odlewniczy, w pełni spełnia przedmiotowe normy pod względem jakości uzyskiwanego materiału, jak i właściwości technologicznych mas formierskich klasycznych i mas rdzeniowych sporządzanych z jego udziałem.

LITERATURA:

1. Wyszomirski P., Lewicka E.- Bentonity jako uniwersalny surowiec wielu dziedzin przemysłu Gospodarka surowcami mineralnymi, Tom 21, 2005 Zeszyt 3, str. 5-19.
2. Praca zbiorowa pod redakcją H. Kościółko i R. Wyrwickiego - Metodyka badań kopalni ilastych - Państwowy Instytut Geologiczny-Warszawa-Wrocław, 1996.
3. Gawlikowska M. - Wytyczne technologiczne do produkcji bentonitu odlewniczego ze zwietrzałych bazaltów dolnośląskich-Institut Odlewnictwa 1989.
4. Adams J.M., Clapp T.V., Clement D.E.: Catalysis by montmorillonites., Clay Miner. 18, 1983.

5. Bolewski A., Budkiewicz M., Wyszomirski P.: Surowce ceramiczne., 1991 Wyd. Geol. Warszawa.
6. Bolewski A., Manecki A. , - Mineralogia szczegółowa. Wyd. PAE, Warszawa 1993.
7. Dubińska E., - Badania właściwości jonowymiennych. W: Metody badań gruntów spoistych wyd. Geol., Warszawa 1990.
8. Fijał J., Kłapyta Z., Żyła M. – Metody badania własności powierzchniowych minerałów. Metody badań minerałów i skał ,1988, Wyd. Geolog. W-wa.
9. Gawlikowska M., - Bentonitowe masy formierskie w odlewni. Skrypt Instytutu Odlewnictwa, Kraków 1995.
10. Kłapyta Z., - Bentonity i ły bentonitowe Polski, Prace Miner. Kom. Miner. PAN, Kraków, 1975.
11. Lewandowski J.L.: „Tworzywa na formy odlewnicze”, Wyd. Akapit, Kraków 1997.
12. Sakwa W., Wachelko T.: Materiały na formy i rdzenie odlewnicze. Wyd. Śląsk, Katowice 1981.
13. Holtzer M. et.al.: „Methods of the montmorillonite content determination in foundry bentonites” Archives of foundry engineering, 2009 vol. 9, issue 4 s. 69–72.
14. Gilson D.M. et. al. Sand additives –past, present and future, AFS Transaction, 95-39, p. 295-303.
15. Pezarski F., Palma A. Izdebska-Szanda I., Motyka J.: Nowa technologia produkcji wysokojakościowego bentonitu odlewniczego z wykorzystaniem wyselekcjonowanych frakcji powstających przy wytwarzaniu sorbentów, Odlewnictwo XXI wieku – technologie, maszyny i urządzenia odlewnicze, Biuletyn Konferencyjny, XII Konferencja Odlewnicza Technical 2010. Nowa Sól (ISBN 978-83-931057-0-0), p. 101-110.
16. Izdebska-Szanda I., Pezarski F., Maniowski Z.: „Badania wytrzymałości mas formierskich w strefie przewilżonej z zastosowaniem aparatury nowej generacji” Materialove inžinierstvo Zlina (SK) rocznik X rok 3/2003 (ISSN 1335-0803).
17. Pezarski F., Izdebska-Szanda I., Maniowski Z., Morek J. ‘Kontrola der Formstofffestigkeit im Kondensationswasserbereich ist ein Faktor, der die Vermeidung der Oberflächenfehler der Gussstücke ermöglicht’, SAND TEAM Międzynarodowa Konferencja : „Forstoffbedingte Gussfehler” 2004, s. 139 – 148, ISBN 80-02-01632-7.
18. Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 1999-2003, Praca zbiorowa pod redakcją R. Neyka, T. Smakowskiego., 2004 Wyd. Pracownia Polityki Surowcowej IGSMiE PAN, Kraków.
19. Żymankowska-Kumon S.: Effect of temperature on the monmorillonite kontent In selected foundry bentonites, 13th International Symposium of Students and Young Mechanical Engineers, Gdańsk 2010, s. 407-410.
20. Harvey C.C., Murray H.H., 1997 — Industrial clays in the 21st century: A perspective of exploration, technology and utilization. Applied Clay Science 11, 285—310, Elsevier Science.
21. Kłapyta Z- Właściwości powierzchniowe sorbentów mineralnych., Sorbenty mineralne Polski, 1991 Wyd. AGH Kraków.
22. Kozač J., Tuček L., Zuberec J., 2000 -Nové technologicko-ekonomické hodnotenie a trendy vo využívaní nerudných nerastných surovín. Mat. Konf. Aktuálne Problémy Baníctva a Geológie. Demänovská Dolina, Slovak Republic.
23. Grefhorst C.: Współczesne masy z bentonitem, Przegląd Odlewnictwa 1-2, 2007, s. 14÷15.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF CASTING BENTONITE
MANUFACTURE ON THE BASIS OF SELECTED FRACTIONS
OBTAINED IN THE PRODUCTION OF SORBENTS

Summary. The article presents the results of laboratory and industrial investigations undertaken in co-operation with a bentonite processing company. The aim of the study was the investigation and implementing of an innovative technology of the production of high-quality bentonite on the basis of the raw material: dried bentonite and selected fractions obtained in the production of hygienic sorbents.

During the production of these sorbents, fine fractions of material were selected, useless for further use in the production of hygienic powders.

But, as preliminary investigations showed, these fractions contained a considerable amount of montmorillonite with approximate granulation to casting bentonite and could turn out a valuable material for the production of high - quality casting bentonite.

The article presents the results of trials and investigations on the processing and refinement of the material in the processes of drying, milling, activation, separation and classification, as well as producing test samples of bentonites.

Also, the results of experimental use of these bentonites in the preparation of moulding sands, moulds and experimental castings are presented.

Key words: foundry binders, moulding sands, bentonite, montmorillonite.

PROBLEMY Z EKSPLOATACJĄ CZUJNIKÓW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ STOSOWANYMI W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Sebastian Styła

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38a; e-mail: s.styla@pollub.pl

Streszczenie. W artykule omówiono rodzaje czujników prędkości obrotowej stosowanych w nowoczesnych samochodach. Przedstawiono ich rolę i wpływ na układy sterowania odpowiedzialne za komfort i bezpieczeństwo podróżowania, takie jak: układ przeciwblokowania kół ABS czy układ sterowania pracą silnika. Ponadto zaprezentowano badania dotyczące wpływu zmian podstawowych parametrów pracy czujników na ich sygnały wyjściowe. Dzięki temu było możliwe dokonanie analizy dotyczącej konieczności zastosowania danego rozwiązania konstrukcyjnego. W badaniach wykorzystano czujniki indukcyjne i hallotronowe.

Słowa kluczowe: efekt Halla, czujnik reluktancyjny, czujnik Halla, generowane napięcie, wał korbowy, ABS.

1. WSTĘP

Współczesne pojazdy samochodowe mają coraz więcej układów sterowania i automatycznej regulacji, które są odpowiedzialne za bezpieczeństwo podróżowania oraz wpływają na zmniejszenie emisji spalin. Do poprawnej pracy obwodów, takich jak: układ wtryskowy, układ zapłonowy, układ antypoślizgowy ABS, sterownik „potrzebuje” dużej ilości informacji. W pojazdach taką rolę, dostarczenia danych o układzie sterowanym, pełnią czujniki nazywane sensorami. W większości przypadków zamieniają one wielkości nieelektryczne (prędkość obrotowa, kąt obrotu, długość, itp.) na sygnał elektryczny (natężenie prądu, napięcie, częstotliwość, przesunięcie fazowe, itp.). Daje to możliwość łatwego wzmocnienia, przesłania oraz obróbki i analizy sygnału.

Możemy rozróżnić dwie grupy czujników: parametryczne i generacyjne [8]. Pierwsze z nich działają na zasadzie zmiany sygnału elektrycznego pod wpływem mierzonej wielkości, natomiast czujniki generacyjne przetwarzają energię wielkości mierzonej na energię elektryczną. Wybór odpowiedniej metody pomiaru zależy od wymagań stawianych przez układ sterowania oraz miejsca, w którym sensor ma pracować.

Mimo dużej ilości czujników stosowanych we współczesnych pojazdach ich rola cały czas rośnie. Powstają nowe konstrukcje i rozwiązania, które muszą sprostać wymaganiom, do których należą m. in. [1, 4, 5, 19, 20]:

- duża dokładność,
- duża czułość,

- trwałość,
- niezawodność,
- małe wymiary,
- brak wpływu warunków zewnętrznych na pracę (zakłóceń, warunków atmosferycznych, czynników chemicznych, itp.).

W celu poprawnej i niezawodnej pracy czujniki potrzebują odpowiednich układów przetwarzania sygnału, do których należą: przetworniki formatujące impulsy oraz przetworniki analogowo – cyfrowe specjalnie dobrane dla danego sensora. Równocześnie ważna jest sama jakość sygnału wyjściowego czujnika. Z tego też względu, w branży motoryzacyjnej stosuje się na szeroką skalę zjawiska indukcji magnetycznej i Halla, które znalazły zastosowanie w układach pomiarowych [3, 6, 7, 9, 17, 18]:

- prędkości obrotowej silnika,
- prędkości obrotowej kół,
- położenia wału korbowego,
- wzniosu iglicy wtryskiwaczy,
- przyspieszeń pojazdu,
- kąta obrotu kierownicy, itp.

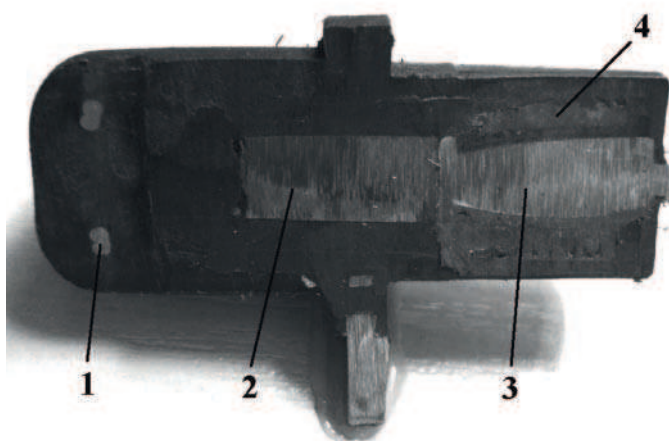
2. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA WYBRANYCH CZUJNIKÓW

Do poprawnej pracy układów wtryskowych, zapłonowych [11, 12, 16, 17, 18] czy układów przeciwdziałających blokowaniu kół ABS [2, 5] potrzebne jest dostarczenie informacji o prędkości obrotowej danego elementu. Pomiaru tych wielkości dokonuje się za pomocą sensorów, których sygnałem wyjściowym jest napięcie o odpowiedniej częstotliwości i amplitudzie. Wszelkie niesprawności, mogą przyczynić się do niebezpieczeństwa na drodze, dlatego ważnym aspektem jest ich niezawodność oraz odpowiednio wcześnie wykryte uszkodzenia przy zastosowaniu możliwie „najlepszej” metody [10, 13, 14, 15].

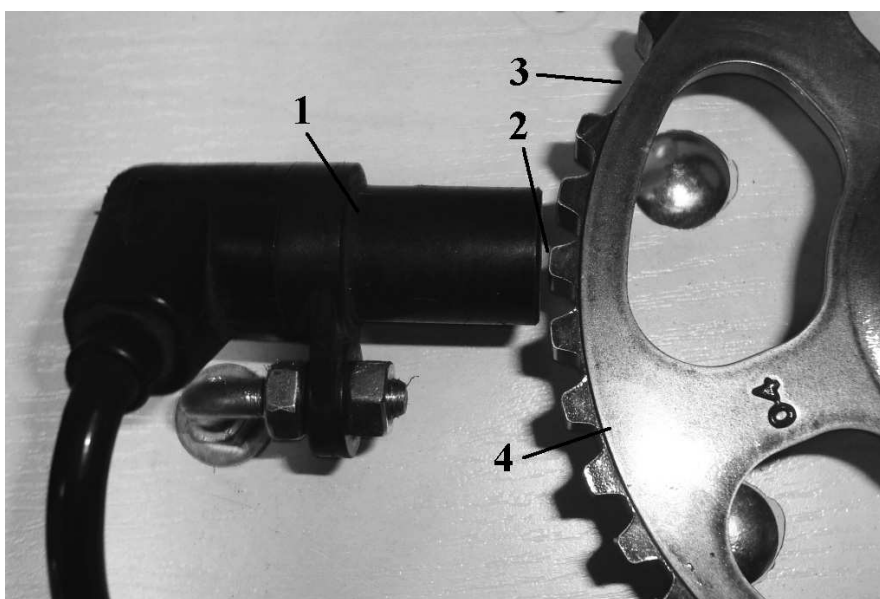
2.1. Czujniki reluktancyjne

Są to najczęściej stosowane czujniki w układach sterowania współczesnymi silnikami. Służą do pomiaru m. in. prędkości obrotowej oraz położenia wału korbowego, a także wykorzystywane są w układach ABS, ASR i ESP. Czujniki reluktancyjne różnią się między sobą typem, konstrukcją, kształtem oraz generowanym sygnałem. Mimo tego, wszystkie działają na zasadzie indukowania napięcia pod wpływem zmiennego pola magnetycznego. Z tego też względu nazywane są często czujnikami magnetoindukcyjnymi.

Na rysunku 1 przedstawiono budowę wewnętrzną czujnika reluktancyjnego, natomiast rysunek 2 pokazuje jego zasadę działania.



Rys. 1. Przekrój czujnika reluktancyjnego
1-wyprowadzenia cewki, 2-magnes trwały, 3-trzpień biegunowy, 4-cewka indukcyjna
Fig. 1. Cross – section of reluctance sensor
1-output coil, 2-permanent magnet, 3-spindle pole, 4-coil



Rys. 2. Reluktancyjny czujnik prędkości obrotowej – zasada działania
1-czujnik, 2-szczelina powietrzna, 3-znacznik koła, 4-koło impulsowe
Fig. 2. Reluctance rotational speed sensor - operation principle
1-sensor, 2-air gap, 3-marker round, 4-pulse round

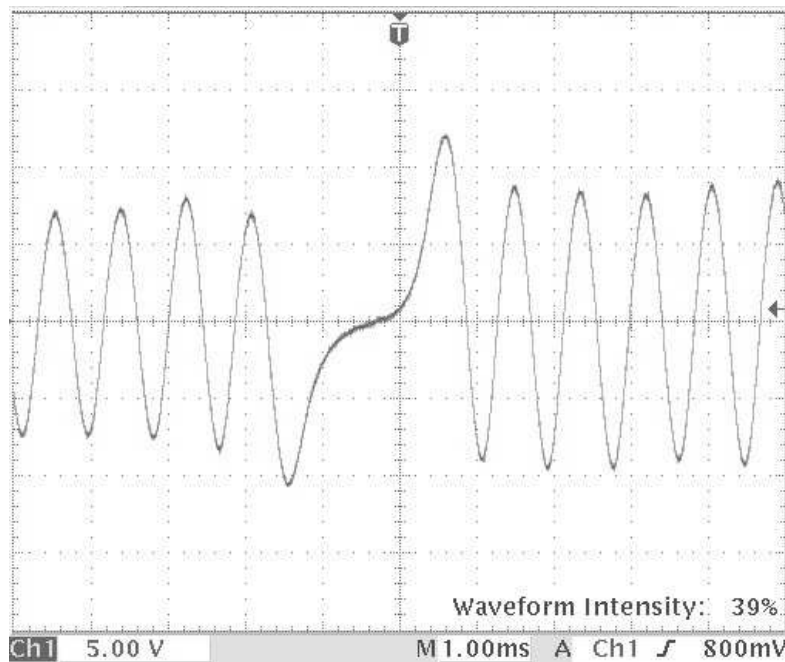
Strumień magnetyczny wytworzony przez magnes trwały zamyka się w rdzeniu z materiału miękkiego (trzępien biegunowy) i trafia na ząb lub szczelinę na kole impulsowym. To powoduje zmianę strumienia, pod wpływem którego indukuje się w cewce siła elektromotoryczna zgodnie z zależnością:

$$e_{ind} = -z \cdot \frac{d\phi}{dt}, \quad (1)$$

gdzie: z – liczba zwojów cewki,

$\frac{d\phi}{dt}$ – pochodna strumienia magnetycznego Φ względem czasu t .

Przebieg sygnału wyjściowego z czujnika zależy od jego konstrukcji, a także od kształtu i ilości zębów na kole. W przypadku pomiaru prędkości obrotowej jest to przebieg sinusoidalny (rys. 3), którego częstotliwość jest ściśle powiązana z prędkością obrotową. Widoczna na rysunku przerwa (znak odniesienia - brak jednego lub dwóch zębów na kole impulsowym) służy do określenia położenia wału korbowego. Ma to na celu zsynchronizowanie czasu wtrysku i zapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej (wywołanie odpowiednich procedur sterowania).



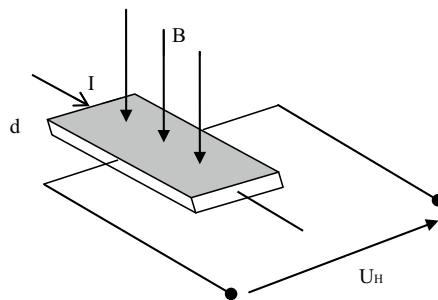
Rys. 3. Oscylogram prędkości obrotowej – czujnik reluktancyjny

Fig. 3. Oscillogram of speed (RPM) - reluctance sensor

2.2. Czujniki Halla

Czujniki hallotronowe (aktywne) coraz częściej zastępują indukcyjne (bierne) ze względu na szereg korzyści. Często są one nazywane „inteligentnymi” lub „zintegrowanymi” ponieważ zawierają w sobie zarówno część pomiarową, jak i przetwarzającą sygnały. Czujniki Halla są to elementy półprzewodnikowe wykorzystujące zjawisko, które polega na powstawaniu napięcia na brzegach

płytki (przez którą płynie prąd) umieszczonej w polu magnetycznym (rys. 4). Charakterystyczną cechą jest potrzeba doprowadzenia napięcia zasilającego czujnik w celu jego poprawnej pracy.



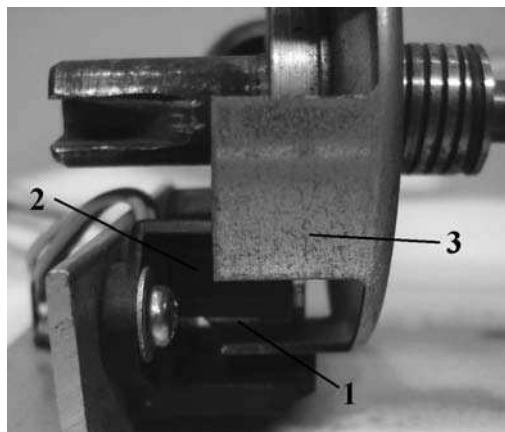
Rys. 4. Efekt Halla
Fig. 4. Hall effect

Napięcie Halla zależy od wartości prądu sterującego oraz indukcji magnetycznej:

$$U_H = \frac{R_H}{d} \cdot I \cdot B, \quad (2)$$

gdzie: R_H – stała Halla,
 d – grubość płytki,
 I – natężenie prądu sterującego,
 B – indukcja magnetyczna.

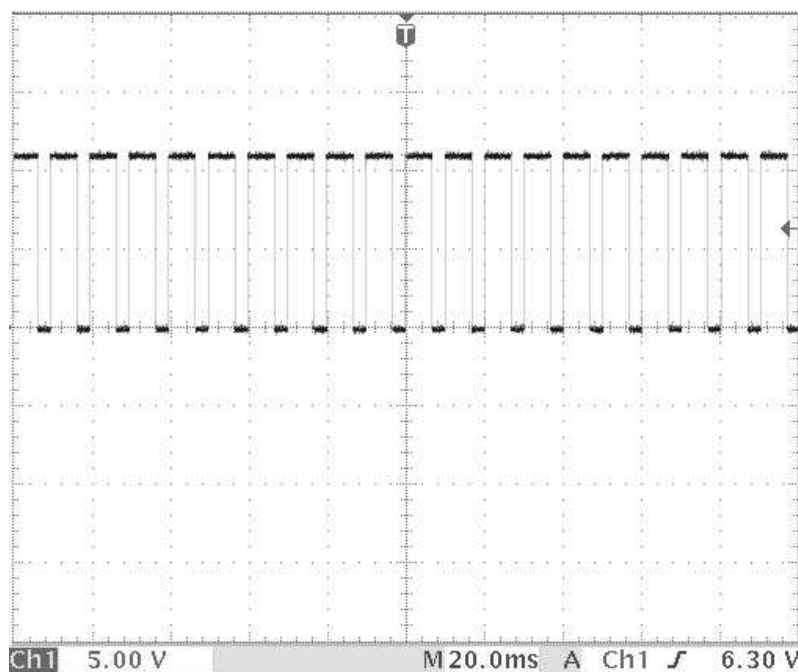
Czujniki hallotronowe szczególne zastosowanie znalazły w układach do pomiaru prędkości obrotowej kół, rzadziej silnika (rys. 5). W układach ABS, ze względu na łatwość zabudowy (w łożysku koła) i większą niezawodność, wyparły sensory indukcyjne.



Rys. 5. Hallotronowy czujnik prędkości obrotowej – zasada działania
 1-magnes trwały, 2-czujnik, 3-koło ferromagnetyczne

Fig. 5. Hall – effect based rotational speed sensor - operation principle
 1-permanent magnet, 2-sensor, 3-ferromagnetic round

Sygnal wyjściowy czujników Halla (rys. 6) daje możliwość łatwej analizy i przetwarzania. Jego amplituda, w przeciwieństwie do sensorów indukcyjnych, nie zależy od prędkości obrotowej. Dzięki temu możliwa jest łatwiejsza diagnostyka tych czujników.

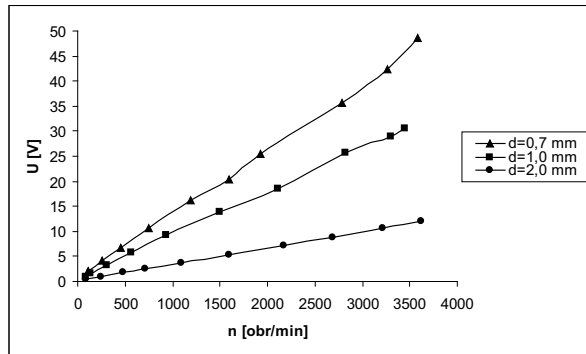


Rys. 6. Oscylogram prędkości obrotowej – czujnik Halla
Fig. 6. Oscillogram of speed (RPM) - Hall – effect based sensor

3. ANALIZA PARAMETRÓW PRACY CZUJNIKÓW

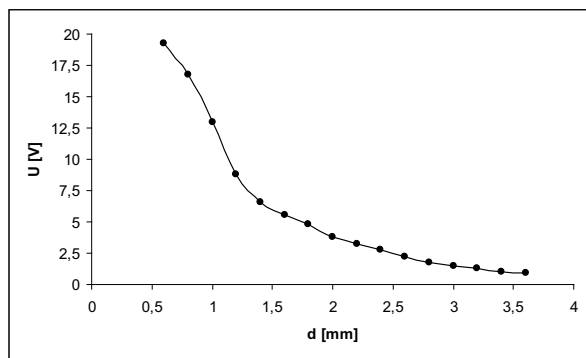
W badaniach wykorzystano dwa czujniki prędkości obrotowej silnika: reluktancyjny palcowy oraz hallotronowy. Porównano ich parametry pracy i wpływ zmian na sygnały wyjściowe doprowadzane do układu sterowania. Zmiana odległości (wielkość szczeliny powietrznej) czujnika od koła impulsowego, napięcie zasilania (czujnik Halla) lub temperatura pracy może spowodować niepoprawną interpretację przez sterownik doprowadzonego sygnału. Mogłoby to uruchomić procedury awaryjne wprowadzone do pamięci mikrokontrolera odpowiedzialnego za dobór odpowiednich wartości czasu wtrysku oraz kąta wyprzedzenia zapłonu przewidzianych dla danej marki pojazdu.

Wpływ zmian parametrów pracy na wartość sygnału wyjściowego czujników przedstawiono na poniższych charakterystykach (rys. 7, 8, 9).



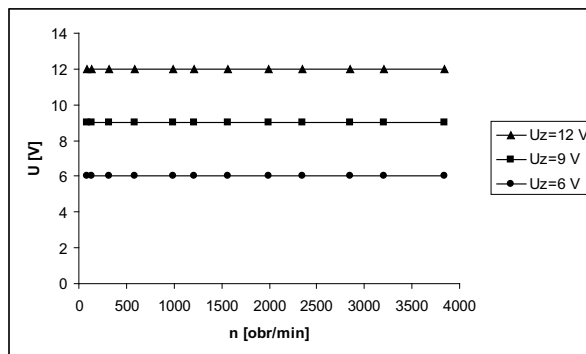
Rys. 7. Zależność napięcia wyjściowego czujnika indukcyjnego od prędkości obrotowej dla różnych szczelin

Fig. 7. Output voltage of induction sensor vs. rotational speed for various values of the clearance



Rys. 8. Zależność napięcia wyjściowego czujnika indukcyjnego od szerokości szczeliny, $n=1000$ obr/min

Fig. 8. Output voltage of induction sensor vs. clearance size, $n=1000$ rpm



Rys. 9. Zależność napięcia wyjściowego czujnika Halla od prędkości obrotowej dla różnych napięć zasilających czujnik

Fig. 9. Output voltage of Hall – effect based sensor vs. rotational speed for various values of the sensor supply voltage

4. PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika kilka właściwości czujników indukcyjnych (reluktancyjnych) i hallotronowych. W obu przypadkach częstotliwość sygnału ściśle odwzorowuje prędkość obrotową.

Amplituda sygnału w czujnikach reluktancyjnych zależy od prędkości obrotowej. Jest to zjawisko niekorzystne ze względu na problemy z przetwarzaniem sygnału w sterowniku (szczególnie przy dużych prędkościach obrotowych, gdzie napięcie szczytowe może wynosić nawet 100 V). Ponadto na te sensory duży wpływ ma szerokość szczeliny powietrznej. Wraz z jej zwiększeniem maleje amplituda sygnału wyjściowego, co przy nieprawidłowym umocowaniu czujnika lub niesymetrycznym kole impulsowym, może niekorzystnie wpływać na układ sterowania. W branży motoryzacyjnej przyjmuje się wartości szczeliny w granicach 0,8 – 1,5 mm. Ponadto przy małych prędkościach obrotowych sygnał wyjściowy czujnika reluktancyjnego zanika.

Czujniki aktywne (hallotronowe) są pozbawione w/w wad. Zwiększenie prędkości obrotowej powoduje zmianę częstotliwości, natomiast amplituda przyjmuje stałą wartość (zależy ona przede wszystkim od wartości napięcia zasilania czujnika). Szeroki zakres zmian napięcia zasilania (4 – 18 V) sprawia, że sensory te są bardziej niezawodne. Ze względu na kształt sygnału (prostokątny) jest on łatwy do analizy i przetworzenia w sterowniku.

Jedną z wad czujników hallotronowych jest wpływ temperatury na wartość amplitudy. Obecnie zastosowanie układów różnicowych, powoduje kompensację tych zmian.

Ze względu na wiele korzyści czujników aktywnych (Halla) zyskują one coraz większą popularność i są częściej stosowane w pojazdach samochodowych. Wynikiem tego jest zastępowanie nimi sensorów indukcyjnych.

5. PIŚMIENNICTWO

1. Bosch, Informator techniczny: Czujniki w pojazdach samochodowych, WKŁ, Warszawa, 2002.
2. Bosch, Informator techniczny: Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe, WKŁ, Warszawa, 2006.
3. Bosch, Informator techniczny: Sterowanie silników o zapłonie iskrowym. Zasada działania. Podzespoły, WKŁ, Warszawa, 2002.
4. Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S.: Elektrotechnika i elektronika samochodowa, WU Politechniki Lubelskiej, Lublin, 1999.
5. Dziubiński M.: Elektroniczne układy pojazdów samochodowych, Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski, Lublin, 2004.
6. Gajek A., Juda Z.: Mechatronika samochodowa, Czujniki, WKŁ, Warszawa, 2008.
7. Herner A., Riehl H. J.: Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, WKŁ, Warszawa, 2009.
8. Piotrowski J.: Pomiary. Czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego, WNT, Warszawa, 2009.
9. Rudak Z.: Czujnik położenia wału korbowego, Auto Moto Serwis nr. 9/2008.
10. Sitek K.: Diagnostowanie układów hamulcowych, Poradnik Serwisowy 4/2008.
11. Styła S., Walusiak S., Pietrzyk W.: Wykorzystanie pakietu LabView w procesie projektowania sterownika silnika spalinowego. XIII Konferencja pod patronatem Komitetu Elektrotechniki PAN i Institute of Electrical and Electronics Engineers "Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice'2008", Materiały, Poznań, 2008, s. 193-194.

12. Styła S., Walusiak S., Pietrzyk W.: Computer simulation possibilities in modeling of ignition advance angle control in motor and agricultural vehicles, TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom VIII '2008, s. 231-240.
13. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych, WKŁ, Warszawa, 2002.
14. Tylicki H., Wilczarska J., Bartol M.: Metodyka diagnozowania stanu maszyn, MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa PAN o/Lublin, tom 8, 2006, s. 230–239.
15. Walusiak S., Pietrzyk W., Sumorek A.: Ocena diagnostyczna stanu technicznego pojazdów samochodowych w wybranej stacji diagnostycznej, MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa PAN o/Lublin, tom 5, 2003, s. 219-226.
16. Walusiak S., Podleśny M., Pietrzyk W.: Microprocessor model to control ZI motors, TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, Tom VI A '2006, s. 199-206.
17. Wendeker M.: Sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym, LTNPL, Lublin, 1999.
18. Wendeker M.: Sterowanie zapłonem w silniku samochodowym, LTNPL, Lublin, 1999.
19. PN-85/S-76001 – „Pojazdy silnikowe -- Wyposażenie elektryczne -- Ogólne wymagania i badania”.
20. PN-IEC 60747-14-1:2003 – „Przyrządy półprzewodnikowe -- Część 14-1: Czujniki półprzewodnikowe -- Postanowienia ogólne i klasyfikacja”.

PROBLEMS WITH THE OPERATION OF ROTATIONAL SPEED SENSORS USED IN MOTOR VEHICLES

Summary. The types of engine speed sensors used in modern motor vehicles have been discussed in the present study. Their role and the influence on the systems responsible for the travel comfort and safety i.e.: Anti-Lock Braking System (ABS) or engine operation control system as well as the tests concerning the impact of the basic operation parameters of the sensors on their output signals have also been presented. Therefore it was possible to perform the analysis of necessity of use of certain design solution. The induction and Hall – effect based sensors have been used in the tests.

Key words: Hall effect, reluctance sensor, Hall – effect based sensor, generated voltage, crankshaft, ABS.

STEROWANIE DOSTĘPEM WĘZŁÓW MECHATRONICZNYCH DO SIECI INFORMACYJNYCH POJAZDÓW

Andrzej Sumorek, Wiktor Pietrzyk

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska, Lublin, Polska

Streszczenie. O skuteczności funkcjonowania protokołów i magistral komunikacyjnych w pojazdach decyduje kilka czynników. Pierwszym z nich, najbardziej rzucającym się w oczy pod względem fizycznym, jest topologia sieci. Sposób wykonania okablowania urządzenia ma znaczący wpływ na niezawodność funkcjonowania całej sieci. Ten czynnik bezpośrednio decyduje, co stanie się, kiedy jeden ze sterowników pojazdu odłączy się lub znacznie generować niezrozumiałe komunikaty. Drugim czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo komunikacji są elementy ramek komunikacyjnych odpowiedzialne za integralność transmisji. Pozwalają one odbiorcy na sprawdzenie, czy dane zostały przesłane bezbłędnie lub potwierdzenie nadawcy przez odbiorcę kompletności otrzymanych danych. Oba z wymienionych uprzednio czynników będą miały jednak znikome znaczenie, jeśli zostanie błędnie opracowana strategia wysyłania komunikatów w sieci. Możliwe jest wyróżnienie pięciu podstawowych metod sterowania dostępem do medium komunikacyjnego. W ramach niniejszego artykułu zostaną zaprezentowane wszystkie metody sterowania stosowane w sieciach komunikacyjnych pojazdów. Oryginalnym aspektem artykułu jest podejście do zagadnienia polegające nie tylko na prostym opisanu metod sterowania dostępem, ale zilustrowaniu ich funkcjonowania na podstawie przykładów działania sieci komunikacyjnych różnych klas.

Słowa kluczowe: CSMA, TDMA, Token-passing.

WSTĘP

Zanim zostaną przedstawione metody podejmowania decyzji dopuszczających do zajmowania magistrali przez wybrany sterownik należy opisać procedury pozwalające na to, aby określone komunikaty trafiały do wyznaczonych odbiorców. Proces ukierunkowywania danych na konkretnego odbiorcę nosi nazwę adresowania. Spotyka się trzy typowe podejścia do adresowania.

Adresowanie za pomocą identyfikatora nosi również nazwę adresowania zorientowanego na abonenta [4, 21]. W wstępnej fazie projektowania sieci określa się adresy jednoznacznie wskazujące na konkretne węzły w sieci czyli innymi słowy przypisuje adresy (identyfikatory). Ramka protokołu zawiera dodatkowe dane dotyczące adresata (abonenta), a niekiedy również nadawcy. Na podstawie porównywania adresów zawartych w ramach danych z własnymi adresami, węzły podłączone do magistrali mogą odfiltrować dane przeznaczone konkretnie dla nich. Dodatkowo możliwe jest opracowanie adresów, na które powinny reagować grupy węzłów sieciowych. Mówi się wtedy o adresach typu multicast. Innym typem adresu grupowego jest adres, na który reagują

wszystkie węzły sieciowe. Ten typ adresu określane jest mianem broadcast. Liczba adresów w sieci uzależniona jest od liczby bitów zadeklarowanych w ramce protokołu do formowania adresu. Teoretycznie dopuszczalna jest nawet sytuacja, w której każdy węzeł sieci pojazdu ma swój unikalny identyfikator i możliwa jest komunikacja pomiędzy dowolnymi wybranymi węzłami. Praktycznie stosuje się translację adresów pomiędzy różnymi sieciami pojazdów [21]. Ten typ adresowania charakterystyczny jest dla sieci komputerowych zgodnych ze standardem Ethernet [4].

Adresowanie za pomocą zawartości nazywane jest także adresowaniem zorientowanym na komunikat [4, 21]. W takim przypadku nie występuje przypisanie adresu do konkretnego urządzenia sieciowego. W ramce protokołu występuje identyfikator w postaci ciągu bitów charakterystycznych dla konkretnego typu danych lub nadawcy ramki. Węzeł nadawczy nie dysponuje informacjami na temat odbiorcy ramki. To węzły odbiorcze na podstawie filtrowania identyfikatorów podejmują decyzje o pobraniu danych z magistrali. Filtry węzłów odbiorczych mogą pozwalać na odbiór ramek o identyfikatorach skojarzonych z więcej niż jednym typem danych [4]. Jest to rozpowszechniony sposób adresowania sieciach pojazdów, którego reprezentantem jest protokół magistrali Controller Area Network [21].

Adresowanie na podstawie transmisji (zorientowane na transmisję) polega na wykorzystaniu parametrów fizycznych przesyłanej wiadomości [4]. Takim parametrem typowo jest czas. Cykl komunikacyjny dzielony jest na wiele przedziałów czasowych. W zadeklarowanych przedziałach czasu zawsze transmitowane są te same dane (od tych samych nadawców, dotyczących tego samego parametru, itp.). Deklaracja treści komunikatów i czasu nadawania informacji wykonywana jest na poziomie projektowania sieci lub jej uruchamiania. Dzięki synchronizacji czasu wszystkich węzłów możliwe jest pobieranie wymaganych danych bez znajomości nadawcy i identyfikatora wiadomości. Ten typ adresowania jest kompletnie deterministyczny i w rzeczywistych zastosowaniach mieszany jest z adresowaniem na podstawie zawartości lub identyfikatora [4].

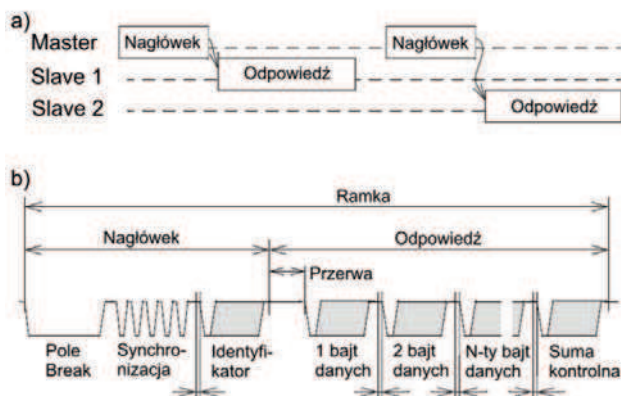
Opisane powyżej modeli adresowania na podstawie zawartości i identyfikatora wskazują czynniki, na podstawie których odbiorcy decydują się na pobranie informacji z magistrali, ale nie definiują, w jaki sposób węzły nadawcze rozstrzygają konflikty wynikające z równoczesnej „chęci” wprowadzania danych na magistralę.

STEROWANIE DOSTĘPEM DO MAGISTRALI

Bieżący rozdział zawiera zestawienie reguł leżących u podstaw pięciu metod sterowania dostępem do magistral danych. Wraz z opisem teoretycznym zostanie przedstawiony rzeczywisty protokół/magistrala komunikacyjna, w której znalazł zastosowanie opisywany mechanizm sterowania dostępem.

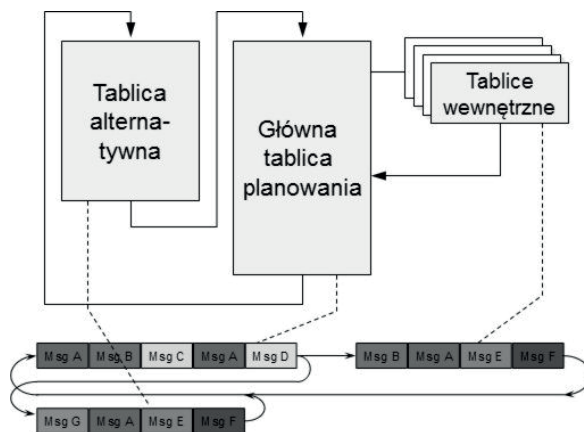
Najbardziej „sztywną” metodą sterowania wydaje się być **model master-slave**. System ten określane jest także terminami nadrzędny-podrzędny lub nadrzędny-podległy. Idea funkcjonowania jest zgodna z nazwą. W sieci musi występować jeden dedykowany węzeł nadrzędny (master). Jego zadaniem jest sterowanie pracą całej magistrali, co oznacza, że okresowo lub wrywkowo żąda przesłania informacji o stanie węzłów slave lub żąda wykonania określonych zadań. W trakcie normalnej pracy magistrali opartej o system master-slave nie przewiduje się bezpośredniej komunikacji pomiędzy węzłami slave. Zaletą układu jest łatwość jego programowania, ponieważ główne funkcje sieci programuje się na poziomie węzła master. Do wad systemu można zaliczyć niską elastyczność, ponieważ sterowanie polega tylko na cyklicznym wysyłaniu poleceń przez węzeł master. Kolejną wadą jest to, że uszkodzenie węzła master praktycznie paraliżuje cały sys-

tem. Praktyczną implementacją modelu master-slave jest protokół i magistrala Local Interconnect Network (LIN).



Rys. 1. LIN: a) Mechanizm tworzenia ramek; b) Struktura ramki [11]
 Fig. 1. LIN: a) Mechanism of creation of frames; b) Structure of frame [11]

W przypadku magistrali LIN zadaniem węzła master jest sterowanie komunikacją poprzez wysyłanie nagłówków komunikatów składających się na początkową część ramki komunikacyjnej (rys. 1). Zadanie dla węzła slave zapisane jest w pierwszych sześciu bitach pola „Identyfikator” (rys. 1b) [14]. Moment wysłania nagłówka ramki oraz jego zawartość ramki deklarowana jest za pomocą, definiowanej na poziomie sieci, tablicy planowania (schedule table). Węzeł master zgodnie z „schedule table” w konkretnych chwilach wymusza aktywność węzłów typu slave lub dostarcza im wiadomości (rys. 2) [11].



Rys. 2. Tablica planowania [11]
 Fig. 2. Schedule table [11]

W celu podniesienia dynamiki funkcjonowania sieci LIN, „schedule table” może być modyfikowana w czasie funkcjonowania na podstawie warunków zewnętrznych (np. na podstawie

aktywności użytkownika). Posługiwanie się „schedule table” z jednej strony zapewnia dotarcie danych w zadeklarowanym, przewidzianym wcześniej czasie, ale z drugiej strony obniża dynamiczną reakcję sieci na zdarzenia nieprzewidziane [4, 14]. Należy pamiętać, że wprowadzenie nowego elementu do funkcjonującej sieci wymaga przeprogramowania całej sieci (tutaj węzła master). Mimo swoich wad, model master-slave zastosowany w magistrali LIN umożliwia budowę prostych magistral o niskich nakładach finansowych [15].

Modele dostępu, w których nie wyróżnia się węzłów o różnym poziomie ważności określa się globalnie terminem multimaster. Przy dostępie typu multimaster zakłada się, że węzeł magistrali może w dowolnej chwili podjąć transmisję. Różnice polegają na rozstrzygnięciu problemów w warunkach, w których więcej niż jeden węzeł podejmie nadawanie w tym samym momencie. Dwie najpopularniejsze metody z tej grupy to CSMA/CD oraz CSMA/CA.

Termin CSMA/CD (ang. **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **D**etection) stanowi zestawienie trzech pojęć. Wykrywanie nośnej (Carrier Sense) oznacza, w przypadku sieci komunikacyjnych, że transceiver węzła sieci kontroluje, czy inny z transceiverów nie prowadzi już nadawania. Dzięki temu mechanizmowi zapoczątkowana transmisja nie powinna zostać przerwana. Wielodostęp (wielokrotny dostęp, multiple access) wskazuje, że zgodnie z zasadą multimaster wszystkie węzły mają identyczne prawa dostępu do medium, czyli w identyczny sposób mogą odbierać dane, jak i nadawać informacje. W związku z tym możliwe jest wystąpienie sytuacji, równoczesnego podjęcia transmisji przez dwa i więcej węzłów. Takie krytyczne sytuacje rozwiązuje mechanizm wykrywania kolizji (collision detection). Wykrycie kolizji możliwe jest na pomocą podstawowej funkcji transceiverów umożliwiającej równoczesne nadawanie i odbieranie danych z magistrali. Jeśli występuje różnica pomiędzy bitami nadawanymi i odbieranymi, wskazuje to na sytuację równoczesnego nadawania kilku węzłów i wzajemnego zakłócania transmisji. W tym momencie istnieją dwa problemy: poinformowanie o zakłóceniu transmisji oraz skuteczne ponowienie transmisji i dostarczenie danych. Sygnalizację zakłócenia wykonuje się przez transmisję sygnału o nietypowych parametrach. Ponowienie transmisji jest zagadnieniem nieco bardziej skomplikowanym. Po wykryciu kolizji, następuje zaprzestanie transmisji, a następnie wybrany zostaje moment ponownego rozpoczęcia nadawania, którego losowe opóźnienie T_{bo} wyliczane jest zgodnie z zależnością (1) [10]:

$$T_{bo} = A_{max} \cdot \Delta t \cdot R_d \quad (1)$$

gdzie: A_{max} - maksymalna wartość opóźnienia w danej próbie dostępu do medium wyrażona liczbą szczelin czasowych,

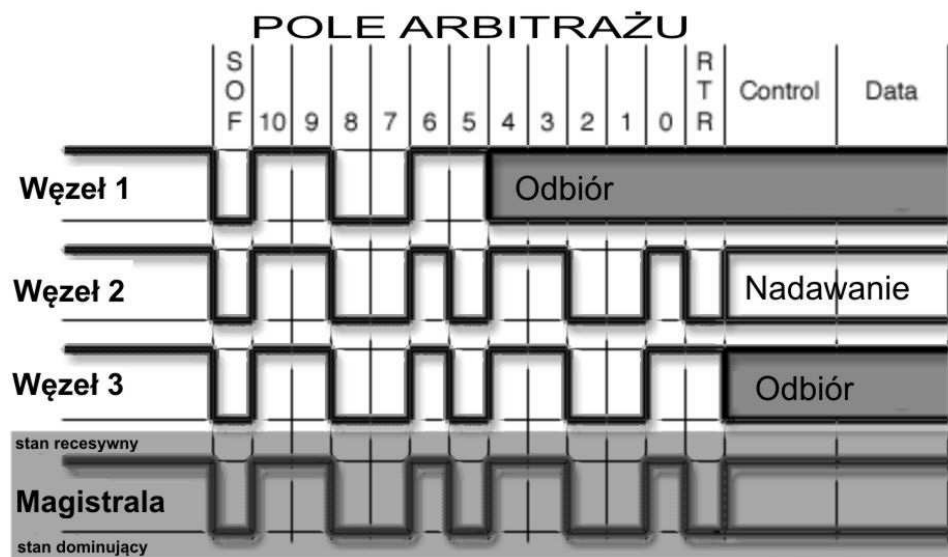
Δt - długość przedziału czasowego, który jest sumą opóźnienia propagacji sygnału w kanale komunikacyjnym, czasu przełączenia nadajnika i czasu niezbędnego do wykrycia stanu zajętości kanału, s,

R_d - losowa liczba z przedziału $\langle 0,1 \rangle$.

Ponieważ sterowanie dostępem do magistrali zgodne z modelem CSMA/CD wymaga retransmisji zakłóconych danych, konieczny jest dodatkowy czas (suma czasów oczekiwania T_{bo} i ponownej transmisji) na wprowadzenie danych na magistralę, co powoduje, że w przypadku ważnych danych dotrą one do urządzeń zbyt późno. W skrajnym przypadku nie ma gwarancji, że przy wielokrotnych kolizjach jakikolwiek komunikat zostanie wysłany. Z tego powodu dostęp CSMA/CD znajduje zastosowanie w bezprzewodowych sieciach komputerowych, zaś w sieciach komunikacyjnych pojazdów nie jest stosowany.

W przypadku drugiego z modeli CSMA tj. **CSMA/CA** akronim CA oznacza **Collision Avoidance**. Idea zapobieganie kolizjom polega na tym, że w sytuacji krytycznej polegającej na równoczesnym nadawaniu przez dwa lub więcej węzłów dołączonych do tej samej fizycznej magistrali nie występuje kompletne zawieszenie transmisji i nie jest wymagana retransmisja wiadomości. Ramki wiadomości protokołów bazujących na modelu CSMA/CA mają wydzielone w swojej początkowej części pola arbitrażu. Pole arbitrażu sygnalizuje priorytet komunikatu. W momencie pojawienia się na magistrali kilku komunikatów o różnych priorytetach, węzeł z komunikatem o najwyższym priorytecie kontynuuje nadawanie, zaś komunikaty o niższych priorytetach znajdują się na magistrali dopiero wtedy, kiedy ich priorytety staną się najwyższymi.

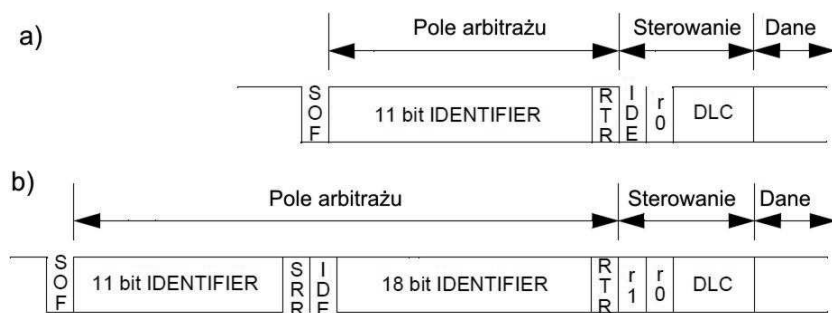
CSMA/CA we wzorcowej postaci występuje w protokole Controller Area Network. Każdy węzeł wysyła ramki, które nie zawierają konkretnego adresu nadawcy i odbiorcy (adresowanie za pomocą zawartości, adresowanie zorientowane na komunikat). Węzeł magistrali CAN zaczyna nadawanie, jeżeli magistrala pozostaje wolna przez okres potrzebny na przesłanie trzech bitów. Jeśli minimum dwa węzły podejmą równocześnie nadawanie (trzy na rys. 3), arbitraż wykonywany jest w trakcie przesyłania bitów pola arbitrażu ramki komunikacyjnej. Na magistrali pozostaje urządzenie, w którego polu arbitrażu występuje „więcej bitów dominujących” (większy priorytet komunikatu, węzeł 2 z rys. 3) [4, 18, 21].



Rys. 3. Arbitraż modelu CSMA/CA w protokole CAN [3, 5]

Fig. 3. Arbitration in CSMA/CA model in CAN protocol [3, 5]

W wersji 2.0A protokołu CSAN pole arbitrażu ma długość 11 bitów. Wraz z wersją 2.0B, pole arbitrażu zostało poszerzone do 29 bitów (rys. 4). Mimo bardzo długiego pola arbitrażu z wersji 2.0B, to dostarcza ono tylko gwarancji wystąpienia na magistrali komunikatu o najwyższym w priorytecie w konkretnym momencie [3, 13].

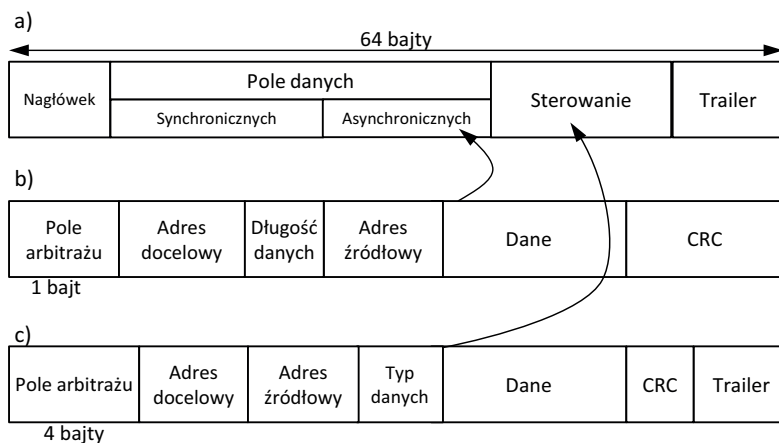


Rys. 4. Początek ramki protokołu CAN: a) format standardowy, b) format rozszerzony [3]
 Fig. 4. The beginning of frame of CAN protocol: a) standard format, b) extended format [3]

Arbitraż wynikający z modelu CSMA/CA skutkuje brakiem determinizmu w dostarczeniu komunikatów o niższych priorytetach. Z tej przyczyny CSMA stosuje się jako mechanizm podnoszący dynamikę wymiany danych w protokołach, w których komunikacja oparta jest na przydziałach czasu. W całej sekwencji komunikacyjnej wydziela się przedziały czasowe, w których rezygnuje się z typowego, czasowego modelu sterowania komunikacją i zakłada się, że na magistralę dzięki procesowi arbitrażu przedostanie się „najważniejszy” komunikat o najwyższym priorytecie. Takie rozwiązanie można znaleźć w protokołach TTCAN (rys. 7), FlexRay (rys. 8), MOST (rys. 5b, 5c) czy Byteflight.

Kolejnym kluczowym modelem nadawania dostępu do magistrali komunikacyjnej jest **token-passing**. Model przekazywania znacznika wymaga wyznaczeniu obiektu, którego posiadanie uprawnia węzeł sieci do nadawania. Węzeł magistrali, która musi nadać dane „ustawia” znacznik tokenu jako zajęty i równocześnie dołącza swoje dane do pakietu (rys. 6). Sam pakiet jest transmitowany pomiędzy węzłami do momentu dotarcia do węzła odbiorczego. Odbiorca odczytuje dane z pakietu i przesyła go dalej. Dane są usuwane z pakietu dopiero przez stację nadawczą. Stacja nadawcza konfiguruje token jako wolny i przekazuje cały („pusty” i „wolny”) pakiet do kolejnego węzła, który może zapełnić go danymi, ustawić wskaźnik zajętości tokena i przesłać dane do kolejnego węzła.

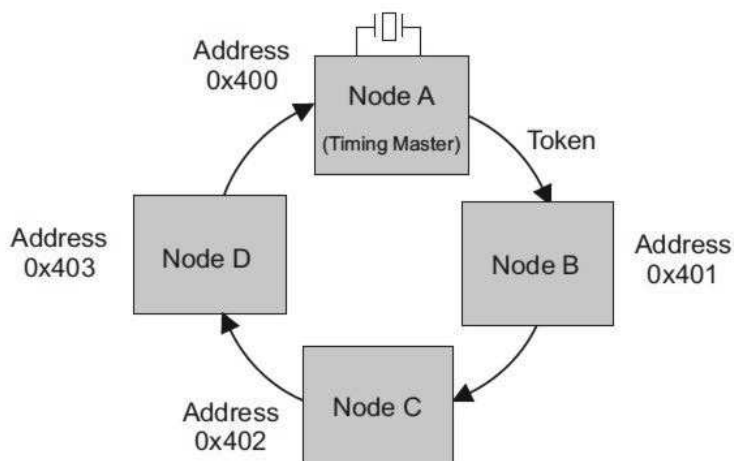
W przypadku protokołu komunikacyjnego Media Oriented Systems Transport (MOST) znacznikiem dostępu (tokenem) jest to element ramki komunikacyjnej. Jednostką komunikacyjną magistrali MOST jest blok złożony z 16 ramek z rys. 5a. W ramce przesyłane są dane synchroniczne audio i wideo. Przesyłane są one w zarezerwowanych kanałach synchronicznego pola danych ramki zgodnie z opisywanym dalej mechanizmem przydziału czasu. Następnie transmitowane są dane asynchroniczne czyli pakiety danych niemultimedialnych (rys. 5b). Pakiety asynchroniczne dzielone są na mniejsze części i przesyłane w kilku ramkach. Ramkę uzupełniają dane sterujące, wymagane do sterowania funkcjonowaniem samej sieci oraz sterowania funkcjami urządzeń. Wymagają arbitrażu i podziału podobnie jak dane asynchroniczne (rys. 5c). Żeton dostępu w protokole MOST stanowi część jednobajtowego pola arbitrażu sekcji danych asynchronicznych (rys. 5b) [9].



Rys. 5. Protokół MOST: a) ramka, b) dane asynchroniczne, c) dane sterujące [9, 17, 19, 21]

Fig. 5. MOST potocol: a) frame, b) asynchronous data, c) control data [9, 17, 19, 21]

Metoda dostępu token-passing jest deterministyczną metodą dostępu do magistrali. Brak współzawodnictwa występującego w CSMA pozwala na wyznaczenie najgorszego czasu dostarczenia danych. Występuje dedykowany czas, przez który węzeł może zajmować magistralę. W związku z tym można stosunkowo łatwo określić możliwości, którym sprosta magistrala o określonej liczbie węzłów. Przy niskim obciążeniu magistrali można osiągnąć większą przepustowość niż w przypadku metod CSMA. Przepustowość maleje w porównaniu z CSMA wraz ze wzrostem obciążenia magistrali. Organizacja sieci oparta na token-passing jest stosunkowo kosztowna [21]. Sam mechanizm dostępu charakterystyczny jest głównie dla sieci o topologii pierścieniowej i medium w postaci kabla światłowodowego (rys. 6).

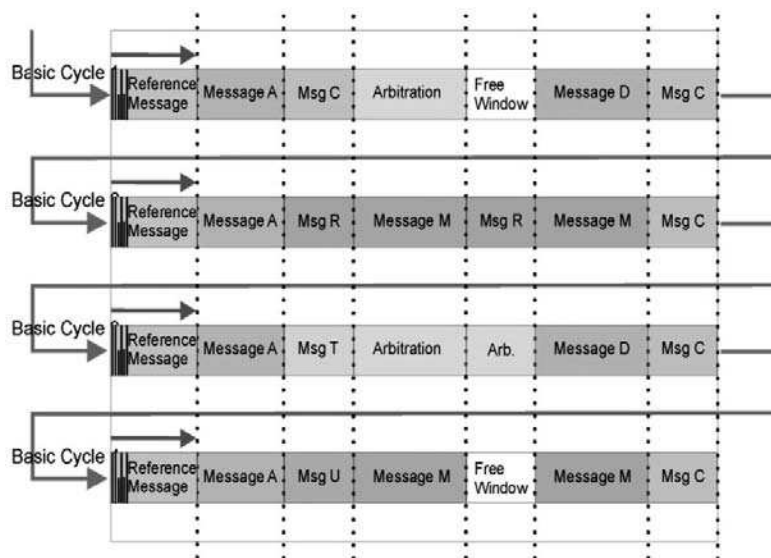


Rys. 6. Topologia pierścieniowa magistrali MOST z czterema węzłami [9]

Fig. 6. Topology of MOST bus with four nodes [9]

Coraz powszechniej w sieciach pojazdów wprowadzane są metody dostępu oparte w całości lub części na przydziałach czasu. Taka metoda sterowania dostępem jest stosowana w stosunku do opisywanej magistrali MOST w zakresie transmisji danych synchronicznych. **TDMA (Time Division Multiple Access)** oznacza wielodostęp z podziałem czasu [4, 21]. Metoda zakłada, że fizycznie, równocześnie do magistrali podłączona będzie grupa węzłów. Każdy z węzłów (sterowników) ma odgórnie zadeklarowany przedział czasu, w którym tylko on ma prawo do transmisji danych. W zależności od priorytetu urządzenia system może regulować czas dostępu poprzez przydział większej liczby przedziałów czasowych lub przydział dłuższych przedziałów. W stosunku do metod rywalizacyjnych metoda TDMA jest przewidywalna, deterministyczna. Pozwala precyzyjnie określić czas dotarcia komunikatu w najbardziej niekorzystnej konfiguracji dla każdego z węzłów komunikacyjnych. Osiąga się mniejszą dynamikę reakcji niż w metodzie CSMA, ale bardziej przewidywalne czasy dostępu do danych niż w metodzie token-passing. Użytkowanie metod TDMA wymusza stosowanie wspólnej podstawy czasu dla całej magistrali.

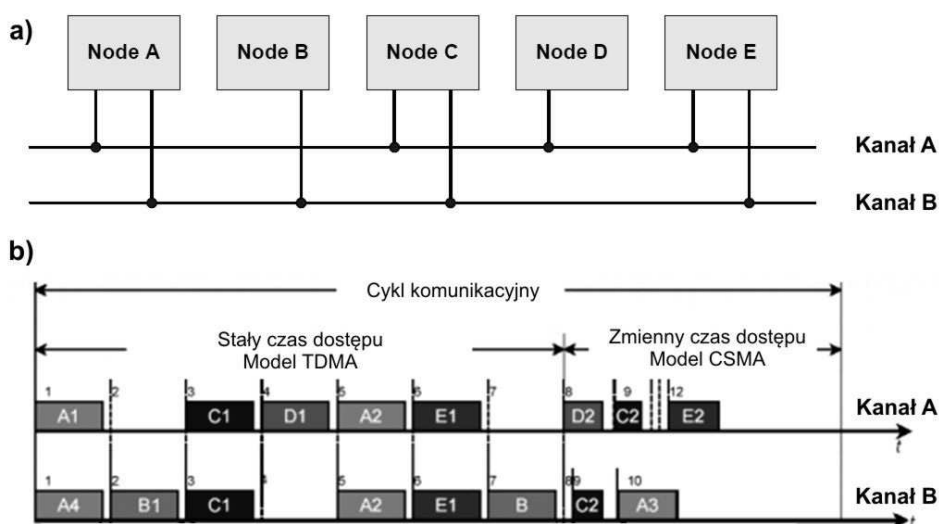
Przykładem stosowania dostępu typu TDMA jest protokół **TTCAN (Time Triggered Controller Area Network)**. Usuwa on niedostatek „czystego” protokołu CAN polegający na „przypadkowości” momentu transmisji. W TTCAN zakłada się, że minimum jeden z węzłów pełni rolę generatora wiadomości synchronizacyjnych (reference message) definiujących początek cyklu komunikacyjnego (rys. 7). W odniesieniu od tych wiadomości budowany jest cykl komunikacyjny składający się z przedziałów czasowych. Występują w nich okna czasowe: zarezerwowane dla wiadomości, które muszą pojawić się w konkretnym momencie (wyzwalanych czasem); w których prowadzony jest klasyczny arbitraż jak w protokole CAN (wyzwalane zdarzeniowo); wolne okna czasowe dedykowane do łatwej rozbudowy sposób komunikacji magistrali. Podstawowe cykle komunikacyjne połączone ze sobą tworzą matrycę komunikacyjną definiującą sposób funkcjonowania całej sieci TTCAN. Dodatkowo powinno zadbać się o to, aby poszczególne kolumny matrycy komunikacyjnej charakteryzowały się jednakowym czasem trwania. Taka właściwość ułatwia modyfikację matrycy polegającą na usuwaniu istniejących lub dodawaniu nowych kolumn (rys. 7).



Rys. 7. Przykład matrycy systemowej protokołu TTCAN [8]

Fig. 7. An example of a TTCAN protocol system matrix [8]

Model TDMA stosowany jest także w nowszym w stosunku do TTCAN protokole **Flexray**. Celem wprowadzenia Flexray miało być osiągnięcie i przekroczenie przepustowości protokołu CAN przy możliwości stosowania większej różnorodnych topologii i większym determinizmie. W celu zwiększenia przepustowości i bezpieczeństwa opracowano magistralę dwukanałową chronioną przed przypadkową transmisją przez moduły Bus Guardian. W cyklu komunikacyjnym wyróżniono dwie części (rys. 8). Część statyczna opiera się na modelu TDMA. Część statyczna podzielona jest na stałe przedziały równej długości [20]. O liczbie przedziałów decyduje liczba węzłów klastra/sieci. W części statycznej przydziały czasu są identyczne w obu kanałach bez względu na to, czy występuje identyczna liczba transceiverów w każdym kanale. Jeśli „równość” obu kanałów nie występuje, to przydział pozostaje pusty. Początek cyklu komunikacyjnego a zarazem przedziału o stałych czasach dostępu inicjowany jest stałym czasem globalnym. Następująca dalej część dynamiczna powala na dynamiczny przydział pasma dla każdego z węzłów. W trakcie części dynamicznej węzły uzyskują dostęp do magistrali poprzez arbitraż na podstawie posiadanych priorytetów. Transmisja w każdym z kanałów jest inna. Jeśli wiadomości nie „zmieszczą się” w bieżącym cyklu komunikacyjnych, to ramki z wyższym priorytetem zostaną przesłane w dopiero kolejnym cyklu.



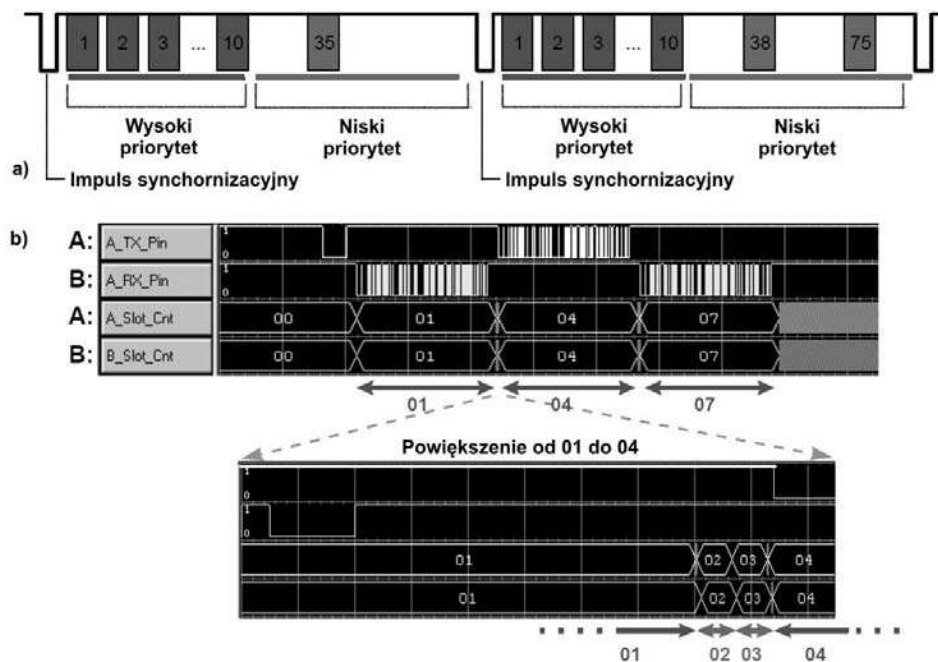
Rys. 8. Flexray – cykl komunikacyjny [7]

Fig. 8. Flexray – communication cycle [7]

Przedstawiona dwukanałowa magistrala Flexray powinna teoretycznie rozwiązywać problem determinizmu w przekazywaniu danych poprzez deklarowanie zarezerwowanych przedziałów czasowych dla węzłów oraz obsługę zdarzeń przypadkowych dzięki dostępowi rywalizacyjnemu w drugiej fazie cyklu komunikacyjnego.

Protokół i magistrala **Byteflight**, również bazujące na TDMA jeszcze skuteczniej gospodarują czasem magistrali. Twórcy protokołu opracowali sposób wyeliminowania zarezerwowanych, ale niewykorzystanych stałych przedziałów czasowych. Ponieważ długość przedziału czasowego zmienia się, metoda dostępu określana jest jako **FTDMA** (Flexible Time Division Multiple Access).

Cykl komunikacyjny wyznaczany jest przez dedykowany kontroler magistrali za pomocą impulsu synchronizacyjnego (rys. 9a). Częstotliwość generowania impulsu zależy od częstotliwości pracy magistrali i jej konfiguracji. Czas pomiędzy wystąpieniem kolejnych impulsów jest taki, aby mogły zostać transmitowane wszystkie wiadomości o wysokim priorytecie oraz zaplanowana, zmienna liczba ramek niskiego priorytetu (rys. 9a).



Rys. 9. Byteflight – cykl komunikacyjny [1]

Fig. 9. Byteflight – communication cycle [1]

Impuls synchronizacyjny uruchamia liczniki węzłów magistrali. W momencie kiedy wartość licznika wskazuje na transmisję przez konkretny węzeł, a równocześnie węzeł ma dane do transmitowania – następuje transmisja. Sytuacja taka ma miejsce przy dla węzła A przy stanie licznika 04 i dla węzła B i stanów licznika 01 i 07 (rys. 9b). Kiedy liczniki węzłów wskazują na transmisję kolejnego węzła, a węzeł nie ma danych do wysłania, następuje automatyczne skrócenie czasu dostępu do magistrali i zwiększenie stanu licznika (identyfikatory 02 i 03 z rys. 9b [1]). Węzły o niższym priorytecie zdołają wysłać dane pod warunkiem, że liczniki wskażą węzeł przed pojawieniem się impulsu synchronizacyjnego. W przeciwnym przypadku będzie istniała szansa transmisji dopiero w kolejnym cyklu komunikacyjnym.

PODSUMOWANIE

Zamieszczone w pracy zestawienie cech wszystkich metod dostępu do magistral komunikacyjnych pojazdów pozwala na postawienie poniższych wniosków.

1. Zróżnicowanie sposobów dostępu do mediów komunikacyjnych magistral pojazdów uniemożliwia opracowanie prostego interfejsu/urządzenia do równoczesnego komu-

nikowania się ze wszystkimi urządzeniami. Możliwym rozwiązaniem jest system bram komunikacyjnych pomiędzy sieciami pojazdów.

2. Najprostsze zadania komunikacyjne, takie jak diagnostyka, sterowanie elementami komfortu i nadwozia opierają się na komunikacji w modelu master/slave. Takie rozwiązanie zastosowano w magistrali LIN, która oprócz niskich kosztów wdrożenia charakteryzuje się prostotą programowania oraz łatwością uszkodzenia.
3. Najbardziej rozpowszechnione pozostają metody rywalizacyjne CSMA, takie jak stosowane w CAN CSMA/CD. Wprowadzają one wysokie prawdopodobieństwo przekazania komunikatów o wysokich priorytetach oraz duży jitter dla niższych priorytetów.
4. Metoda token passing spotykana w magistralach MOST i D2B stanowi kompromis pomiędzy determinizmem sieci TDMA a szybkością sieci zorientowanych zdarzeniowo. Niestety wymaga znacznych nakładów przy jej tworzeniu.
5. Metoda TDMA idealnie sprawdza się w obsłudze zadań wykonywanych okresowo. Niestety nie uwzględnia konieczności szybkiej obsługi zdarzeń o wysokich priorytetach. Z tego powodu występuje zawsze wspomagana przez metody CSMA (TTCAN, Flexray, MOST) lub w zmodyfikowanej postaci jako FTDMA (Byteflight). Rozpowszechnienie metod TDMA w nowych protokołach wskazuje, że producenci widzą przyszłość w rozwiązaniach komunikacyjnych opartych na tej metodzie dostępu do magistrali.

PIŚMIENNICTWO

1. **Berwanger J., Peller M., Griessbach R.**, 2000: A New High-Performance Data Bus System for Safety-Related Application. BMW AG, EE-211 Development Safety Systems Electronics, Munich, Germany.
2. **Böke C., Kless A., Goßner M.**, 2008: Efficient Access to the FlexRay Bus, http://www.vector.com/portal/medien/cmc/press/PNI/FlexRay_Interfaces_ElektronikAutomotive_200806_PressArticle_EN.pdf.
3. **Bosch R. GmbH**, 1991: CAN Specification. Version 2.0. Stuttgart.
4. **Bosch R. GmbH**, 2008: Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa.
5. **CAN in Automation (CIA)**, 2002: CAN protocol. <http://www.can-cia.org/index.php?id=518>.
6. **Cena G., Valenzano A.**, 2004: Performance Analysis of Byteflight Networks. 5th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, http://www.iestcfa.org/best-paper/wfcs04/wfcs2004_Cena.pdf.
7. **FlexRay Consortium**, 2005: FlexRay Communications System. Protocol Specification. Version 2.1. Revision A.
8. **Fuhrer T., Muller B., Dieterle W., Hartwich F., Hugel R., Walther M.**, 2001: Time Triggered Communication on CAN (Time Triggered CAN - TTCAN). <http://www.can-cia.org/fileadmin/cia/pdfs/technology/fuehrer.pdf>.
9. **Grzemba A.**, 2008: MOST - The Automotive Multimedia Network, Frazis Verlag GmbH.
10. **Holopainen T.**, 2002: IEEE 802.11 CSMA/CA Medium Access Protocol, http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38149/s02/reports/CSMA_CA_th.doc.
11. **LIN Consortium**, 2006: LIN Specification Package Revision 2.1. <http://www.lin-subbus.org/index.php?pid=7&lang=en&sid=40196e2bfe83bdc51aa65e0d4f79ef26>.
12. **Pier R.**, 2008: Designing and Implementing Distributed Architectures for Commercial Vehicle E/E Systems. Materiały The Mentor Graphics Integrated Electrical Solutions Forum (IESF) 2008, <http://www.mentor.com/events/transconf/detroit/presentations/upload/track6-3.pdf>.

13. **Sumorek A.**, 2010: Safe Communications Among Vehicle Sub-assemblies on the Basis of the Embedded Functions of CAN Protocol, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, vol. X, s. 432-439.
14. **Sumorek A., Buczaj M.**, 2010: Przyszłość magistrali Local Interconnect Network, Motrol Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, tom 12, s. 145-157.
15. **Uplap R., Okhade M., Ghanekar P. Panse O., Narayan S., Sable A.**, 2004: LIN Protocol–Technology Review and Demonstration in Power Window Application. SAE International; <http://www.kpiticummins.com/downloads/SAEPaperLIN2004280019.pdf>.
16. **Weiss R.**, 2001: LIN And CAN Networks Will Expand Automotive Distributed Intelligence. Electronic Design. Penton Media, New York, <http://electronicdesign.com/content.aspx?topic=lin-and-can-networks-will-expand-automotive-distri&catpath=communications>.
17. **Widerski T.**, 2005: Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik serwisowy, 5/2005, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski.
18. **Widerski T., Kędziński J.**, 2004: Samochodowe sieci informatyczne (CAN). Auto Moto Serwis, 4/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 38-42.
19. **Widerski T., Kędziński J.**, 2004: Samochodowe sieci informatyczne (MOST). Auto Moto Serwis, 6/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 35-37.
20. **Widerski T., Kędziński J.**, 2004: Samochodowe sieci informatyczne (LIN, FlexRay). Auto Moto Serwis, 7-8/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 44-46.
21. **Zimmermann W., Schmidgall R.**, 2008: Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa.

CONTROLLING OF ACCESS OF MECHATRONIC NODES TO THE INFORMATION NETWORKS OF VEHICLES

Summary. The effectiveness of the communication protocols and buses in a vehicle is determined by several factors. The first factor is the network topology. The way of a device wiring has a significant influence on the reliability of the entire network. This factor directly determines what happens when one of the vehicle controllers disconnects or start generating understandable messages. Another factor influencing the security of the communication is the elements of frames which are responsible for the integrity of transmission. They allow the recipient to verify that the data was sent correctly or to confirm the sender by the recipient of the completeness of the received data. Both of the aforesaid factors will have little significance if the strategy for sending messages to the network is wrong. It is possible to distinguish five basic methods of controlling access to the communication medium. In this paper we will present all the control methods used in vehicles' communication networks. The original aspect of the article is an approach to issues involving not only a simple description of the access control methods, but an illustration of the functioning of the methods on the basis of examples of different classes of communication networks.

Key words: CSMA, TDMA, Token-passing.

STOCHASTIC CHARACTER OF THE NATURALLY PREDICTED OPTIMAL TIME OF SOIL-TILLAGE AND PLANT-SOWING WORKS IN THE SPRING PERIOD

Oleksandr Sydorчук*, Pavlo Lub, Anatoliy Tryguba, Andriy Sharybura**

*NSC Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Vokzalna, 11 Str., t. Glevaha,
Vasylkivskiy district, Kiev region, 08630, Ukraine, E-mail: sydov@ukr.net

**Department of the Project Management and Production Safety, Lviv National Agrarian University,
V.Velykogo, 1 Str., t. Dubljany, Zovkva district, Lviv region, 80381, Ukraine,
E-mail: pollylub@mail.ru

Summary. The influence of agro-meteorological conditions on the naturally predicted optimal time of spring soil-tillage and plant-sowing works is characterized. The distribution of the time periods is grounded.

Key words: conditions, stochastic, soil, tillage, sowing, time expenditure, modeling, distribution.

INTRODUCTION

The state technical servicing of agricultural enterprises (AE) significantly affects the intensity of their development [15]. Solving the task of improving the efficiency of AE is impossible without proper scientific substantiation of cultivation technologies, mechanized processes and machines [12,20]. The well-known methods of determining the effectiveness of agricultural machinery and justification for the parameters of their complexes for AE do not take into account the seasonal variability of nature-caused optimal periods of time for performing the appropriate mechanized processes [19]. It makes it impossible to reflect adequately on the models and remains the main cause of false engineering solutions.

ANALYSIS OF RESEARCHES AND PUBLICATIONS

There have been numerous agricultural scientists who examined the influence of the main “factors of vital functions” on the height and development of agricultural cultures. And they have worked out a big number of technologies for their growing. Apart from that, they have found out general requirements for each of plant cultures as to the optimum ground moisture, temperature, periods of sowing, light, nutrients and oxygen [11,14]. The providing of these conditions largely depends on the agricultural meteorology terms of the spring period and timeliness of the mechanized preparation of soil and sowing of certain cultures.

The delay with sowing of agricultural cultures predetermines the losses of their biological productivity [8], which is the important foundation for an evaluation of technological efficiency of drawing on the corresponding machine complexes. However, the grounding of technological efficiency of machine complexes with the help of operating methods and models [3,19,11] does not give an opportunity to take into account the stochastic operation of agricultural meteorology terms and their influence on the conditions of beginning, duration and completion of soil preparation and sowing of agricultural cultures in the spring period.

THE AIM OF RESEARCH

The aim is, with the help of statistical simulation model of agricultural meteorology terms of the spring period, to predict the naturally predefined optimal period of time for soil-tillage and plant-sowing works, to set statistical descriptions of its quantitative indexes, and to prove the law of distribution.

THE RESULTS OF RESEARCH

The important condition for providing the maximal (biological) harvest of cultural plants in AE, is timely implementation of the mechanized preparation of soil-tillage and sowing process [8,14,4]. In this case, a plant will develop in the most favorable soil-climatic terms. However, disparity of biological processes of height and development of agricultural cultures with the motion of agricultural meteorology terms of the period of their vegetation is represented by the productivity.

Removal of this disparity is carried out due to timely implementation of the process of the mechanized preparation of soil-tillage and sowing of cultures. The index of timeliness (Cb) of the implementation of soil-tillage and sowing works depends on the combined action of factors of this process and is characterized by the following functional dependence:

$$Cb = f(t_{np}, \Omega_r, P_{SSMC}),$$

where: t_{np} – naturally predefined period of time for mechanized works implementation on the enterprise's fields; Ω_r – seasonal volume of r -o machine aggregate works; P_{SSMC} – soil-tillage and sowing machines complex (SSMC) parameters.

Naturally predefined fund of time t_{np} pursuant to the spring soil-tillage and plant-sowing works reflects the time period between the day of release of soil-tillage equipment in the field and deadlines that are good for planting cultures. It is known [1] that soil-tillage operations begin in the spring period when the ground has dried to its physical maturity. According to the stochastic action of agrometeorological conditions during this period, the value of the beginning (τ_p^b) of soil's physical maturity is probabilistic [18]. The next warming and drying of a seed layer leads to the occurrence of such calendar period (τ_s) for which sowing works should begin. The interval time between τ_s and τ_p^b reflects the warming duration (Δt) of soil and foundation of time during which you have to prepare it for the sowing of a particular plant (Fig. 1).

Given that τ_p^b and τ_s are stochastic values, then the interval Δt for crops with different requirements for temperature conditions sowing will also be stochastic.

Delay of soil-tillage work and too late sowing of crops leads to the declining of their yields. Under such conditions, for the spring period there is objectively a calendar date (τ_q), in which sowing of a culture is impractical as the cost of growing and harvesting cannot be compensated

by the harvested crop. Therefore, for each crop there is a naturally predefined period of time (t_{np}) for soil-tillage and plant-sowing works – $t_{np} = \tau_s - \tau_p^b$.

It should be noted that during the period t_{np} under the agrometeorological conditions influence, there are periods when the soil goes from the state of physical maturity to another, in which its mechanical cultivation is impossible (the soil is too moist, frozen, snow covered) [4,8]. That's why the period t_{np} decreases the length of rainy periods. As a result, we get naturally predefined period of time (t_{nc}) for soil-tillage and sowing of various crops – $t_{nc} = t_{np} - \Sigma t_{rp}$, where Σt_{rp} – total duration of rainy period days.

Thus, according to stochastic agrometeorological conditions of spring time, the requirements of crops as to temperature conditions of sowing and biological features of their growth and development, naturally predefined period of time for soil-tillage and plant-sowing works in the spring period are stochastic values. Taking into consideration this phenomenon in the statistical imitation model of soil-tillage and sowing process enables to determine objectively its physical characteristics and reasons of technological efficiency SSMC by means of certain parameters.

For the grounding of t_{nc} we have made a statistical imitation model of agro-meteorological conditions of the spring season. General methods and research program consisted of the following stages: 1) the highlighting of the main natural factors of period of time for soil-tillage and plant-sowing works; 2) the explanation of the criteria of determining the dates of the beginning completion of work; 3) the development of methods and performance of industrial experiments on the research of agrometeorological conditions' impact on the timing and course of soil-tillage and plant-sowing works; 4) the formalization of the results of industrial experiments; 5) the development and verification of the adequacy of statistical imitation model of agro-meteorological conditions in the spring period; 6) the forming of the basis of initial data for computer experiments; 7) the execution of the computer experiments and working out of their results; 8) the explanation of the distribution law of naturally predicted period of time for spring soil-tillage and plant-sowing processes.

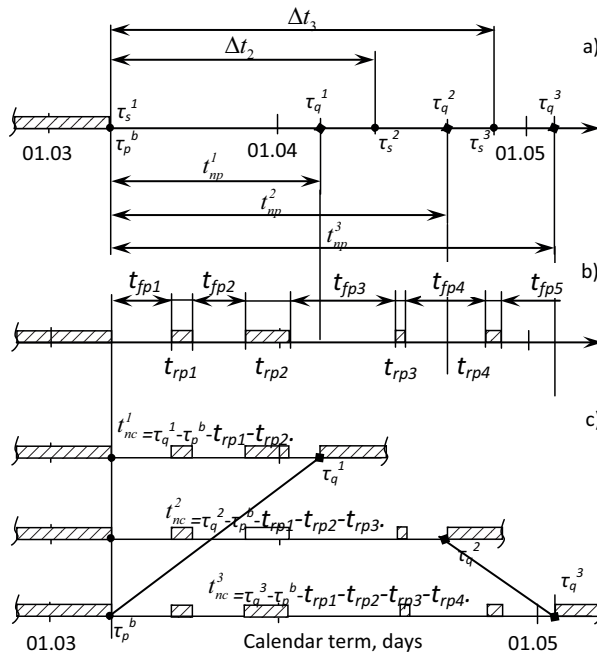


Fig. 1. Graphical interpretation of naturally predicted periods of time for spring soil-tillage and plant-sowing works: a) calendar dates of soil-tillage and plant-sowing works; b) fine and rainy periods durations; c) naturally predicted periods of time; Δt – the length of time in which the soil warms to the temperature proper for the beginning of sowing works, days; τ_s – the day of sowing start, day; τ_q – the deadline of soil-tillage and sowing of cultures; t_{fp} , t_{rp} – fine and rainy periods durations

The initial database for computer experiments was formed on the basis of agro-meteorological observations of Yavoriv meteorological station of the Lviv Region. The processing of these results by means of the collected mathematical statistics helped to show the influence of agro-meteorological conditions in the spring period on the naturally predicted periods of time for soil-tillage and plant-sowing works which are based on the following distributions: 1) the time (τ_p^b) of soil physical maturity (for the period of 1970-2004) [18]; 2) the length of fine and rainy periods (1970-2004) [18], and the duration needed for soil warming to the temperature proper for the start of sowing τ_p^b (1970-2003) [17].

The method of investigation of the naturally predicted periods of time for soil-tillage and plant-sowing works in the spring period with the help of computer experimentation has reduced to the minimum the required number of the model process realizations (Np) to obtain adequate research results [20]. To fulfill this condition, the multiple implementation models for each of the probability factors were made. According to the results of computer experiments, the naturally formed variation series of quantitative indicators determined the periods of time in the spring period for some of cultures.

The processing of these data with mathematical statistics methods has allowed us under the Pearson X^2 criteria to set theoretical distribution law of nature-caused optimal periods of time for soil-tillage and plant-sowing works i.e. the Weibull distribution (Fig. 2) [15]. The statistical characteristics of these distributions are listed below.

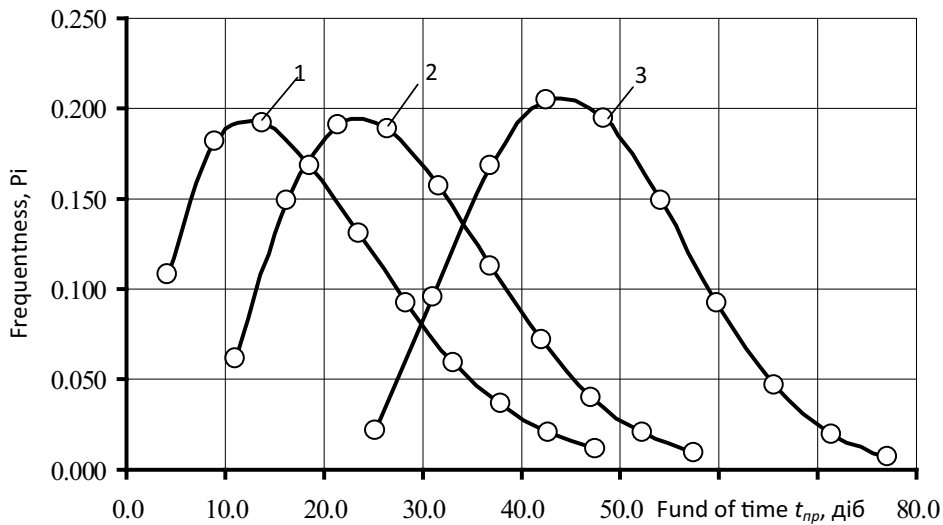


Fig. 2. The theoretical distribution of the naturally predicted periods of time for soil-tillage and plant-sowing works for spring barley, wheat, pea and oat (1), flax, potato and beets (2), buckwheat, corn and millet (3)

Table 1. Statistical characteristics of the naturally predicted periods of time for spring soil-tillage and plant-sowing works (Weibull)

№	Cultures	Function	Statistical descriptions	
			$\bar{M}[t_{np}]$, days	$\bar{v}[t_{np}]$
1	Spring barley, wheat, pea and oat	$f(t_{nc}) = 0,085 \cdot \left(\frac{t_{nc} - 3,0}{19,096}\right)^{0,632} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{nc} - 3,0}{19,096}\right)^{1,632}\right]$	18,8	0,624
2	Flax, potato and beets	$f(t_{nc}) = 0,087 \cdot \left(\frac{t_{nc} - 8,6}{22,06}\right)^{0,92} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{nc} - 8,6}{22,06}\right)^{1,92}\right]$	28,1	0,539
3	Buckwheat, corn and millet	$f(t_{nc}) = 0,088 \cdot \left(\frac{t_{nc} - 22,4}{27,21}\right)^{0,064} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{nc} - 22,4}{27,21}\right)^{1,064}\right]$	46,5	0,445

Thus, the agro-meteorological conditions of the spring period predetermine the calendar terms of the soil-tillage and plant-sowing works [5,8] and their progress. They also determine the natural stochastic predicted periods of time for spring soil-tillage and plant-sowing works. On this basis, it is fair to assume the physical characteristics of stochastic soil-tillage and plant-sowing process, and hence the performance indicators of relevant sets of machines. Taking into account the stochastic premises of the naturally predicted periods of soil-tillage and plant-sowing works presents an opportunity to develop new methods and models for the research of the system performance indicators of the relevant machine complexes and explain their options.

CONCLUSIONS

The duration of naturally predicted periods of time of spring soil-tillage and plant-sowing works is determined by the influence of agro-meteorological factors and is of stochastic character. The naturally predicted period of time for X^2 -Pearson criterion is consistent with the theoretical Weibull law of distribution (Fig. 2). Statistical descriptions (Table) of the naturally predicted periods of time for spring soil-tillage and plant-sowing works are researched by a simulation model. It is an important foundation for the development of new methods and model research of soil-tillage and plant-sowing processes. The resulting system efficiency indexes present a possibility of research towards the determination of the proper complexes of machines.

REFERENCES

1. Applied statistics. Rules of estimations determination and confiding scopes for the distributing parameters of Veybull: CST 11.007-75. - M.: Standards, 1980. – 30 p.
2. Bomba M.J., Tomashivskyj Z.M. Scientific and practical bases of soil tillage: Textbook. Ivano-Frankivsk: Galichina, - 1993. – 148 p.
3. Bondar S.M. Grounding of rational composition and effective use of basic soil-tillage machines complexes in the Polissya of Ukraine: Avtoref. the thesis of cand. techn. sciences. – Kyiv, 2002. – 19 p.

4. Cooper, G., McGechan, M.B., Vinten, A.J. The influence of a changed climate on soil workability and available workdays in Scotland. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1997. 68. - P.253–269.
5. Ekman, S. Tillage system selection: a mathematical programming model incorporating weather variability. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 2000. 77 (3), - P.267–276.
6. Finn E.A. Optimization of the operating systems of agricultural technique: Avtoref. the thesis of cand. techn. sciences.; 05.20.03; 05.13.06 / VASKHNIL. CO., Novosibirsk. - 1989. – 40 p.
7. Gringof I.I., Popova V.V., Strashnyy V.N. *Agricultural meteorology*. – L.: Gidrometeoizdat, – 1987. – 310 p.
8. Henning T. Sogaard; Claus G. Sorensen/ A Model for Optimal Selection of Machinery Sizes within the Farm Machinery System. *Biosystems Engineering*. 2004. 89 (1), - P.13–28.
9. Instructions for the hydrometeorological stations and posts. - vol.11: Agrometeorological supervisions on stations and the posts. - p.1.: Basic agricultural meteorology supervisions. - L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 320 p.
10. Kirtbaya J.K. Backlogs in the machine complex usage. – M.: Ear, 1974. – 288 p.
11. Khabatov R.Sh. Prognostication of optimum parameters and composition of Tractor Park. – K.: Ukr. SRISTI, 1969. – 73 p.
12. Krutz G.W., Comb R.F., Parsons S.D. Equipment analysis with farm management models // *Trans. ASAE*. 1980. – V. 23, №1. – P. 25-28.
13. Kuperman F.M. Morfophysiology plants. Morfophysiology analysis of the growth stages of different plants life-form. - M.: Higher school, 1977. – 288 p.
14. Lykhochvor V.V. Plant-grower. Technologies of agricultural plants productions. Lviv: Ukr. technologies, - 2002. – 800 p.
15. McGechan, M.B., Graham, R., Vinten, A.J.A., Douglas, J.T., Hooda, P.S., Parameter selection and testing the soil water model SOIL. *Journal of Hydrology* 1997. 195. – P. 312–334.
16. Sachenko V.I. The Ukrainian village – reliable domestic technique // *Technique of APC*. – 2006. - №5. – p. 8-9.
17. Sydorhchuk O.V., Lub P.M. The naturally settled time for spring soil-tillage and sowing // *Announcer Lviv. SAU: Journal of Agricultural Engineering Research*. - №8. – Lviv: LSAU, 2004. - p. 9-16.
18. Sydorhchuk O.V., Lub P.M. Formalization of terms for soil-tillage complex machines usage // *Mechanization and electrification of agriculture*. – Glevakha, 2005. - Vol. 89. – p. 109-119.
19. Sydorhchuk O. System techniques of agrarian production and engineering's aspects of his development // *Lviv. SAU: Journal of Agricultural Engineering Research*. – 2000. – № 4. – p. 5-12.
20. Zavalishin F.S., Macnev M.G. Methods of mechanization agricultural production researches. – M.: Kolos, 1982. – 226 p.

**СТОХАСТИЧНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННО ПРЕДОПРЕДЕЛЕННОГО
ФОНДА ВРЕМЕНИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
И СЕВА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

Аннотация. Установлено влияние агрометеорологических условий на естественно предопределенный фонд времени весенней подготовки почвы и сева сельскохозяйственных культур. Обоснованно распределение длительности этого фонда времени.

Ключевые слова: условия, стохастичность, почва, возделывание, сев, фонд времени, моделирование, распределение.

STOCHASTYCZNY CHARAKTER NATURALNIE PRZEWIDYWANEGO
OPTYMALNEGO CZASU UPRAWY GLEBY I SIEWU ROŚLIN
W OKRESIE WIOSNY

Streszczenie. Omówiono wpływ warunków agrometeorologicznych na naturalnie przewidywany optymalny czas wiosennej uprawy gleby i siewu roślin. Uzasadniono proponowane rozłożenie prac w czasie.

Słowa kluczowe: warunki, stochastyczny, gleba, uprawa, siew, wydatkowanie czasu, modelowanie, dystrybucja.

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF PNEUMATIC MEMBRANE PULSATORS OF PAIR ACTION AND SUBSTANTIATION OF THEIR OPERATION MODES

Syrotiuk V.M., Baranovych S.M., Syrotiuk S.V.

Lviv National Agrarian University

Summary. The article presents the analysis of existing constructions of pneumatic membrane pulsators of pair action, which do not secure the optimal relation of sucking and compression cycles. Therefore, the authors offer a new design of pneumatic membrane pulsator, consisting of two sections, one of them the leading, and the other the led one.

Key words: pair pulsator, cycle, vacuum, vacuum network, milking machine.

SETTING THE PROBLEM AND TASK OF RESEARCH

To provide a high effectiveness of cows milking it is necessary to adjust the mode of milking machine operation to the volume of milk yield.

So far the mode of a milking machine has been characterized by pulsation frequency and the relation of cycles and vacuum pressure value in the working chambers of teat cup. This is particularly true in reference to milking machine pulsators, providing the control of the milking mode and cycle relation.

Pulsators, securing the process of pair milking in which the cycle change happens in pairs of teat cups in turn, have several advantages over the synchronic pulsers: minimal mutual impact of milking machine operation under their simultaneous engagement, improvement of vacuum network operation, partial prevention of “creeping” of teat cups over teats at the end of the milking process; imitation of udder massage.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL REASONS FOR RESEARCH

The world leading firms, dealing with the development and sale of milking machines “Vestfalia-separator”, “Impulsa”, Alfa laval”, “Bratslav” Ltd. and others, prefer pulsators of pair milking.

Having analyzed the operation of the existing pulsators, which are the commonest in Ukraine, we can make the following conclusions. Pulsators of milking machines “Impulsa” M-59 and M-66 fulfill pair milking with relation of sucking cycles to compression cycles only as 50:50,

which does not correspond to the optimal cycle relation for two-cycle milking machines which should make nearly 70:30.

One of all the possible variants of fulfillment of pair milking with the optimal correlation of cycles is the use of two independently operating pulsators, one of them serving a pair of teats and another one - the other pair, for example, the milking machine developed in Ukraine. The drawback of such milking machine is the fact that an inevitable mismatch of pulsation frequency of separate pulsators causes shift of phases of indicatory diagram of pressures, and correspondently, for some time the milking machine works in the synchronic mode and for some time - in the pair mode.

This drawback is not characteristics of the pulsator "Impulsa - 90" (Fig. 1). This pulsator consists of the body 1, valves 2 and 5, membranes 3 and 4, constrictor 6 and filter 7. Valve 2 is connected with membrane 3, valve 5 with membrane 4. The valves are not connected with one another and valve 5 works as the seat for valve 2. It has six operating chambers, of which $1n_1$ and $1n_2$ are chambers of continual vacuum-gauge pressure, $2n_1$ $2n_2$ and $4n$ - of variable vacuum-gauge pressure, $3n$ - of continual atmospheric pressure. Besides, chamber $4n$ is the leading one. [4].

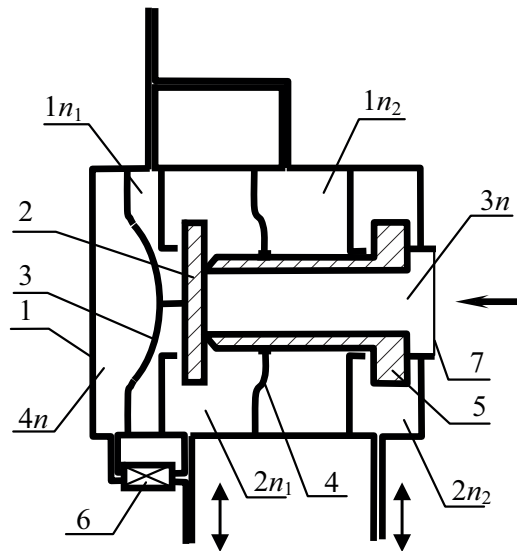


Fig. 1. Scheme of pulsator "Impulsa - 90":

1 - body; 2,5 - valves; 3,4 - membranes; 6 - constrictor; 7 - filter

Similar functions can be fulfilled by the pulsator demonstrated in Fig. 2. This pulsator has 12 chambers: chamber $1n$ - continual vacuum-gauge pressure, 2^1n and 2^2n - variable vacuum-gauge pressure, $3n$ - continual atmospheric pressure, 4^1n and 4^2n - variable vacuum-gauge pressure, 5^1n and 5^2n - chambers of management of lower axis position 5 and valve 3, and chambers 6^1n and 6^2n - management of upper axis position 4 and valve 2.

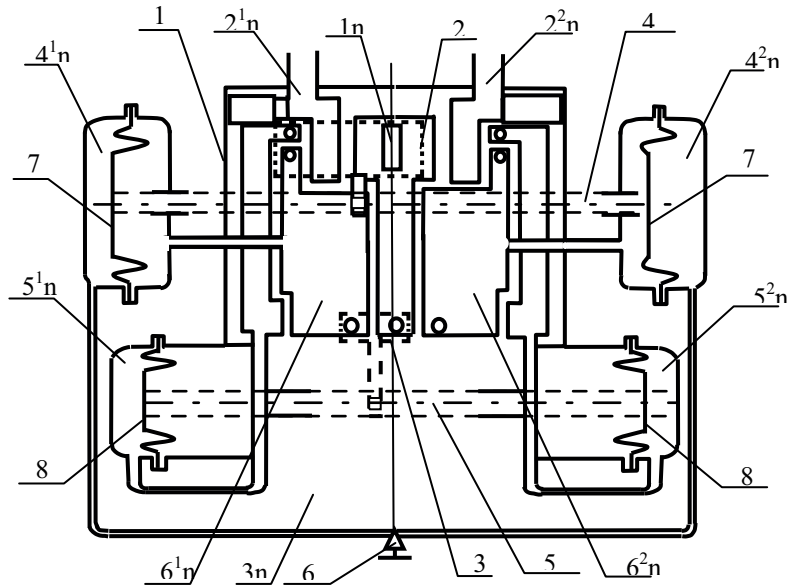


Fig. 2. Scheme of pair pulsator of the sliding type:

1 – body; 2 – upper valve; 3 – lower valve; 4 – upper axis; 5 – lower axis; 6 – regulating screw;
7 – upper membranes; 8 – lower membranes

Lower membranes 8, axis 5 and valve 3 have two stable (left and right) positions. Presence of vacuum-gauge pressure in one of chambers 5^1n or 5^2n can change position of axis 5 and valve 3 into an opposite one as a result of atmospheric pressure action on one of membranes 8.

Leading chambers 4^1n or 4^2n are connected with one another by means of a channel. Its section can be changed by regulating screw 6, thus axis 4 with valve 2 and membranes 7 change their shift with delay in time.

Fulfillment of mode of pair milking can be secured by means of electromagnetic pulsators, but the described type of pulsators requires additional energetic network, resulting in an increase of expenditures both for the assembly of the system and for its operation.

AIM OF RESEARCH.

Aim of our research was to develop a pneumatic membrane pulsator of pair action with optimal and regulated cycle relation and possibility to change mode of milking, basing on the pulsator of the unified milking machine ADU-1 and acknowledgement of its capacity.

RESEARCH RESULTS.

As one can see from the analysis of the existing pulsators, they cannot correct cycle relations in both pairs of teat cups. Thus, it is impossible to adjust a milking machine to the asymmetry of udder caused by individual features of animals. This defect can be eliminated if a pulsator is made of two sections basing on the unified synchronic pulsator ADU-1, each of them having a block

of valves not connected mechanically with one another, positioned one over another and joined in such a way that the chamber of continual atmospheric pressure of the lower leading section borders on the chamber of variable vacuum-gauge pressure of the upper leading one, having an additional slot which connects it with the atmosphere through an additional valve. The additional valve is mechanically connected with the block of valves of the leading section, and chambers of continual vacuum-gauge pressure of both sections are connected by a channel, joined to the source of vacuum-gauge pressure [3,7].

The proposed pneumatic membrane pulsator (Fig.3) of pair milking operates in the following way:

As nozzle 3 is connected to vacuum line, vacuum-gauge pressure appears in chambers 1nv and 1nn, and atmospheric pressure - in chambers 4nv and 4nn. By means of pressure difference between chambers 4nv and 1nv and also 4nn and 1nn under the action of atmospheric pressure on membranes 8 and 9, the valve blocks of both sections take upper position and additional valve 12 adjoins seat 15. In chambers 4nv and 4nn the pressure is reduced by means of air sucking through the throttling channels in chambers 2nv and 2nn, in which there is vacuum-gauge pressure because of their connection with chambers 1nv and 1nn.

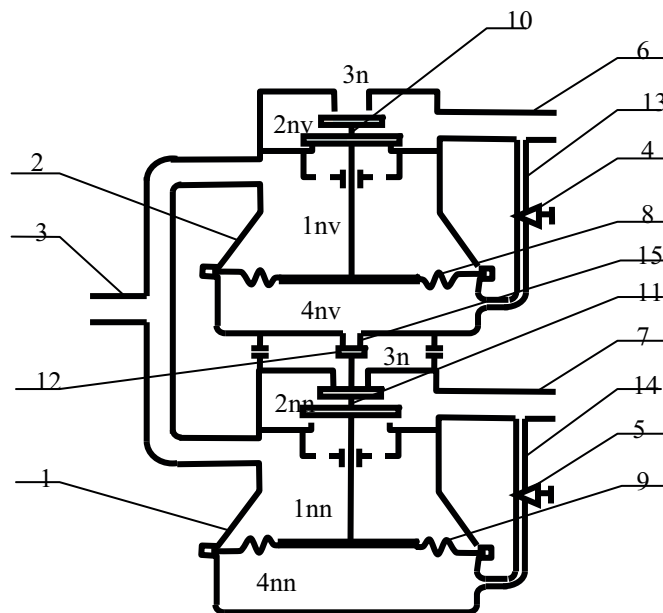


Fig 3. Pair pneumatic pulsator:

1,2 – bodies; 3,6,7 – nozzles; 4,5 – constrictors; 8,9 – membranes; 10,11,12 – valves; 13,14,15 – channels

At a certain moment, caused by adjustment of constrictor 4 that corresponds to conditions of initial move of valve block 10, it suddenly takes lower position by means of forces acting on the valve from the side of chamber 3nv. At the same time, valve block of leading section 11 is still in upper position by means of adequate adjustment of constrictor 5.

In the subsequent period of time, the block of valves of the leading section also takes lower position caused by regulation of constrictor 5, having chambers 3nn and 4nv connected by means of opening additional valve 12. Because of input of atmospheric air from chambers 3nn and 4nn

and effect of atmospheric pressure on membrane 8, the block of valves of the led section takes upper position.

Air comes into chamber 4nn through constrictor channel from chamber 3nn which is connected with chamber 3nn and disconnected with chamber 1nn, and when pressure in it does not correspond to conditions of transfer of valve block of the leading section, it takes the upper position. Such position of the valve corresponds to the initial state of section and, accordingly, the process repeats.

Shift of cycle phases of the leading and led sections is made by the adjustment of duration of upper valve block staying in upper position under condition of disconnection of chamber 4nn from chamber 3nn by means of additional valve. Indicatory diagrams of pressures in chambers 2nv and 2nn of the described process of operation of pneumatic membrane pulser of pair milking is shown in Fig.4.

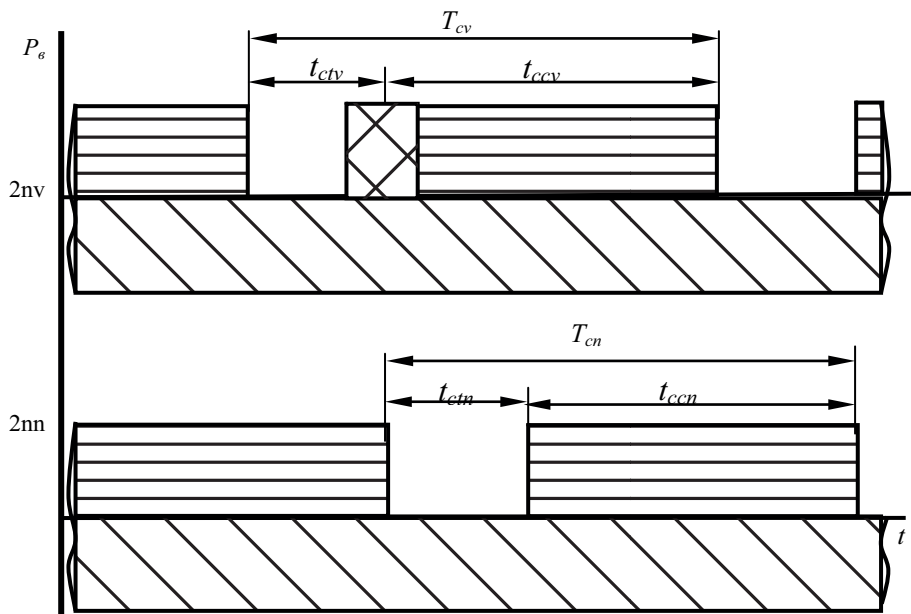
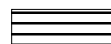




Fig. 4. Indicatory diagram of pulsator operation

-  — in interwall chamber of teat cup;
-  — in subudder chamber of teat cup;
-  — part of diagram where it is possible to regulate relation of cycles in the led part of pulsator

Indicatory diagrams (Fig.4) show that the process of pair milking happens under the optimal correlation of duration of sucking and compression cycles in both pairs of teat cups with shift of phases of cycle change under condition of cycle relation nearly 70:30. The above-described operation of pulser proves that the constrictor 5 allows for the regulation of milking mode, and constrictor 4 secures regulation of relation of sucking cycle t_{ctv} to compression cycle t_{ccv} in the led part of pulser, which is not present in the analyzed pulsators.

The programmed part of the complex for research of milking machines of pair milking is secured by demonstrative version of the program complex LabVIEW of the firm National Instruments. The program allows for the development of screen interface of virtual oscillograph (Fig.5) for the demonstration of pressure diagrams in corresponding chambers of milking machine pulsator [5,6,8, 10-20].

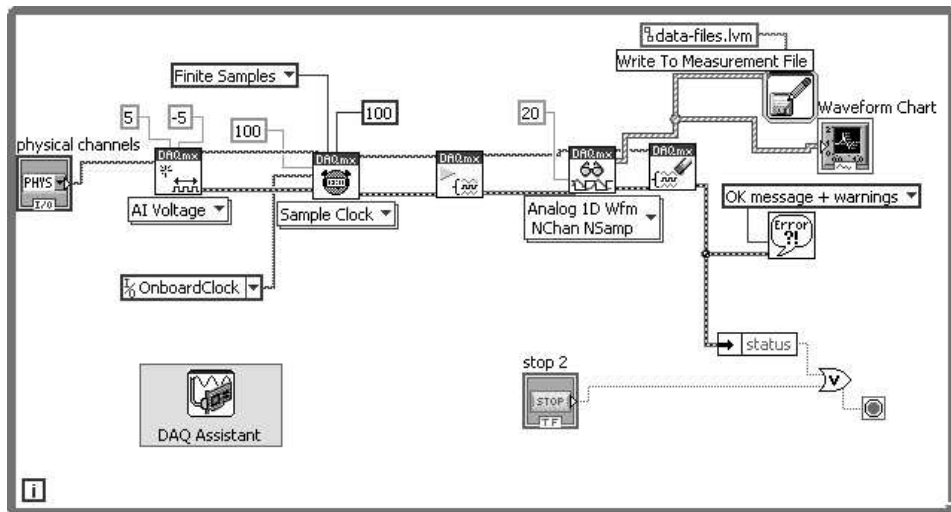
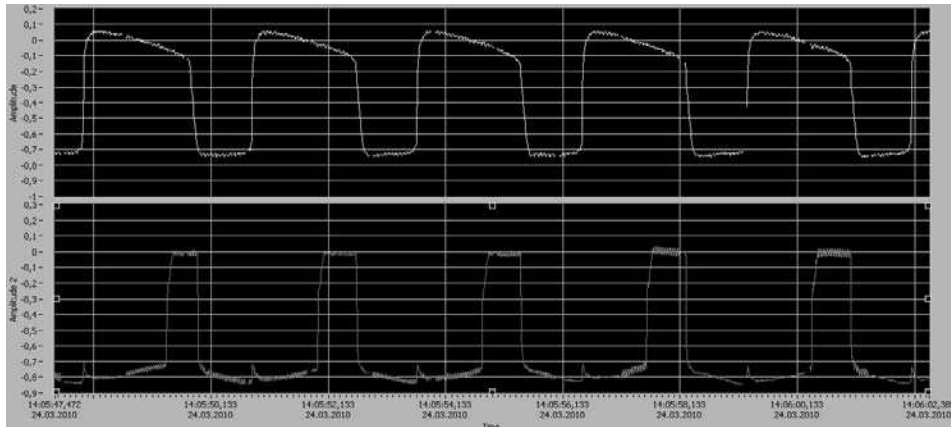


Fig. 5. Screen interface of virtual oscillograph and fragment of panel of block-diagram of functional relation between elements of metering system

Laboratory-scale plant is made in accordance with the research program (Fig.6).

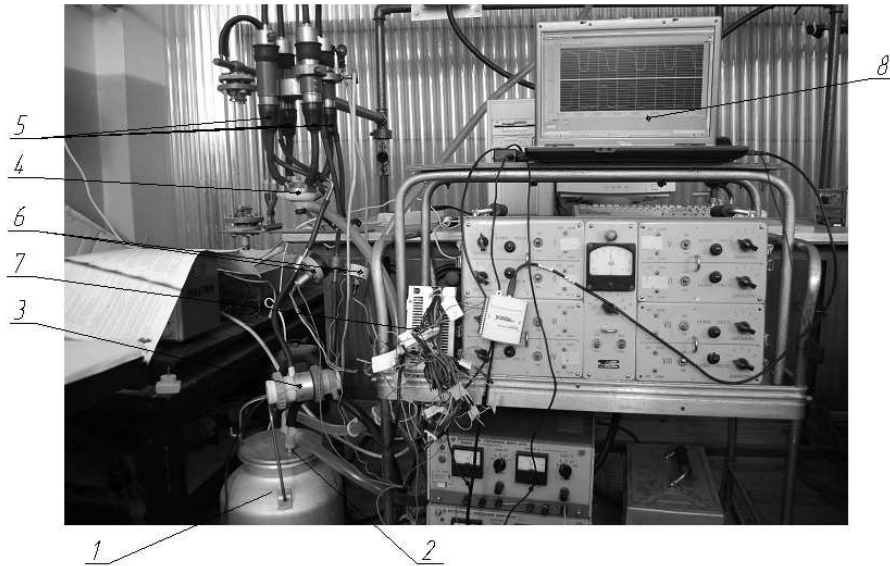


Fig. 6. Scheme of laboratory-scale plant

The laboratory-scale plant consists of milking pail 1, pail cover 2, pulsator 3, collector 4, teat cups 5, vacuum strain gauges 6, power supply blocks 7 and PC 8. To measure vacuum-gauge pressure, teat cups are connected with strain-gauge transducer 6. The cover of milk can is equipped with individual electromagnetic regulator of vacuum-gauge pressure.

Electric signals, coming from strain gauges with amplifiers are fixed by means of PC.

Figs. 7 and 8 show indicatory diagrams of operation of pneumatic membrane pulsator of pair action with variable relation of cycles in one pair of teat cups.

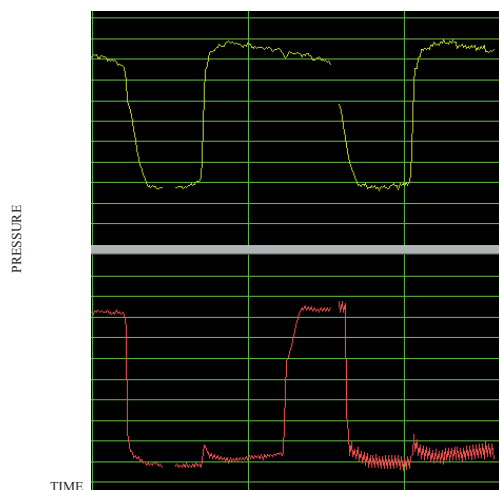


Fig. 7. Indicatory diagram with ideal relation of cycles in both pairs of teat cups



Fig. 8. Indicatory diagram with extended cycle of sucking in one pair of teat cups

CONCLUSIONS

The proposed model of pair pneumatic membrane pulser secures:

- 1 – optimal relation of cycles that correspond to and reflect the activity of animals;
- 2 – independent regulation of cycle relation in both pairs of teat cups;
- 3 – reduction of costs and time waste for introduction into production, due to the use of unified parts.

Application of the program complex LabVIEW of the firm National Instruments has allowed for the acknowledgement of the mode of pair milking, reflecting momentary value of pressure change in the corresponding chambers of pulsator on a real time scale.

REFERENCES

1. Melnykov S.V.: Mechanization and automation of animal breeding farms. – L.: Kolos, 1978.
2. Hrytsaienko V.I., Buzun I.A., Shebelnychenko V.S.: and others. Reference book of master of machine milking. – K.: Urozhai, 1987.
3. Syrotiuk V.M., Syrotiuk S.V., Baranovych S.M. Pneumatic membrane pulser of pair milking. Patent of Ukraine №53890A Bul.№2 17.02.2003.
4. Spillecke, Volkmar, Dipl.-Ing., ODR 7904 Elsterwerda, DD; Milde, Klaus, Dipl.-Ing., DDR 7901 Maasdorf, DD; Tutte, Alfred, DDR 7907 Plessa, DD. Wechseltakt-Membranpulsator mit Phasenverschiebung. Deutsches patentamt DE3722363A1 18.08.86.
5. N.A.Vynohradova, Ya.I.Listratov, Ye.V.Sviridov. Development of applied program supply in sphere LabVIEW: Manual. – M.:Publishing house MEI, 2005. – 50p.
6. Peych L.I., Tochilin D.A., Pollak B.P. LabVIEW for beginners and specialists. – M.: Hariachaia linia – Telekom, 2004. – 268p.

7. Syrotiuk V.M., Syrotiuk S.V., Baranovych S.M., Mahats M. Modern tendencies in development of milking machines pulsers. Messenger LSAU: Agro engineering researches. – 2003. - № .-6р.
8. V.Syrotiuk, S.Baranovych. Hardware-program complex for research of milking machines of pair action. Messenger LNAU: Agro engineering researches. – 2008. – № . - p.314-317.
9. Korolyov V.F.: Machine milking of cows. - M.: 1953; Machine milking of cows. 2 publs. M.: 1964.
10. <http://www.ni.com/>.
11. <http://www.labview.com.ua/>.
12. <http://www.nf-team.org/drmad/stuff/lv0.htm>.
13. <http://www.automationlabs.ru/images/Thesises/dsp.pdf>.
14. <http://bibl.kma.mk.ua/pdf/naukpraci/technogen/2008/77-64-13.pdf>.
15. <http://www.picad.com.ua/0404/pdf/50.pdf>.
16. http://www.mephist.org/upload/DSPA08/Posobie_LabVIEW.pdf.
17. <http://www.booksgid.com/12191-.html>.
18. <http://www.ee.buffalo.edu/faculty/paololiu/edtech/roaldi/tutorials/labview.htm>.
19. <http://ni-labview1.software.informer.com/>.
20. <http://easyelectronics.ru/znakomimsya-s-labview.html>.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПНЕВМОМЕМБРАННЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ПОПАРНОГО ДЕЙСТВИЯ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ИХ РОБОТЫ

Аннотация. Статья представляет анализ существующих конструкций пневмомембранных пульсаторов попарного действия, которые не обеспечивают оптимальное отношение тактов сосания и сжатия. Поэтому, авторы предлагают новую конструкцию пневмомембранного пульсатора состоя из двух секций, один из них, ведущий и другой – ведомый.

Ключевые слова: попарный пульсатор, цикл, вакуум, вакуумпровод, доильный аппарат.

WYZNACZENIE WYBRANYCH WŁASNOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH BIODIESLA CSME ORAZ OKREŚLENIE SKUTECZNOŚCI NEUTRALIZACJI METANOLU W ŚCIEKACH POWSTAŁYCH PO JEGO PRODUKCJI

Grzegorz Wcisło*, Przemysław Petryszak**, Henryk Kołoczek**

* Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie,
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
** Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja, Katedra Biochemii

Streszczenie. Celem pracy było określenie własności fizyko-chemicznych Biodiesla CSME oraz skuteczności neutralizacji ścieków po jego produkcji. Biodiesel CSME wyprodukowano w reaktorze GW-10 własnej konstrukcji z oleju lnianki. Z badań wynika, że wybrane własności fizyko-chemiczne CSME są zbliżone do odpowiednich RME. Jedyną dużą różnicą jest skład i udział poszczególnych kwasów tłuszczowych.

Dokonano neutralizacji surowego CSME zakwaszoną wodą, a następnie określono skład chemiczny ścieków. Do ścieków zadano wyselekcjonowaną biocenozę, przy pomocy której dokonano biologicznej neutralizacji metanolu w ciągu 20 dni.

Słowa kluczowe: Biodiesel CSME, Biodiesel RME, lnianka, własności fizyko-chemiczne Biodiesla CSME, biologiczna neutralizacja metanolu.

WSTĘP

W Polsce od momentu uchwalenia Ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych, która została przyjęta przez Sejm RP w dniu 25 sierpnia 2006r. (Dz.U.06.169.1199 z 25 września 2006r.) i obowiązuje od 1 stycznia 2007r.) można legalnie produkować biopaliwa i wprowadzać je do obrotu. Obecnie podstawowym surowcem do produkcji biopaliw FAME jest rzepak. Jak wynika z badań stosując metodę jednostopniowego tłoczenia na zimno, z jednej tony nasion rzepaku można uzyskać od 213dm³ (196kg) do 440dm³ (405kg) oleju. Z 1ha uprawy rzepaku można uzyskać od około 800 do około 1750dm³ oleju rzepakowego [5]. Z uwagi iż w ostatnich latach, głównie jako efekt anomalii pogodowych oraz pogorszenia ekonomiki produkcji, ceny żywności zaczęły gwałtownie wzrastać zaczęto poszukiwać nowych źródeł surowca do produkcji Biodiesla FAME. Jedną z takich roślin jest lnianka (*Camelina Sativa*), która pod względem botanicznym pochodzi z grupy roślin dwuliściennych i jest zaliczana do rodziny krzyżowych (kapustnych). Charakteryzuje się tym, że ma znacznie mniejsze wymagania, co do jakości gleby w porównaniu do rzepaku. Dlatego może być uprawiana nawet na glebach 5 i 6 klasy.

Nazwa biopaliwa typu Biodiesel odpowiada ściśle nazwie rośliny lub tłuszczu z którego został wyprodukowany. Dla Europy podstawowym biopaliwem i biokomponentem jest Biodiesel RME (Rapsod Methyl Esters) uzyskany z oleju rzepakowego. W dłuższej perspektywie dodatkowo przewiduje się produkcję biopaliwa Biodiesel CSME (Camelina Sativa Methyl Esters), dla którego surowcem będzie olej lnianki.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było określenie wybranych własności fizyko-chemicznych Biodiesla CSME i porównanie do RME oraz dokonanie neutralizacji ścieków po produkcyjnych tego biopaliwa. Zakres obejmował wytworzenie Biodiesla CSME oraz RME, a następnie określenie i porównanie wybranych parametrów, takich jak: skład i układ kwasów tłuszczowych, lepkość dynamiczna w funkcji temperatury (własności reologiczne), ciepło spalania i własność opału oraz liczba cetanowa mieszanin ww. Biodiesla z handlowym olejem napędowym o udziale biokomponentu od 0 do 40% (V/V). Badania obejmowały również neutralizację CSME zakwaszoną wodą, a następnie określenie składu chemicznego ścieków. W ostatnim etapie przeprowadzono neutralizację metanolu zawartego w ściekach wyselekcjonowaną biocenozą.

WYNIKI BADAŃ

Olej potrzebny do wytworzenia biopaliw CSME pozyskano z nasion lnianki ozimej stosując metodę jednostopniowego tłoczenia. Do pozyskania oleju zastosowano wyłaczarkę firmy Farnet typ Uno. Z jednej tony nasion lnianki uzyskano 330dm³ (302kg) oleju. Uwzględniając plonowanie lnianki okazuje się, że z 1ha uprawy tej rośliny można uzyskać około 700dm³ (645kg) oleju.

Wytworzenie biopaliw typu CSME oraz neutralizacja jego pH

Biopaliwo CSME zostało wyprodukowane w reaktorze typ GW-10 własnej konstrukcji należącym do Małopolskiego Centrum Odnawialnych Źródeł Energii „BioEnergia”. Do transestryfikacji (metanolizy) oleju lnianki zastosowano alkohol metylowy. Jako katalizator ww. reakcji zastosowano alkaliczny wodorotlenek potasu KOH. (Potassium hydroxide pure p.a.). Prowadząc proces transestryfikacji dwuetapowo według technologii MCOŹE „BioEnergia” uzyskano stopień przereagowania oleju w estry metylowe CSME wynoszący 97,3% (m/m). Z powyższego wynika, że uzyskane CSME spełnia, co do zawartości estrów w FAME wymogi normy EN 14214 na biopaliwo dla silników wysokoprężnych. Określenie stopnia konwersji dokonano zgodnie z EN ISO 5508 przy użyciu chromatografu gazowego firmy THERMO Scientific, typ GC Ultra.

Po przeprowadzeniu transestryfikacji dokonywano neutralizacji CSME z pozostałości katalizatora KOH poprzez przemycie zakwaszoną wodą o stężeniu 1% kwasem octowym CH₃COOH. Do wykwaszania stosowano 2dm³ roztworu CH₃COOH na każde 10dm³ FAME. Przemycanie Biodiesla przeprowadzano dwu lub trzykrotnie, aż do uzyskania pH 7-8. Powstałe po zastosowaniu wodorotlenku potasu sole i mydła przedostawały się do wody, która po całym procesie stawała się ściekami.

Ocena układu kwasów tłuszczowych Biodiesla CSME

Biopaliwa FAME składają się przede wszystkim z estrów kwasów tłuszczowych spośród, których zdecydowaną przewagę stanowi kwas oleinowy oraz kwasy linolowy i linolenowy. Udział kwasów tłuszczowych wpływa na własności fizyko-chemiczne biopaliw FAME. Oznaczenie estrów kwasów tłuszczowych w przedmiotowych biopaliwach przeprowadza się zgodnie z PN-EN 14103 oraz PN-EN ISO 5508 chromatografem gazowych. Uzyskane chromatogramy pozwoliły na określenie ilości i udziałów poszczególnych kwasów tłuszczowych w uzyskanym CSME. Począwszy od kwasu mirystynowego zawierającego czternaście atomów węgla (C14:0) w łańcuchu do kwasu nerwonowego bazującego na dwudziestu czterech atomach węgla C24:1. Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym wyposażonym w wielokanałowy chromatograf gazowy firmy Thermo typ TRACE GC Ultra, a ich wyniki zestawiono w tabeli 1. Dla porównania w ww. tabeli zaprezentowano analogiczne wyniki badań RME.

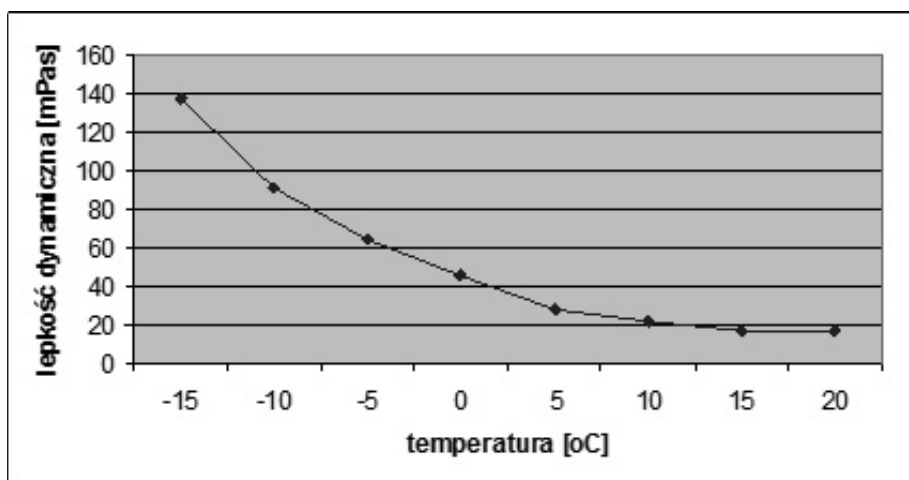
Tab. 1. Porównanie ilości kwasów tłuszczowych w biopaliwach CSME i RME
Tab. 1. Comparison of the composition and share of individual fatty acids in CSME and RME

Nazwa i udział kwasu tłuszczowego % (m/m)	Wzór chemiczny	Biodiesel CSME	Biodiesel RME
kwas mirystynowy	C14:0	0,057	0,052
kwas pentadekanowy	C15:0	0,023	0,023
kwas palmitynowy	C16:0	5,186	4,486
kwas palmitooleinowy	C16:1	0,145	0,265
kwas heptadekanowy	C17:0	0,072	0,112
kwas stearynowy	C18:0	2,343	1,808
kwas oleinowy	C18:1	14,154	60,912
kwas linolowy	C18:2	17,635	19,252
kwas lineolenowy	C18:3	34,320	8,984
kwas arachidowy	C20:0	1,926	0,646
kwas eikozenowy	C20:1	14,166	1,721
kwas eikozadienowy	C20:2	1,960	0,000
kwas homo- γ -linolenowy	C20:3	1,456	0,000
kwas behenowy	C22:0	0,402	0,365
Kwas erukowy	C22:1	3,535	0,909
kwas lignocerynowy	C24:0	0,146	0,129
kwas nerwonowy	C24:1	0,611	0,187
Stopień identyfikacji estrów metylowych kwasów tłuszczowych		$\Sigma = 98,68\%$ (m/m)	$\Sigma = 98,36\%$ (m/m)

Biopaliwo CSME posiada tylko około 14% (m/m) korzystnego kwasu oleinowego, natomiast dla porównania Biodiesel RME około 61% (m/m). Charakteryzuje się również dużą zawartością 34% (m/m) niekorzystnego kwasu linolenowego. Tymczasem ilość ww. kwasu w FAME powinna być możliwie mała i nie przekraczać 12% (m/m). Jest to podyktowane tym, że wymieniony kwas ma tendencje do szybkiego utleniania się, podobnie jak kwas oraz linolowy, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia jakości FAME. Szczególnie przy dłuższym składowaniu. Taka sytuacja powoduje również, że Biodiesel uzyskany z oleju lnianki nie spełni wymagań normy EN 14214 i nie będzie mógł być sprzedawany jako samoistne paliwo na ogólnodostępnych stacjach paliw. Natomiast będzie mógł być wytwarzany szczególnie na własne cele w małych rafineriach i agrorafineriach. Biodiesel CSME dodatkowo posiada około 14% (m/m) estru kwasu eikozenowego C20:1, którego własności nie są wyczerpująco rozpoznane (tego kwasu nie posiadają biopaliwa RME).

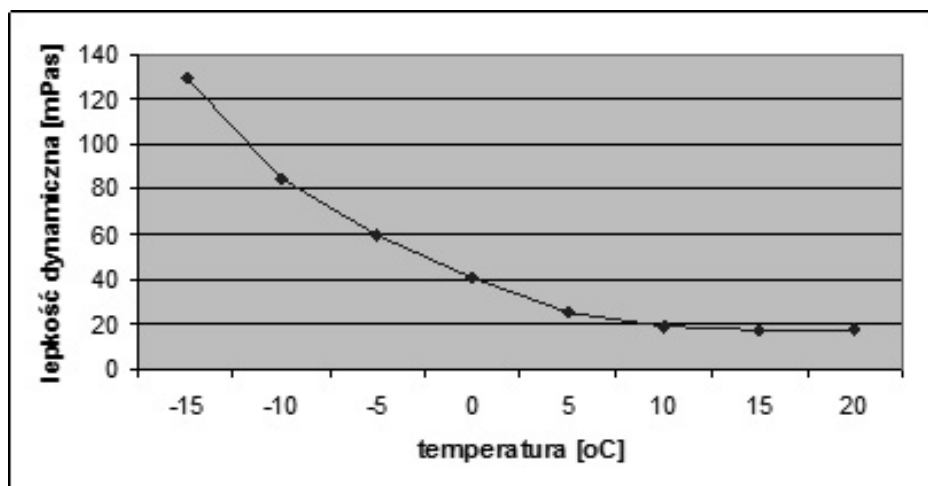
Określenie wpływu temperatury na lepkość dynamiczną η Biodiesla CSME

Duża lepkość niektórych biopaliw stanowi pewien problem. Jest to spowodowane tym, że obecnie aparatura wtryskowa silnika podaje paliwo do silnika przy ciśnieniu dynamicznym dochodzącym do 2500bar. Tymczasem nawet niewielkie zwiększenie lepkości może spowodować wzrost oporu przepływu paliwa i w konsekwencji negatywnie wpłynąć na pracę aparatury wtryskowej. Dlatego przeprowadzono badania reologiczne uzyskanego CSME oraz dla porównania Biodiesla RME, a ich wyniki zaprezentowano na rysunku 1 i 2.



Rys. 1. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną Biodiesla CSME

Fig. 1. Temperature influence on the cinematic viscosity of CSME Biodiesel from raw rape seed oil



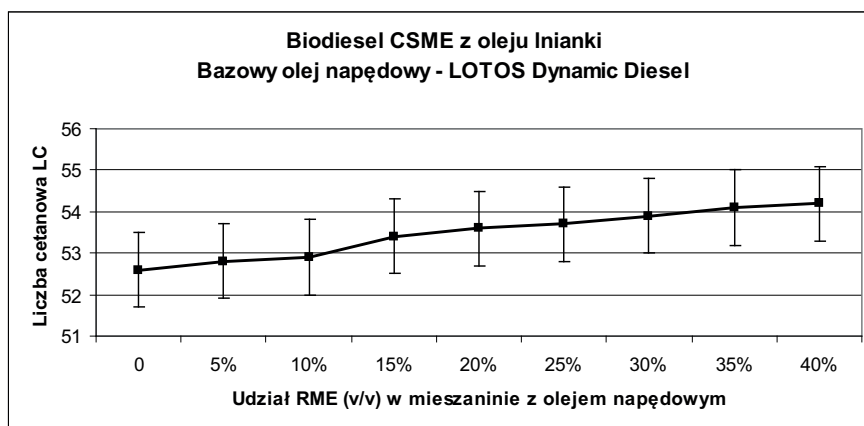
Rys. 2. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną Biodiesla RME

Fig. 2. Temperature influence on the cinematic viscosity of RME Biodiesel from raw rape seed oil

Dla przebadanych biopaliw FAME zachodzi zależność, że wraz z obniżaniem temperatury rośnie lepkość dynamiczna. Zakres zmian jest podobny. Lepkość dynamiczna CSME jest nieznacznie wyższa niż RME tylko w zakresie ujemnych temperatur. Lepkość dynamiczna badanych biopaliw FAME w temperaturze 20°C wynosi około 18mPas. Natomiast w temperaturze -15°C jest już około siedem razy wyższa i wynosi około 130 do 140mPas. Tego typu zależności publikują w swoich materiałach również inni autorzy badań [1,2,3,4].

Szacowanie liczby cetanowej oleju napędowego zawierającego dodatek do 40 % (v/v) CSME

Wyznaczenie liczby cetanowej *LC* Biodiesla FAME dokonano przy użyciu analizatora paliw Irox Diesel firmy Grabner Instruments. Aparat wyznacza *LC* przy zastosowaniu łącznie dwóch metod: pomiarze absorpcji charakterystycznego promieniowania i szacowaniu w oparciu o spektrum oraz obliczeń modelami matematycznymi. Jak pokazują badania otrzymane wyniki *LC* dla kilku olejów napędowych są porównywalne z otrzymanymi metodą silnikową [7]. Na rysunku 3 zaprezentowano wyniki badań określających wpływ udziału biokomponentu CSME w mieszaninie z handlowym olejem napędowym LOTOS Dynamic na liczbę cetanową.



Rys. 3. Wpływ zawartości biokomponentu CSME uzyskanego z oleju lnianki na liczbę cetanową
 Fig. 3. Influence of the content of CSME biocomponent from camelina oil on the cetane number

Liczba cetanowa handlowego oleju napędowego LOTOS Dynamic Diesel wynosiła 52,6. Wartość liczby cetanowej biopaliw zawierających biokomponent CSME rośnie wraz ze zwiększaniem udziału dodatku biokomponentu CSME. Przy najwyższym 40% (v/v) dodatku wartość *LC* przekracza 54 jednostki. Uzyskane wartości liczby cetanowej są zbliżone do uzyskanych stosując jako biokomponent RME [9].

Określenie ciepła spalania i wartości opałowej biopaliwa CSME

Wartość opałowa konwencjonalnego oleju napędowego spełniającego wymogi normy PN EN-590 zawiera się w przedziale od 42 do 44 MJ/kg. Paliwa pochodzenia „bio” charakteryzują się mniejszą wartością opałową, przede wszystkim ze względu na to, że w swojej strukturze zawierają tlen [Biodiesel RME około 11% (V/V)] oraz inny stosunek atomów węgla i wodoru w wiązaniach cząsteczek [5,6]. Podstawą wyliczenia wartości opałowej jest wyznaczenie ciepła spalania paliwa. Zarówno ciepło spalania, jak i wartość opałowa zostały wyznaczone zgodnie z normą PN-86/C-04062, a ich wyniki zestawiono w tabeli 2

Tab. 2. Ciepło spalania i wartość opałowa biopaliw CSME i RME
 Tab. 2. Combustion heat and calorific value of CSME and RME biofuels

Rodzaj Biodiesla FAME	Ciepło spalania [MJ/kg]	Wartość opałowa [MJ/kg]
Biodiesel CSME z oleju surowego lnianki	40,8	37,0
Biodiesel RME z oleju surowego rzepaku	41,2	37,5

Na podstawie tabeli 2 widać, że zarówno ciepło spalania, jak i wartość opałowa Biodiesla CSME jest zbliżona do wartości uzyskanych dla RME. Przy czym należy pamiętać, iż w zależności od odmiany oraz warunków uprawy ww. parametry mogą nieznacznie zmieniać swoją wartość. Jak wynika bowiem z badań dla ozimych odmian rzepaku maksymalny zakres zmian wartości energetycznych może sięgać około 7% [6].

Neutralizacja powstałego ścieku pochodzącego z produkcji Biopaliwa CMSE

W procesie estryfikacji oleju z lnianki powstają ścieki poprodukcyjne zawierające szereg związków organicznych uciążliwych dla środowiska naturalnego. W sytuacji rozwoju produkcji Biopaliwa CMSE przez małe i średnie firmy, jak również przez indywidualnych rolników proces neutralizacji ścieków jest istotnym problemem wpływającym na stan środowiska naturalnego. W tabeli 3 przedstawiono skład i parametry powstałego ścieku oraz analizy mikrobiologiczne identyfikujące obecność bakterii i grzybów. Przeprowadzono testy na obecność formaldehydu ze względu na możliwość utleniania biologicznego metanolu w przypadku długotrwałego zalegania ścieków [16]. W prezentowanych próbach ścieków z produkcji Biopaliwa CMSE (dalej nazywane ściekami CMSE) nie stwierdzono obecności formaldehydu (Fd), ponieważ były analizowane po dwóch dniach od zakończenia produkcji.

Tab. 3. Ogólne obciążenie, wyrażone parametrem ChZT, oraz zawartość metanolu i formaldehydu w próbach ścieków z produkcji biodiesla z lnianki
Tab. 3. General load expressed by the ChZT parameter and methanol content and formaldehyde in samples from the sewage from Biodiesel production from Camelina

	ściek zwirowany	ściek niezwirowany	Jedn.
ChZT	99 500	91 400	[mg/L]
MetOH	10821,1	-	[mg/L]
Fd wolny	brak*	brak*	[mg/L]
Fd całkowity	brak*	brak*	[mg/L]
pH	9.0		
Bakterie autochtoniczne	-	2,40E+02	[liczba kom. / mL]
Drożdże autochtoniczne	-	brak	[liczba kom. / mL]

Stwierdzone w próbach ścieków stężenie metanolu jest letalne dla organizmów żywych i stanowi poważne zagrożenie dla środowiska, a także osadów czynnych komunalnych i przemysłowych oczyszczalni ścieków [18]. Z tego powodu należy, w pierwszej kolejności, przeprowadzić proces utylizacji metanolu. Chemiczny sposób oczyszczania jest ekonomicznie nieopłacalny, dlatego w niżej opisano skrótowo biologiczną metodę utleniania metanolu za pomocą wyspecjalizowanej biocenozy mikroorganizmów składającej się z bakterii metylotroficznych. Bakterie metylotroficzne traktują metanol jako źródło węgla dla swojego rozwoju, a mechanizmy metaboliczne rozkładu metanolu do CO₂ i H₂O opisano w pracach [17,19].

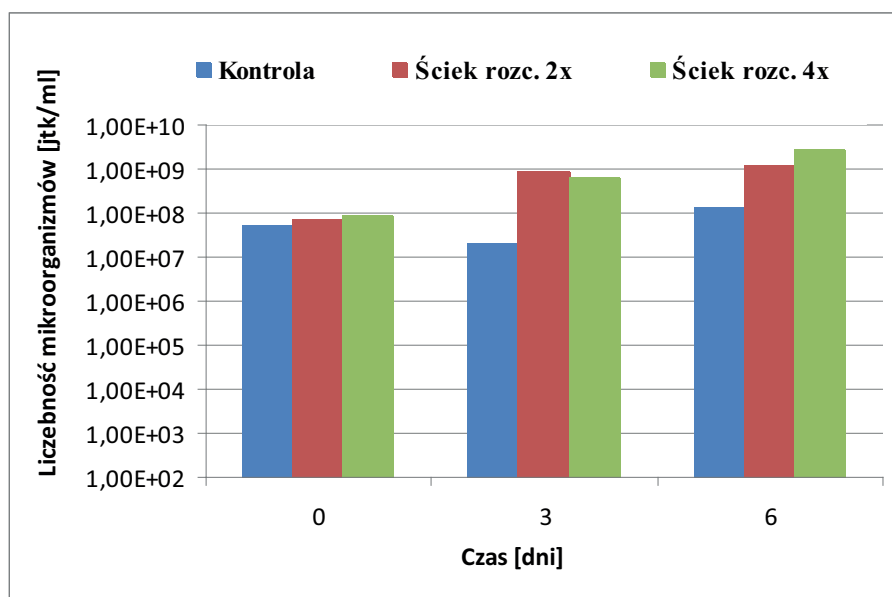
Ścieki CMSE zadano wyspecjalizowanym biopreparatem składającym się z ok. 40 szczepów bakterii rozkładających związki organiczne (jednowęglowe, długołańcuchowe oraz aromatyczne). Po okresie 7 dniowej adaptacji do środowiska ścieków CMSE stwierdzono dominację szczepów bakterii podanych w tab.5.

Tab. 5. Nazwa szczepów bakterii i ich liczebność po okresie 5 dniowej adaptacji do środowiska
 Tab. 5. Bacteria strains and their quantity after 5-day adaptation to the environment

Nazwa szczepu	Liczebność komórek bakterii w 1 ml (jtk)*
Citrobacter freundii	7.5×10^{12}
Proteus pennerii	3.0×10^{11}
Serratia marcescens	1.0×10^9
Alcaligenes faecalis	1.0×10^{12}
Trichosporon sp.	3.0×10^4

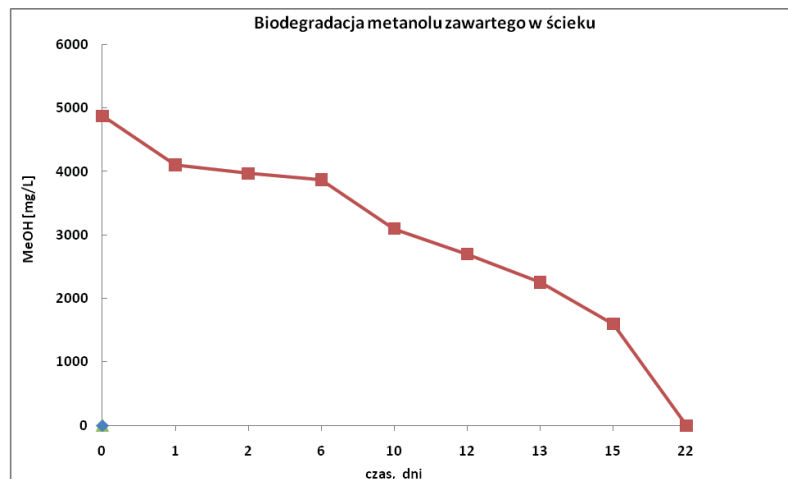
*jtk – jednostki tworzących kolonie

Tak przygotowaną biocenozę zadano 2 i 4- krotnie rozcieńczony ściek CMSE i wykonano testy toksyczności przedstawione na rys. 4.



Rys. 4 Test toksyczności dla ścieku CMSE (rozc. 2x i 4x)
 Fig. 4. Toxicity test for CMSE sewage (dilution 2x and 4x)

Wynik przeprowadzonego testu udowadnia, że ściek CMSE nie jest toksyczny dla zastosowanej biocenozy, a przyrost liczby komórek bakterii po 6 dniach inkubacji w temperaturze 37°C pozwala przypuszczać, że szczepy bakteryjne efektywnie rozkładają metanol wykorzystując go jako źródło węgla. Proces biodegradacji metanolu zawartego w ściekach CMSE 2-krotnie rozcieńczonych przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Biodegradacja metanolu zawartego w ścieku CMSE ok. 2-krotnie rozcieńczonym w temperaturze 22°C

Fig. 5. Biodegradation of methanol contained in CMSE sewage diluted approx. 2x at 22°C

Stwierdzono, że utlenianie metanolu przez adaptowaną biocenozę bakteryjną z wartości początkowej ok. 4300 mg/L do zera zachodzi w ciągu 22 dni. W ten sposób ścieki pozbawione są najgroźniejszej substancji toksycznej i mogą podlegać dalszej obróbce biologicznej przez osady czynne w przemysłowych lub komunalnych oczyszczalniach ścieków. Należy zaznaczyć, że proces degradacji metanolu prowadzony był tylko z użyciem komponenty bakteryjnej, w obecności niskiej liczebności jednego szczepu eukariotycznego *Trichosporon* sp. (3.0×10^4 jtk). Wstępne doświadczenia sugerują, że wprowadzenie do środowiska ścieków CMSE biocenozy bakteryjnej wzbogaconej o komponentę drożdży metylotroficznych pozwoli skrócić proces degradacji metanolu do kilku dni. Prace dotyczące optymalizacji biodegradacji ścieków CMSE są w toku i będą przedmiotem dalszych publikacji.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- Przy użyciu wyłaczarki olejowej można uzyskać około 330dm³ (302kg) oleju z 1000kg nasion lnianki. Uwzględniając plonowanie, okazuje się że z 1ha uprawy tej rośliny można uzyskać około 700dm³ (645kg).
- Biopaliwo CSME posiada tylko około 14% (m/m) korzystnego kwasu oleinowego, natomiast Biodiesel RME około 61% (m/m). Tymczasem ilość ww. kwasu w FAME powinna być możliwie mała i nie przekraczać 12% (m/m). Jest to podyktowane tym, że wymieniony kwas ma tendencje do szybkiego utleniania się, podobnie jak kwas oraz linolowy, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia jakości FAME. Szczególnie przy dłuższym składowaniu.
- Lepkość dynamiczna CSME jest tylko nieznacznie wyższa niż RME. Lepkość dynamiczna SCME w temperaturze 20°C wynosi około 18mPas. Wraz z obniżaniem temperatury rośnie i przy temperaturze -15°C jest już około siedem razy wyższa i wynosi około 138mPas.

- Wartość liczby cetanowej biopaliw zawierających biokomponent CSME rośnie wraz ze zwiększaniem udziału dodatku biokomponentu CSME. Przy najwyższym 40% (V/V) dodatku wartość liczby cetanowej przekracza 54 jednostek. Dla porównania liczba cetanowa handlowego oleju napędowego LOTOS Dynamic Diesel wynosiła 52,6.
- Ciepło spalania CSME wynosi 40,8 MJ/kg, a wartość opałowa 37MJ/kg. Dla porównania wartość opałowa konwencjonalnego oleju napędowego spełniającego wymogi normy PN EN-590 zawiera się w przedziale od 42 do 44 MJ/kg.
- Ścieki pochodzące z linii produkcji Biopaliwa CMSE zawierają toksyczne stężenia metanolu dla mikroorganizmów.
- W celu biologicznej neutralizacji metanolu ścieki muszą podlegać 2-krotnemu rozcieńczeniu wówczas ulegają biodegradacji przez wyspecjalizowane konsorcjum bakteryjne.

LITERATURA

1. Bocheński C. Z. 2003. Biodiesel paliwo rolnicze. SGGW, Warszawa.
2. Heimann S. 2002. Charakterystyka podstawowych cech użytkowych odmian rzepaku ozimego. Udział kwasów tłuszczowych ważniejszych roślin oleistych. Materiały konferencji KONSSPAL 2002: Alternative Feeding of Diesel Engines. Problems of Maintenance of Power Units. Wrocław.
3. Lotko W. Longwic R. 1999. Nieustalone stany pracy silnika zasilanego paliwem rzepakowym. Wydawnictwo ZPITE - Radom.
4. Sitnik L. J. 2004. Ekopaliwa Silnikowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej - Wrocław.
5. Weisło G. 2004. Wyznaczenie ciepła spalania oraz wartości opałowej olejów (paliw) rzepakowych. KOMOT-AUTOPROGRES 2004, s. 815-822.
6. Weisło G. 2005. DETERMINING ENERGY VALUE OF BIODIESEL FAME. PTNSS KONGRES - 2005. The Development of Combustion Engines. s. 93. Szczyrk, Poland.
7. Weisło G. 2007. Wykorzystanie analizatora Irox Diesel do szacowania liczby cetanowej oleju napędowego. Silniki Spalinowe. Vol. III. s. 52-55.
8. Weisło G. 2008. Application of the newest method based on infrared spectra analysis and mathematical models for estimating the effect of biocomponent share in a mixture with Diesel oil on cetane number. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, Vol. VIII A, s. 203-208.
9. Weisło G. 2009. Zastosowanie chromatografii gazowej do oceny rolniczych biopaliw typu RME i CSME ze względu na układ estrów kwasów tłuszczowych. Inżynieria Rolnicza. Vol. 9 (118).
10. Vellguth G. 1983. Performance of Vegetable Oils and their Monoesters as Fuels for Diesel Engines. SAE Transactions, nr 83/1358.
11. Norma na wyznaczenie składu frakcyjnego produktów naftowych wg ASTM D 1160.
12. Polska norma PN-EN 590:2009. Paliwa do pojazdów samochodowych - Oleje napędowe -Wymagania i metody badań.
13. Polska norma. oznaczanie ciepła spalania paliw PN-86/C-04062 PN-EN 590:2009 - Paliwa do pojazdów samochodowych. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań.
14. Polska norma PN-EN 14214. Paliwa do pojazdów samochodowych - Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do silników o zapłonie samoczynnym (Diesla). Wymagania i metody badań.

15. Polska norma PN-EN 14103. Produkty przetwarzania olejów i tłuszczów. Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME). Oznaczenie zawartości estrów i estru metylowego kwasu linolenowego.
16. Kaszycki P., and Kołoczek H. (2000) Formaldehyde and methanol biodegradation with the methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha* in a model wastewater system. *Microbiological Research*, 154: 289-296.
17. Kaszycki P., Szumilas P., Kołoczek H. (2001) Biopreparat przeznaczony do likwidacji środowiskowych skażeń węglowodorami i ich pochodnymi. *Inżynieria Ekologiczna 4*, "Biopreparaty w ochronie i użytkowaniu środowiska": str. 15-22.
18. Kaszycki P., Kołoczek H. (2002) Biodegradation of formaldehyde and its derivatives in industrial wastewater with methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha* and with the yeast-bioaugmented activated sludge. *Biodegradation* 13 (2): 91-99.
19. Kaszycki P., Czechowska K., Petryszak P., Kołoczek H. (2003) Konstrukcja efektywnych biocenzoz degradujących formaldehyd i jego pochodne w uciążliwych ściekach przemysłowych. *Acta Scientiarum Polonorum Biotechnologia* 2 (1-2) 91-103.

DETERMINATION OF THE SELECTED PHYSICAL AND CHEMICAL
PROPERTIES OF BIODIESEL CSME AND EVALUATION
OF METHANOL NEUTRALISATION EFFECTIVENESS
IN SEWAGE FROM ITS PRODUCTION

Summary. The aim of the paper was to determine the physical and chemical properties of CSME Biodiesel and to evaluate methanol neutralisation effectiveness in the waste water from its production. CSME Biodiesel was produced in a purpose-built GW-10 reactor from camelina oil. The research has proven that the selected physical and chemical properties of CSME are close to the respective properties of RME. The only difference lies in the composition and share of individual fatty acids. Neutralisation of raw CSME with acidified water was performed and then the chemical composition of the sewage was determined. A selected biocoenose was applied to the sewage, aiding in the biological neutralisation of methanol, which was performed in 20 days.

Key words: Biodiesel CSME (Camelina Sativa Methyl Esters), Biodiesel RME (Rapsod Methyl Esters), camelina sativa, physical and chemical properties of Biodiesel CSME, biological neutralisation of methanol.

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESU ROZDRABNIANIA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY

Zawiślak Kazimierz, Sobczak Paweł, Andrejko Dariusz*, Rydzak Leszek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych

*Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania pomiaru energochłonności procesu rozdrabniania czterech odmian pszenicy (Tybalt, Nawra, Korynta, Zawisza) na rozdrabniaczu palcowym z zastosowaniem sit 3, 4, 5 i 6 mm. Badania poprzedzono analizą chemiczną oznaczając w każdej z odmian zawartość białka, glutenu i wilgotność oraz wyznaczono maksymalną siłę cięcia ziaren pszenicy na wybranych losowo 10 próbach. Wyniki obrobiono statystycznie podając średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe oraz grupy jednorodne. Na energochłonność procesu rozdrabniania istotny wpływ ma średnica otworów w sicie rozdrabniacza. Istotna różnica wystąpiła pomiędzy sitami o otworach 3 i 4 mm. Natomiast dla sit o otworach 4, 5 i 6 mm energochłonność stopniowo maleje.

Słowa kluczowe: rozdrabnianie, energochłonność, pszenica.

WSTĘP

Przemysł spożywczy stara się dostosować do potrzeb rolników i hodowców poszukując nowych możliwości obniżenia ceny swoich produktów poprzez prowadzenie procesów przetwórczych w optymalnych warunkach, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia kosztów wytworzenia produktu i podniesienia rentowności produkcji wyrobów.

Jednym z ważniejszych procesów, a zarazem wysoce energochłonnym jest proces rozdrabniania. Rozdrabnianie polega podziale surowca na poszczególne cząstki w sposób mechaniczny, poprzez pokonanie sił spójności w wyniku, czego następuje zmniejszenie wymiarów cząstek oraz zwiększenie powierzchni. Energochłonność procesów rozdrabniania jest jednym z ważniejszych po cenie surowca i kosztach pracy ludzkiej składników wpływających na końcową cenę wyrobu. Przyjmuje się, że około 70% surowców stosowanych do produkcji mieszanek paszowych musi być poddanych procesowi rozdrabniania. Ze względu na zróżnicowane właściwości surowców stosowanych w przemyśle najczęściej do rozdrabniania stosuje się rozdrabniacze bijakowe z sitem. Rozdrabniacze bijakowe stanowią grupę maszyn rozdrabniających o najbardziej uniwersalnym zastosowaniu. W tego typu rozdrabniaczach redukcja wymiarów liniowych cząstek odbywa się przez wielokrotne i szybkie uderzanie. Elementem roboczym są metalowe płaskowniki i pręty zamocowane na obwodzie tarczy. Bijaki mogą być mocowane w sposób sztywny lub wahliwy,

promieniowo lub równoległe do osi obrotu. Właściwości materiału należą do czynników, które mają istotny wpływ na jakość i energochłonność procesu rozdrabniania. Istotną rolę w procesie rozdrabniania odgrywają również wymiary liniowe, do których należy długość, szerokość i grubość [Fang i in. 2001, Glen i in. 2001, Niemiec i in. 2005].

Różnice pomiędzy poszczególnymi ziarniakami nie dotyczą tylko podstawowych wymiarów liniowych ziarna (szerokość, długość, grubość), lecz dotyczą również sferyczności. W przeprowadzonych badaniach (Dziki, Laskowski 2010) stwierdzono, że wraz ze wzrostem wielkości ziarniaków pszenicy zwiększa się ich sferyczność. Ponadto w obrębie tej samej odmiany zboża występuje duża zmienność właściwości fizycznych ziarniaków. Ziarno o różnej grubości i sferyczności wykazuje różnice w składzie chemicznym np.: małe ziarna zawierają mniej skrobi a więcej substancji mineralnych i białka [Dziki 2008].

Badając wpływ cech geometrycznych ziarna pszenicy na właściwości mechaniczne oraz podatność na rozdrabnianie stwierdzono, że cechy geometryczne ziarna wpływają na jego właściwości mechaniczne. Również średni wymiar cząstki mlewa w dużym stopniu zależy od grubości ziarna i energochłonności jednostkowej rozdrabniania [Dziki, Laskowski 2010, Cacak-Pietrzak i in. 2009].

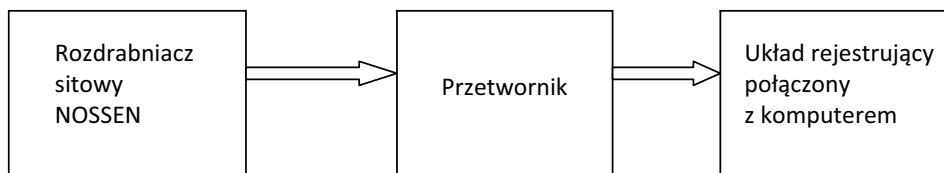
Pomimo prowadzonych wielu badań mających na celu określenie wartości liczbowych cech wytrzymałościowych ziarna, istnieją nadal znaczne rozbieżności w podawanych wynikach, dlatego też ich wykorzystanie w praktyce inżynierskiej jest bardzo skomplikowane. Różnice te są skutkiem prowadzenia odmiennych metod badawczych, które znacznie odbiegają od warunków rzeczywistych [Wiercioch i in. 2006, Marks i in. 2006, 2006a].

CEL BADAŃ

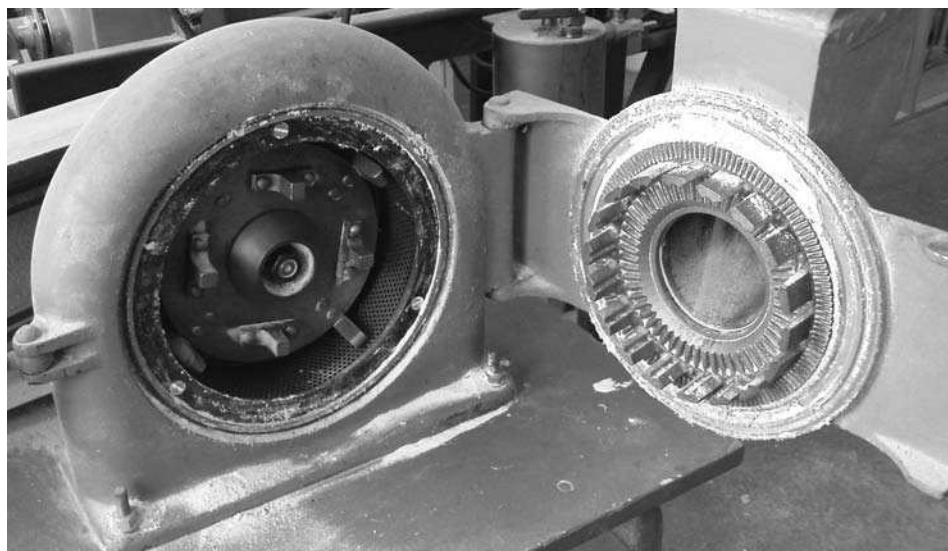
Celem prowadzonych badań była ocena wpływu odmian pszenicy oraz doboru sita w rozdrabniaczu palcowym na energochłonność i wydajność procesu.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Do badań użyto cztery odmiany pszenicy, tj.: Tybalt, Nawra, Korynta i Zawisza. Przed przystąpieniem do pomiaru energochłonności procesu rozdrabniania wybrane odmiany pszenicy poddano analizie chemicznej oznaczając białko, gluten oraz wilgotność. Następnie wykonano pomiar sił przecinania pojedynczych ziaren przy pomocy urządzenia typu Instron 4302 z głowicą pomiarową o zakresie 1 kN oraz z użyciem noża o kącie ostrza 45°. Badanie przeprowadzono w 10 powtórzeniach dla wszystkich badanych odmian pszenicy. Proces rozdrabniania przeprowadzono na rozdrabniaczu typu Nossen stosując sita z otworami 3, 4, 5, 6 mm.



Rys. 1. Układ pomiaru energochłonności procesu rozdrabniania
Fig. 1. Stand for energy consumption measure in the crumbing process



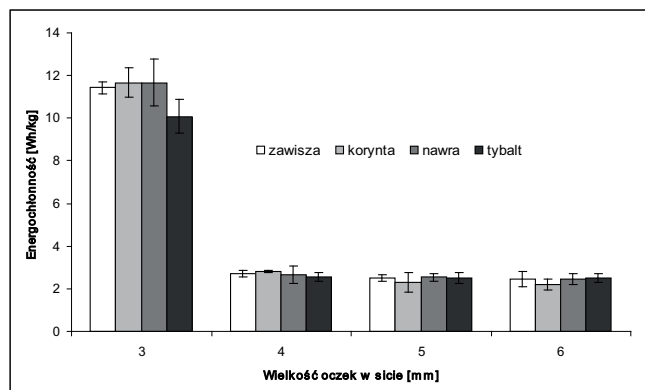
Rys. 2. Rozdrabniacz palcowy Nossen z sitem
Fig. 2. Finger disintegrator "Nossen" with sieve

WYNIKI

Wyniki analizy chemicznej oraz pomiaru wielkości ziarna i maksymalnej siły przecinającej przedstawiono w tabeli 1. Największą zawartość glutenu oraz białka posiadała pszenica odmiany Korynta, natomiast najmniejszą zawartość oznaczanych związków posiadała pszenica odmiany Tybalt. Skład chemiczny nie wpłynął na wartość siły przecinającej ziarna, która dla wszystkich odmian była jednakowa. Analiza statystyczna potwierdziła brak istotnych różnic w wartości siły przecinającej.

Tabela 1. Wybrane właściwości fizyko-chemiczne wybranych odmian pszenicy
Table 1. Selected physical and chemical properties of various kinds of wheat grain

Badana cecha	Tybalt	Nawra	Korynta	Zawisza
Wilgotność, %	8,8	7,9	8,1	9,5
Białko, %	14,1	15,7	16,7	14,8
Gluten, %	35,8	39,3	41,6	38,8
Średnia masa ziarna, g	0,051±0,006	0,050±0,005	0,048±0,005	0,047±0,004
Siła przecinania ziarna, N	57±13,5	56±20	56±11	62±17

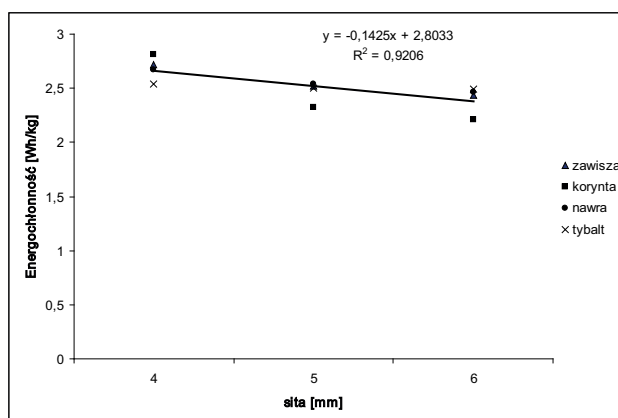


Rys. 3. Energochłonność procesu rozdrabniania odmian pszenicy w zależności od zastosowanego sita w rozdrabniaczu

Fig. 3. Energy consumption of wheat grain crumbling process in dependence of the size of sieve in disintegrator

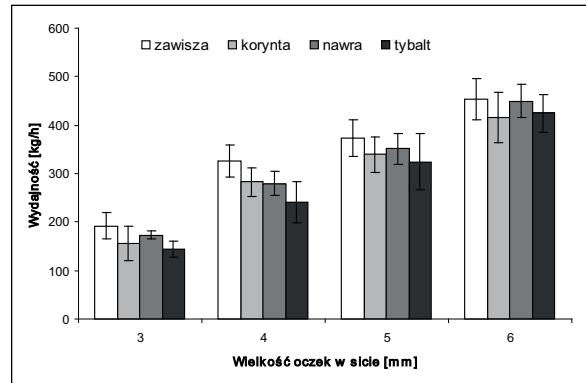
Najwyższą energochłonność procesu rozdrabniania uzyskano na rozdrabniaczu z zastosowaniem sita o średnicy oczek 3mm. Podobne wyniki uzyskano dla wszystkich badanych odmian pszenicy. Wraz ze wzrostem otworów w sicie energochłonność procesu rozdrabniania maleje. Charakterystyczny jest wysoki spadek energochłonności, bo aż 3-krotny po zastosowaniu sita tylko o 1 mm większego. Natomiast dalsze zwiększanie oczek w sicie nie spowodowało już tak gwałtownego spadku energochłonności.

Spadek energochłonności procesu rozdrabniania z zastosowaniem sita 4,5,6 mm dla badanych odmian pszenicy można opisać równaniem liniowym z wysokim współczynnikiem determinacji (rys. 4).



Rys. 4. Energochłonność procesu rozdrabniania ziarna pszenicy z w rozdrabniaczu z sitami o oczkach 4, 5, 6 mm

Fig. 4. Energy consumption of wheat grain crumbling process in disintegrator with sieves of hole size 4, 5 and 6mm



Rys. 5. Wydajność procesu rozdrabniania pszenicy w zależności od zastosowanego sita w rozdrabniaczu
 Fig. 5. Efficiency of wheat grain crumbling process in dependence of the used sieve in disintegrator

Wydajność procesu rozdrabniania wraz ze wzrostem zastosowanego sita w rozdrabniaczu rosła. Najwyższą wydajność osiągnięto na sicie 6 mm, która wynosiła ponad 400 kg/h.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Na energochłonność procesu rozdrabniania wybranych odmian pszenicy o wilgotności w zakresie 7,9-9,5% istotny wpływ ma średnica otworów w sicie rozdrabniacza. Istotna różnica wystąpiła pomiędzy sitami o otworach 3 i 4 mm. Natomiast dla sit o otworach 4, 5 i 6 mm dla średnich wartości jest tendencja malejąca.
2. Wybrane do analizy odmiany pszenicy nie wpływają istotnie na energochłonność procesu rozdrabniania.

PIŚMIENNICTWO

1. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Gondek E., Jakubczyk E. 2009: Wpływ struktury ziarna pszenicy na proces rozdrabniania. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 53 – 56.
2. Dziki D. 2008: The crushing of wheat kernels and its consequence on the grinding process. *Powder Technology*. Volume: 185, 181-186.
3. Dziki D., Laskowski J. 2010: Study to analyze the influence of sprouting of the wheat grain on the grinding process. *Journal of Food Engineering*, Volume 96, 562-567
4. Fang Ch., Campbell G.M., 2001: On prediction roller milling performance V: effect on moisture content on the particle size distribution from first break milling of wheat, *Journal of Cereal Sciences*, Volume: 37, Issue: 1, 31—41.
5. Glenn G.M., Younce F.L., Pitts, M.J. 1991: Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal of Cereal Science*, 13, 179-194.
6. Marks N., Sobol Z., Baran D. 2006: Wpływ wilgotności na energochłonność procesu rozdrabniania ziarna zbóż. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3 (78). s. 281-288.

7. Marks N., Sobol Z., Baran D. 2006a: Energochłonność procesu rozdrabniania nasion różnych gatunków roślin przy użyciu rozdrabniacza tarczowego. Inżynieria Rolnicza. Nr 3 (78). s. 271-279.
8. Niemiec A., Romański L., Stopa R. 2005: Energochłonność jedno i dwuetapowego rozdrabniania ziarna w gniotowniku. Inżynieria Rolnicza. Nr 11 (71). s. 333-340.
9. Wiercioch M., Niemiec A. 2006: Energochłonność procesu rozdrabniania pszenicy ozimej o różnej szklistości przy stosowaniu gniotownika i śrutownika walcowego. Inżynieria Rolnicza. Nr 11 (86). s. 511-518.

ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESS OF CRUMBLING OF SELECTED WHEAT GRAIN VARIETIES

Summary. The paper presents the study on the energy consumption during the crumbling process on four kinds of wheat grain (c.v. Tybalt, Nawra, Korynta, Zawisza) in a disintegrator with sieves of hole diameters: 3,4,5 and 6mm. The study was preceded by the chemical analysis marking proteins, gluten and moisture content. Also, the force of single grain cutting was measured in 10 trials. The results were statistically analyzed and the average standard deviations and uniform groups were estimated. The hole diameter size in the sieve is of essential significance in the energy consumption during the crumbling process. The essential difference is between the hole diameter 3 and 4 mm. However, the energy consumption decreases for sieves with hole diameters 4, 5 and 6mm.

Key words: crumbling, energy consumption, wheat grain.