

# **MOTROL**

MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA

MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE

COMMISSION OF MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE  
POLISH ACADEMY OF SCIENCES BRANCH IN LUBLIN  
LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
THE VOLODYMYR DAHL EAST-UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY  
NATIONAL ACADEMY OF NATURE PROTECTION AND RESORT BUILDING  
IN SIMPHEROPOL ON THE CRIMEA PENINSULA  
UNIVERSITY OF ENGINEERING AND ECONOMICS IN RZESZÓW

# **MOTROL**

MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE

Volume 12

LUBLIN 2010

KOMISJA MOTORYZACJI I ENERGETYKI ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE  
POLITECHNIKA LUBELSKA  
WSCHODNIUKRAIŃSKI NARODOWY UNIWERSYTET W ŁUGAŃSKU  
IM. WOŁODYMYRA DAŁA  
NARODOWA AKADEMIA BUDOWNICTWA OBIEKTÓW SANATORYJNYCH  
I OCHRONY PRZYRODY W SYMFEROPOLU NA KRYMIE  
WYŻSZA SZKOŁA INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNA W RZESZOWIE

# MOTROL

MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA

Tom 12

LUBLIN 2010

Redaktor naczelny: Eugeniusz Krasowski  
Sekretarz redakcji: Wojciech Tanaś

### **Komitet Redakcyjny**

*Jan Gliński, Karol Cupiał, Aleksandr Dashchenko, Sergiej Fedorkin,  
Oleksandr Hołubenko, Anatolij Yakovenko, Janusz Laskowski,  
Ryszard Michalski, Aleksandr Morozow, Janusz Mysłowski, Ilija Nikolenko,  
Paweł Nosko, Marek Opielak, Marek Rozmus, Wolodymyr Snitynskiy,  
Stanisław Sosnowski, Aleksandr Sydorchuk, Georgiy F. Tayanowski*

### **Komitet Programowy**

<i>Andrzej Ambrozik, Kielce, Poland</i>	<i>Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland</i>
<i>Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine</i>	<i>Stanisław Niziński, Olsztyn, Poland</i>
<i>Valery Diadychev, Ługańsk, Ukraine</i>	<i>Janusz Nowak, Lublin, Poland</i>
<i>Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland</i>	<i>Juriy Osenin, Ługańsk, Ukraine</i>
<i>Bohdan Hevko, Tarnopil, Ukraine</i>	<i>Sergiej Pastushenko, Kherson, Ukraine</i>
<i>Marek Idzior, Poznań, Poland</i>	<i>Józef Sawa, Lublin, Poland</i>
<i>L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland</i>	<i>Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania</i>
<i>Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland</i>	<i>Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania</i>
<i>Józef Kowalczyk, Lublin, Polska</i>	<i>Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland</i>
<i>Stepan Kovalyshyn, Lwów, Ukraine</i>	<i>Danis Viesturs, Ulbrok, Latvia</i>
<i>Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland</i>	<i>Dmytro Voityuk, Kiev, Ukraine</i>
<i>Nikolaj Lubomirski, Symferopol, Krym, Ukraine</i>	<i>Valery Voityuk, Kiev, Ukraine</i>
<i>Jerzy Merkisz, Poznań, Poland</i>	<i>Janusz Wojdalski, Warszawa, Poland</i>
<i>Leszek Mościcki, Lublin, Poland</i>	<i>Bogdan Żółtowski, Bydgoszcz, Poland</i>

@ Copyright by Komisja Mot. i Energ. Rol. PAN Oddz. w Lublinie,  
Lublin 2010

ISSN 1730-8658

Opracowanie redakcyjne: Robert Kryński  
Weryfikacja tekstów w języku angielskim: Małgorzata Wojcieszuk  
Skład i łamanie: Robert Kryński, Hanna Krasowska-Kołodziej  
Projekt okładki: Eugeniusz Krasowski  
Fotografia na okładce: Janusz Laskowski  
Opracowanie plastyczne okładki: Barbara Jarosik  
Adres redakcji: Komisja Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddział w Lublinie  
ul. Wielkopolska 62, 20-725 Lublin  
tel./fax. (+48) 81 526 93 27  
e-mail: eugeniusz.krasowski@ar.lublin.pl

### **Wydawca**

KOMISJA MOTORYZACJI I ENERGETYKI ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE  
NARODOWA AKADEMIA BUDOWNICTWA OBIEKTÓW SANATORYJNYCH  
I OCHRONY PRZYRODY W SYMFEROPOLU NA KRYMIE  
WSCHODNIUKRAIŃSKI NARODOWY UNIWERSYTET W ŁUGAŃSKU IM. WOŁODYMYRA DALA  
WYŻSZA SZKOŁA INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNA W RZESZOWIE  
POLITECHNIKA LUBELSKA

Nakład 180 + 16 egz. Ark. druku 16  
Druk: Elpil, ul. Artyleryjska 11, 08-110 Lublin

## JUBILEUSZ DZIESIĘCIOLECIA „TEKI” KOMISJI MOTORYZACJI I ENERGETYKI ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE

Jubileuszowe wydanie 10. tomu „TEKI” V Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa wiąże się ściśle z jej powołaniem, w 1999 roku, przez profesora dra hab. inż. Eugeniusza Krasowskiego. Pierwsze zebranie członków Komisji odbyło się 21 grudnia 1999 roku. Jej przewodniczącym wybrano inicjatora prof. dra hab. inż. Eugeniusza Krasowskiego. Naukowo i organizacyjnie przewodniczył jej do chwili obecnej, pełniąc jednocześnie funkcję Redaktora Naczelnego Wydawnictw Naukowych („TEKA” i „MOTROL”).

W roku 2000 i kolejnych latach prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krasowski zaprosił do współpracy w Komisji najwybitniejszych specjalistów z wielu ośrodków naukowych krajowych, takich jak: Politechnika Krakowska, Politechnika Poznańska, Politechnika Lubelska, Politechnika Częstochowska, Politechnika Szczecińska, Politechnika Warszawska, Politechnika Białostocka, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Wrocławska, Politechnika Koszalińska, Politechnika Świętokrzyska, Politechnika Radomska, ATR w Bydgoszczy, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Akademia Rolnicza w Lublinie, IBMER w Warszawie, PIMR w Poznaniu, Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna w Ropczycach. Z zagranicznych ośrodków nawiązano współpracę z Narodowym Uniwersytem Rolniczym w Kijowie, Narodową Akademią Nauk Agrarnych Ukrainy, Inżynieryjną Akademią Nauk Ukrainy, Państwowym Uniwersytem Rolniczym w Odessie, Państwowym Uniwersytem Rolniczym w Mykołajewie, Politechniką w Łucku, Lwowskim Narodowym Uniwersytem Rolniczym w Dublinach, Narodową Akademią Ochrony Przyrody i Budownictwa Obiektów Sanatoryjnych w Symferopolu, Wschodnioukraińskim Narodowym Uniwersytem w Ługańsku im. Wołodomyra Dala.

Do współpracy zaproszono również naukowców z dziedziny techniki rolniczej z Litwy, Białorusi, Grecji, Rosji, Rumunii, Belgii, Holandii, Łotwy i Słowacji.

W okresie 1999-2010 w działalności Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, dzięki istniejącej współpracy, nastąpiło pogłębienie integracji wyżej wymienionych ośrodków naukowych. Znalazło to wyraz w różnego rodzaju działalności naukowej i stanowiło solidną podstawę do rozwinięcia działalności Wydawnictw PAN Oddział w Lublinie w postaci poszczególnych roczników „TEKI” (10 roczników) i „MOTROLU” (12 roczników).

Z uwagi na wysoki poziom naukowy „TEKI” i „MOTROLU” redaktor tych wydawnictw został poproszony o współpracę wydawniczą przez następujące uczelnie: Wschodnioukraiński Uniwersytet w Ługańsku, z którym wspólnie wydawana jest „TEKA”, Państwowy Uniwersytet Rolniczy w Mykołajewie, Narodową Akademię Ochrony Przyrody i Budownictwa Obiektów Sanatoryjnych w Symferopolu i Narodowy Uniwersytet Rolniczy Ukrainy w Kijowie, które są współwydawcami czasopisma „MOTROL”.

W oficjalnym wydaniu Biuletynu Informacyjnego PAN Oddział w Lublinie kierowanym przez Prezesa prof. dra hab. Jana Glińskiego, spośród wszystkich komisji problemowych PAN Oddziału w Lublinie, największa rola przypadła – Jego zdaniem – Komisji MiER. Szczególnie w zakresie częstych kontaktów naukowych, organizacji wielu ważnych i korzystnych konferencji w Polsce i na Ukrainie oraz poziomie jej wydawnictw.

Wydawnictwo KM i ER PAN Oddział w Lublinie „TEKA” jest wysoko punktowane na liście czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Z uwagi na międzynarodowy charakter i wysoki poziom prac naukowych obecnie „TEKA” posiada 9 punktów, a „MOTROL” – 6 punktów.

O tym, że czasopismo „TEKA” jest cennym osiągnięciem naukowym, świadczą listy gratulacyjne z kraju i zagranicy, które są publikowane w kolejnych jej tomach. I tak w pierwszym roku edytorskim (2001) prof. dr hab. Zbigniew Lorkiewicz, Prezes Oddziału PAN w Lublinie złożył Komisji MiER gratulacje za podjęcie się przez jej Przewodniczącego i Członków trudu wydawania tak cennego czasopisma z techniki rolniczej. W 2004 roku prof. dr hab. Jan Gliński, jako Prezes Oddziału PAN w Lublinie, pogratulował wysokiego poziomu edytorskiego. W 2009 i 2010 roku listy gratulacyjne z wyrazami podziękowania i dalszej, owocnej współpracy naukowej oraz wydawniczej dla Redaktora Naczelnego i członków Komisji przesłał Rektor Wschodnioukraińskiego Uniwersytetu w Ługańsku – prof. dr hab. Aleksander Gołubenko.

W czasopiśmie tym upamiętniano również ważniejsze wydarzenia związane z działalnością naukową Komisji MiER. Za wybitne osiągnięcia naukowe i wydawnicze oraz owocną współpracę naukową, Jej Przewodniczący – prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krasowski – został w 2005 roku członkiem rzeczywistym Inżynierskiej Akademii Nauk Ukrainy Dyplom (No 005). Natomiast w 2007 roku dyplomy Honorowego Doktora Narodowego Uniwersytetu Rolniczego Ukrainy w Kijowie uzyskali Przewodniczący KMiER PAN prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krasowski oraz Rektor Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie prof. dr hab. Zdzisław Targoński. Za wybitne osiągnięcia naukowe i owocną współpracę wydawnictw w 2009 roku Prezes PAN Oddziału w Lublinie prof. dr hab. Jan Gliński oraz Przewodniczący KMiER PAN prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krasowski otrzymali z rąk Rektora Akademii Narodowej Ochrony Przyrody i Budownictwa Obiektów Sanatoryjnych w Symferopolu prof. dra hab. Sergieja Fedorkina dyplomy profesora honorowego tej Akademii.

Jubileusz 10-lecia Wyd. „TEKA” PAN Oddział w Lublinie skłania również do pewnej, z konieczności uogólnionej, charakterystyki merytorycznej prezentowanych treści referatów naukowych i doniesień, jakie reprezentowały sobą poszczególne tomy Wydawnictwa. Z uwagi na znaczny zakres tematyczny energetyki i techniki rolniczej będzie to ograniczone do analizy pewnych grup zagadnień realizowanych w ośrodkach krajowych i zagranicznych oraz będących wynikiem wzajemnej współpracy międzynarodowej.

#### TOM I – 2001 r.

Podstawowa tematyka badawcza dotyczyła eksploatacji silników spalinowych i maszyn roboczych w zakresie badań dynamicznych i automatycznej regulacji zespołów w warunkach ustalonych i nieustalonych. Przedstawiono również perspektywy wykorzystania biopaliw w XXI w.

Inna grupa zagadnień dotyczyła rozwiązań konstrukcyjnych i eksploatacji maszyn rolniczych, w szczególności do zbioru buraków, kinematyki i dynamiki ciągników w zmiennych warunkach agrotechnicznych, badań energochłonności procesów roboczych maszyn rolniczych.

Trzecią grupę zagadnień stanowiły doniesienia naukowe z dziedziny energochłonności maszyn przemysłu spożywczego i zachodzących procesów technologicznych ekstruzji i homogenizacji produktów.

Wg liczby autorów poszczególnych publikacji w I tomie zaprezentowało się łącznie 34 autorów zagranicznych (9 artykułów), 37 autorów polskich (18 artykułów) oraz 7 wspólnych publikacji autorskich.

#### TOM II – 2002 r.

Z przeglądu treści zamieszczonych rozpraw wynika, że najwięcej reprezentowana była tematyka badawcza z zakresu silników spalinowych. Dotyczy to 14 pozycji z wykorzystania biopaliw

i emisji produktów spalania, dynamiki drgań układów i procesów roboczych, diagnostyki stanu technicznego zespołów i diagnostyki procesów wtrysku paliwa.

W drugiej grupie zagadnień konstrukcyjno-eksploatacyjnych dotyczących maszyn rolniczych opublikowano materiał badawczy urządzeń hydrauliczno-pneumatycznych i szereg zagadnień teoretycznych z tym związanych.

Kolejną grupę stanowiły doniesienia z zakresu statyki i dynamiki materiałów biologicznych w technologii i wydatkowaniu energii procesów technologicznych. Dotyczyło to zużycia energii podczas homogenizacji i ekstruzji.

Kolejnym tematem była problematyka wykorzystania energii słońca, wiatru i spadku wód w inżynierii rolniczej.

Wg liczby autorów poszczególnych publikacji w II tomie „TEKI” zaprezentowało się 22 autorów zagranicznych (11 publikacji), polskich 37 (17 publikacji) oraz 9 wspólnych (międzynarodowych).

### TOM III – 2003 r.

Z przeglądu treści zawartych w tomie artykułów naukowych wynika, że zdominowały ją zagadnienia dotyczące badań maszyn i urządzeń rolniczych. Dotyczyły one teoretycznych i eksperymentalnych badań kombajnów do zbioru ziemniaków w zakresie modelowania i optymalizacji ich pracy. Przedstawiono wyniki badań reologicznych materiałów roślinnych, wykorzystanie dynamiki drgań w uprawie gleby oraz sterowania hydraulicznego w teorii i praktyce eksploatacyjnej maszyn.

Liczną grupę doniesień stanowią niezmiennie zagadnienia związane z konstrukcją i eksploatacją silników spalinowych. W tym przypadku były to wyniki badań optymalizacji ich pracy w rolnictwie, dezaktywacji toksycznych składników spalin, oddziaływania środowiskowe (zapylenie) na emisję drgań czy wykorzystanie biogazu i gazu ziemnego jako paliwa alternatywnego. Przedstawiono optymalizację procesu spalania w nowych rozwiązaniach konstrukcyjnych oraz diagnostykę układu wtryskowego.

Powyższą tematykę badawczą uzupełniły doniesienia dotyczące badań układu pojazd–teren, nowe rozwiązania przeniesienia napędu w ciągniku i ich ogólne tendencje rozwojowe w XXI wieku.

W zakresie nowych technologii przemysłu rolno-spożywczego związanych z wydatkowaniem energii kontynuowano badania nad zastosowaniem estruderów i przedstawiono problematykę energetyczną materiału biologicznego w silosach.

W efekcie w tomie III zaprezentowało się 39 autorów zagranicznych (13 artykułów), 36 polskich (16) i były 4 prace naukowe wspólne.

### TOM IV – 2004 r.

Z przeglądu treści artykułów naukowych wynika, że znaczną liczbę stanowiły zagadnienia związane z teorią i konstrukcją oraz optymalizacją pracy kombajnów ziemniaczanych, buraczanych czy zbioru zbóż i strat ziarna, separacji i zanieczyszczeń itp. Przeprowadzono analizę zapotrzebowania energii w zakresie zbioru i uzyskiwania ziarna kukurydzy oraz ponoszonych kosztów eksploatacji maszyn rolniczych.

Zagadnienia dotyczące problemów energetycznych ciągników rolniczych i silników spalinowych stanowiły kolejną liczną grupę doniesień naukowych. Przedstawiono problematykę dezaktywacji składników spalin współczesnymi, nowymi katalizatorami, zastosowanie silnika gazowego (biogazu) w pojeździe oraz problematykę diagnozowania stanu. Dotyczyła ona wyko-

rzystania dynamiki silnika, wykorzystania testów diagnostycznych i mechatroniki. Kontynuowano badania nad optymalizacją, wtrysku i spalania paliwa (RMS).

W problematyce wykorzystania energii przemysłu rolno-spożywczego wyniki badań dotyczyły technologii rozdrabniania i granulowania materiałów biologicznych oraz wpływu na nie promieniowania podczerwonego.

Z energetyki transportu przedstawiono wyniki badań sterowania komputerowego ciągnika i samochodu. Z zagadnień ogólnorolniczych – cykle eksploatacyjne wykorzystania pestycydów.

W sumie w tomie IV zaprezentowało się 36 zagranicznych autorów (8 prac), 50 polskich (19 prac) oraz 6 prac wspólnych.

#### TOM V – 2005 r.

W zagadnieniach doniesień naukowych tomu V dominowała problematyka badań silników spalinowych i pojazdów. Opublikowano doniesienia naukowe związane z systemem antropotechnicznym pojazdu (SAT) dotyczące emisji drgań do środowiska oraz wpływu zapylenia środowiska pracy ciągnika czy niskich temperatur otoczenia. Innym ważnym zagadnieniem badawczym była symulacja procesu spalania w zakresie jego optymalizacji w warunkach nieustalonych, łącznie z symulacją matematyczną procesu tłoczenia paliwa. W badaniach eksploatacyjnych pojazdów przedstawiono systemy ich satelitarnego monitorowania, optymalizacji sił hamowania, hydrauliczne systemy diagnostyczne, badania ergonomiczne i tendencje rozwojowe.

Z teorii i konstrukcji maszyn rolniczych przedstawiono wyniki wibracyjnego oczyszczania buraków z ziemi.

Z tematyki energochłonności przemysłu rolno-spożywczego i jego procesów technologicznych kontynuowano rozważania nad rozdrabnianiem, przechowywaniem i suszeniem materiałów biologicznych. Przedstawiono wyniki badań nad biodegradalnością polimerów skrobiowych.

Łącznie w tomie V zaprezentowało się 7 autorów zagranicznych, 47 polskich z 26 referatami oraz było 4 referaty wspólne.

#### TOM VI – 2006 r.

W tematyce tomu VI dominowały zagadnienia naukowe dotyczące eksploatacji silników spalinowych. W szczególności dotyczyło to badań nowych katalizatorów spalin, efektów spalania biokomponentów paliw, wykorzystania energetycznego biomasy czy oleju rzepakowego. Kontynuowano badania pomp wtryskowych w aspekcie tribologicznym, kontroli elektronicznej pracy silnika i podano wyniki charakterystyk pracy silników okrętowych.

W zagadnieniach inżynierii rolniczej dominowały doniesienia z zakresu siły sadzenia roślin w polu niejednorodnym, siewu precyzyjnego czy suszenia materiału roślinnego w zwojach. Przedstawiono wyniki badań układu narzędzie–gleba oraz energochłonność i ekonomię produkcji rolniczej.

Z zakresu energochłonności technologii przemysłu rolno-spożywczego kontynuowano badania nad granulowaniem pasz, przechowywaniem ziarna w silosach i folią termoplastyczną. Przedstawiono energochłonność wyluskiwania ziaren z kolb kukurydzy.

W sumie w tomie VI zaprezentowało się 11 autorów zagranicznych, 36 polskich z 18 referatami oraz 7 referatów było wspólnych.



## TOM VII – 2007 r.

W zakresie badań konstrukcji i energochłonności maszyn rolniczych przedstawiono szereg doniesień naukowych dotyczących zastosowania elementów plastycznych w urządzeniach hydraulicznych, teoretyczne podstawy działania mechanizmu kopiującego podłoże, teoretyczne zagadnienia tarcia molekularnego i skrawania pługa. Z ogólnych zagadnień inżynierii rolniczej przedstawiono planowanie eksperymentów procesu rolniczego, wpływ plonów na strukturę chemiczną biopaliwa.

W zagadnieniach energochłonności procesów technologicznych kontynuowano prace z przechowywania ziarna w silosach i ich opróżnianiem, przedstawiono matematyczny model mielenia ziarna i energochłonność wyłuskiwania ziarna z kolby kukurydzy.

Z badań o innej tematyce odnotować należy badania procesu natleniania stawów oraz korzyści ze stosowania inteligentnego transportu miejskiego.

W sumie w tomie VII zaprezentowało się 26 autorów zagranicznych (5 referatów), 59 autorów polskich (27 referatów) a 8 referatów było wspólnych.

## TOM VII A – 2007 r.

W cyklu wydawniczym uzupełnieniem treści tomu VII był tom VII A. Jako odrębną jednostkę uwzględniono również prezentowaną tematykę badawczą. Zawarto w niej zagadnienia dotyczące konstrukcji i eksploatacji silników spalinowych i przedmuchu spalin, badań symulacyjnych wpływu zmian gabarytów tłoków na poziom drgań silnika w warunkach granicznego zużycia, dynamiczne problemy doładowania, gaz ziemny jako paliwo – wpływ na rozruch silnika.

W zakresie badań eksploatacyjnych pojazdów przedstawiono wykorzystanie zapisu tachograficznego do oceny ich energochłonności, algorytmy optymalizacji stanu technicznego, sterowanie pneumatyczne ciągnika w pracach polowych.

W zakresie energochłonności technologii produkcji przemysłu rolno-spożywczego przedstawiono zagadnienia: separacji nasion powietrzem, nowy sposób pomiaru ciepła właściwego, badania mechanizmu pęknięcia strączków, odkształcenia plastyczne jabłek i opory cięcia kukurydzy na cele energetyczne.

W sumie zaprezentowało się 2 autorów zagranicznych, 33 polskich (15 artykułów), 1 artykuł był wspólny.

## TOM VIII – 2008 r.

W zakresie tematyki dotyczącej nowych konstrukcji i eksploatacji silników spalinowych doniesienia naukowe dotyczyły modelowania i badań symulacyjnych turbosprężarek, zastosowanie paliwa alternatywnego (propanu - butanu, biodiesla w kraju i na Ukrainie), absorpcji CO i emisji akustycznej procesów spalania. Przedstawiono również mikroprocesorową symulację pracy silnika.

W tematyce dotyczącej eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych przedstawiono problemy związane z przemianami ustrojowymi kraju, a związanymi własnościowymi przekształceniami mienia motoryzacyjnego, zagadnienia oceny strat energii kinetycznej pojazdu oraz badania dynamiki ruchu przyczep dwuosowych w transporcie rolniczym. W zakresie konstrukcji maszyn rolniczych przedstawiono zasady modelowania oraz projektowania zespołów w oparciu o hydrodynamikę.

Z zakresu energochłonności procesów technologicznych związanych z materiałem biologicznym przedstawiono badania ultrasonograficzne roślin, wpływ ich wilgotności na zużycie energii

oraz jej zużycie w procesach granulowania ziarna i jego transportu powietrznego. Wykazano wpływ energii uderzenia na deformację jabłek, energię wyłuskiwania ziarna z kolb kukurydzy i energię ekstrakcji.

W sumie zaprezentowało się 39 autorów zagranicznych (10 artykułów), 53 polskich (23) oraz 3 wspólne doniesienia.

#### TOM VIII A – 2008 r.

W tematyce badawczej tomu VIII A z zakresu badań silników spalinowych przedstawiono problematykę doładowania silnika gazowego, zużycia paliwa przez silniki z doładowaniem, zużycia pompy wtryskowej a emisją spalin oraz badania biopaliwa FAME i FACE.

W zakresie konstrukcji i eksploatacji maszyn rolniczych i pojazdów przedstawiono teorię rotoru, wyniki symulacji wibracyjnego czyszczenia buraków i jakości ich separacji od zanieczyszczeń, wykorzystanie bezstykowego napędu maszyn i transformacji energii w cieczech roboczych, ocenę strat energii kinetycznej pojazdu w infrastrukturze komunikacyjnej na przykładzie autostrady. Podano wyniki badań i zagadnienia teoretyczne współpracy koła z szyną kolejową.

W tematyce badawczej procesów energetycznych przemysłu rolno-spożywczego przedstawiono kwarantannę termiczną jabłek w aspekcie własności mechanicznych, wydatkowaniu energii w procesie prasowania (zagęszczania) materiału biologicznego, impregnacji ziaren w nawilżaniu podciśnieniowym, wpływ terminu zbioru na energię pozyskiwania ziarna kukurydzy.

W sumie przedstawiono prace 15 autorów zagranicznych (6 artykuły), 29 autorów krajowych (23 artykuły) oraz 3 wspólne opracowania.

#### TOM IX – 2009 r.

W tematyce badawczej tomu IX z zakresu eksploatacji silników spalinowych przedstawiono wpływ temperatury na wielkość przedmuchu spalin i ich emisję. Podano zmiany zachodzące w oleju silnikowym pod wpływem biopaliwa, ocenę filtrów powietrza oraz wykorzystanie nowych technologii do produkcji biodiesla (mikrofiltracji, instalacji hydrodynamicznej, wpływu biokomponentów). Poddano ocenie wpływ zużycia zespołu wtryskowego oraz rozkład ciśnienia jego filmu olejowego.

Z tematyki badawczej dotyczącej konstrukcji i eksploatacji pojazdów przedmiotem badań były straty energii kinetycznej pojazdu w ocenie statystyczno-matematycznej, problemy ergonomiczne siedliska operatora, dynamika ruchu ciągnika jako agregatu z usprawnionym napędem maszyny, działania hamulców (okładzin) trących w teorii i praktyce eksploatacyjnej, ocena zużycia paliwa w gospodarstwach rolnych RP.

Z zakresu eksploatacji konstrukcji maszyn rolniczych rozpatrywano zastosowanie bezkontaktowego napędu maszyn, zjawisko kawitacji w ich systemie hydropneumatycznym, optymalizację maszyn cieplnych w zakresie wymienników ciepła oraz współczesne metody wykonywania odlewów dla przemysłu motoryzacyjnego o zmniejszonej energii wytwarzania.

W tematyce energochłonności technologii przemysłu rolno-spożywczego kontynuowano problematykę badawczą nad dojrzałością jabłek i odporności na uderzenia, granulowanie mieszanek paszowych, płatkowania ziarniaków i suszenie czosnku. Podano dalsze wyniki badań nad folią skrobiową oraz zużycie energii w przemyśle drobiarskim.

W badaniach procesów energetycznych o charakterze ogólnorolniczym dominowały zagadnienia: wykorzystanie topinamburu jako biomasy, energia uszkodzeń w kombajnowym zbiorze

marchwi, energetyczne zapotrzebowanie karmy dla ryb, opłacalność uprawy roślin energetycznych na biomasę, preparowanie nasion rzepaku przed tłoczeniem, optymalizacja zużycia paliwa przy zbiorze pszenicy i jej omłocie, ryzyko zabiegów ochrony roślin, problemy zużycia energii elektrycznej na wsi.

W sumie przedstawiono prace 44 autorów zagranicznych (7 prac), 84 autorów polskich (41 prac) i 8 prac wspólnych.

### TOM X, XA, XB I XC – 2010 r.

Jubileuszowy X tom „TEKI” został wydany w ścisłej współpracy z Wschodnioukraińskim Narodowym Uniwersytetem w Ługańsku. Przy czym tom ten, oprócz prac autorów krajowych, zawiera prace badawcze autorów zagranicznych współpracujących z KMiER PAN Oddział w Lublinie. Natomiast tom XA, XB i XC stanowi zbiór prac Uniwersytetu w Ługańsku i współpracujących z nimi innych ośrodków naukowych. Nawiązując do powyższych informacji zachęcam Szanownych Czytelników do zapoznania się z zawartą w nich problematyką badawczą.

W związku z Jubileuszem 10-lecia wydawania czasopisma „TEKA” V Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddział w Lublinie, jako jej sekretarz naukowy chciałbym bardzo serdecznie podziękować tak wymiernego sukcesu naukowo-wydawniczego Panu prof. drowi hab. inż. drowi h.c. multi Eugeniuszowi Krasowskiemu, jako Redaktorowi Naczelnemu Wydawnictwa PAN (TEKA, MOTROL), ich twórcy i niestrudzonemu w koncepcyjnym działaniu propagatorowi.

Gorące podziękowanie za owocną współpracę należy się również Panu prof. drowi hab. czł. rzecz. PAN drowi h.c. Janowi Glińskiemu, Prezesowi PAN Oddział w Lublinie za konsekwentne wspieranie działalności Komisji i jej wysokiej ocenie na tle innych Komisji PAN Oddziału w Lublinie.

Jubileusz nie mógłby zaistnieć bez udziału Autorów prac z kraju i zagranicy. Oni to konsekwentnie z tomu na tom przedstawiali wyniki swoich badań bez gratyfikacji finansowych. Mieli świadomość, że we współczesnym zglobalizowanym świecie informacja, a w tym informacja naukowa stanowi największą wartość gospodarczą.

Z dużym szacunkiem i uznania odnoszę się do Pań i Panów Recenzentów, którzy bezinteresownie, jako członkowie Komisji MiER, poddawali nadesłane prace wnikliwej ocenie, nie szczędząc uwag zwiększających wagę rozpatrywanych zagadnień motoryzacyjno-energetycznych.

Jednocześnie Wydawnictwo Komisji nie mogłoby się rozwijać bez ofiarnej pracy całego Zespołu Redakcyjnego: Redaktorów Technicznych, Redaktora Lingwistycznego, a w szczególności Pani mgr Małgorzaty Wojcieszuk, korektorowi języka angielskiego, Pana mgr Roberta Kryńskiego, odpowiedzialnego za opracowanie redakcyjne i komputerowe (skład i łamanie), oraz Pani mgr inż. Hanny Krasowskiej-Kołodziej, biorącej udział od samego początku w procesie wydawniczym – pełniła ona wiele funkcji organizacyjno-redakcyjnych takich jak: prowadzenie sekretariatu redakcyjnego, skład i łamanie.

Za pewną satysfakcję niech służy fakt przyjęcia formy plastycznej okładki „TEKI” przez inne Wydawnictwa Komisji PAN Oddział w Lublinie. Okładkę tę zaprojektował prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krasowski, a formę plastyczną wykonała Pani mgr Barbara Jarosik.

Osobiście uważam, że miniony okres pracy w V Komisji MiER PAN Oddział w Lublinie dał mi dużo osobistej satysfakcji i przyczynił się znacznie do własnego rozwoju naukowego.

Zbliżająca się rocznica 45-lecia pracy naukowej na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie (dawnej Akademii Rolniczej) oraz 70-lecia urodzin skłaniają jednak do refleksji nad nieuchronną zmianą pokoleń i przekazania tej zaszczytnej funkcji sekretarza naukowego wydawnictwa „TEKA” PAN na kolejne lata działalności Wydawnictwa w ręce przedstawiciela nowego pokolenia. Mam

nadzieję, że pod niestrudzonym kierownictwem jej Redaktora Naczelnego wprowadzi „TEKĘ” na tzw. listę filadelfijską, co byłoby ukoronowaniem tej działalności.

sekretarz naukowy  
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Burski

## 10 LAT WYŻSZEJ SZKOŁY INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNEJ W RZESZOWIE

Na początku nowego roku akademickiego 2010/2011 przypada 10-lecie działalności Wyższej Szkoły Inżynieryjno-Ekonomicznej z siedzibą w Rzeszowie (do lutego 2010 z siedzibą w Ropczycach).

Nadrzędnym celem Założyciela („Student” spółka z o.o.) było utworzenie uczelni, która odpowiadałaby na potrzeby nowoczesnej gospodarki opartej na wiedzy, gdzie proces kształcenia byłby transferem wiedzy do praktyki. Mając na uwadze potrzeby firm i instytucji regionu Podkarpacia, powołano szereg kierunków i specjalności kształcenia, na których studenci zdobywali wiedzę w takich dziedzinach, jak: inżynieria rolno-spożywcza, agrobiznes, produkcja ogrodnicza, kształtowanie terenów zieleni, geodezja i kartografia, administracja, praca socjalna itp.

W okresie minionych 10 lat uczelnię opuściło ponad 1700 absolwentów, którzy w głównej mierze podjęli pracę na Podkarpaciu.

Uczelnia oprócz kształcenia prowadzi również badania naukowe. W minionym okresie dotyczyły one głównie takich dziedzin, jak: właściwości agrofizyczne płodów rolnych, energetyka w rolnictwie, nowoczesne technologie w geodezji i kartografii, produkcja ekologiczna w ogrodnictwie itp. Efektem tej działalności było opublikowanie przez naszych pracowników szeregu artykułów naukowych oraz wydanie opracowań książkowych.

W każdym roku akademickim WSI-E jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych konferencji naukowych, do których należy zaliczyć: „Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa”, „Agrobiznes w Polsce”, „Kartografia Numeryczna i Informatyka Geodezyjna” itd.

Uczelnia wraz z Komisją Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddz. w Lublinie oraz z Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie jest od wielu lat współwydawcą czasopisma naukowego „Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa”. W roku 1997 został wydany pierwszy tom „Motrolu” przez Wydawnictwo Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk Oddziału Lubelskiego. Obecnie wydawany jest 12 rocznik, a na podkreślenie zasługuje fakt, że nawiązana została współpraca wydawnicza z uniwersytetami na Ukrainie.

Dzięki zaangażowaniu się Prezesa Oddziału Lubelskiego Polskiej Akademii Nauk Pana prof. dr. hab. Glińskiego, dr. h.c., współpraca rozszerzyła się niemal na całą Ukrainę. Podpisano wiele umów o współpracy naukowej obejmujących między innymi wspólną organizację konferencji oraz wydawnictwa.

Międzynarodowa działalność wydawnicza Polski i Ukrainy pozwoliła na integrację wybitnych uczonych przedstawicieli nauk technicznych z zakresu rolnictwa i szybkie wdrażanie osiągnięć nauki.

Prace naukowe publikowane w „Motrolu” prezentują najnowsze osiągnięcia naukowe polskich i zagranicznych ośrodków naukowych. Udział w tym przedsięwzięciu wybitnych uczonych z różnych krajów jeszcze bardziej uwiarygodnia wysoki poziom naukowy publikowanych prac.

Należy mocno podkreślić wydanie wspólnych kolejnych tomów „Motrolu” przez Polską Akademię Nauk Oddziału w Lublinie i Wyższą Szkołę Inżynieryjno-Ekonomiczną w Rzeszowie

z takimi uniwersytetami na Ukrainie, jak : Narodowym Uniwersytetem Przyrodniczym w Kijowie, Państwowym Uniwersytetem Rolniczym w Mykołajewie oraz Narodową Akademią Budownictwa, Ochrony Przyrody i Obiektów Sanatoryjnych w Symferopolu na Krymie.

Wydawanie rocznika „Motrol” jest wielkim wspólnym naszym osiągnięciem w skali międzynarodowej. Szczególne wyrazy uznania należą się Panu prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Krasowskiemu, dr. h.c., redaktorowi naczelnemu „Motrolu”, który pokonując piętrzące się trudności, z godnym podziwu zapałem udoskonala nowe formy współpracy międzynarodowej, skupiając wokół swojej osoby wybitnych uczonych z dziedziny nauk technicznych z Polski i Ukrainy.

WSI-E współpracuje z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Należą do nich między innymi: Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Rzeszowski, Uniwersytet Stanu Pensylwania, Uniwersytet Hochschule Neubrandenburg, Słowacki Rolniczy Uniwersytet w Nitrze, Lwowski Uniwersytet Rolniczy w Dublinach, Politechnika Lwowska, Wschodnioukraiński Narodowy Uniwersytet im. Wołodomyra Dala w Ługańsku oraz Narodowa Akademia Budownictwa, Ochrony Przyrody i Obiektów Sanatoryjnych w Symferopolu.

Ważnym elementem działalności uczelni jest współpraca z licznymi firmami i instytucjami regionu Podkarpacia, podejmując wspólne projekty badawcze, organizację seminariów i sympozjów naukowych. Obejmuje ona również wzmocnienie praktycznych elementów nauczania oraz zaangażowania pracodawców w realizację programów kształcenia.

Monitorując od wielu lat procesy gospodarcze i społeczne w Polsce, WSI-E stworzyła dobrą ofertę, dostosowaną do współczesnych wymogów rynku pracy.

Przyszłość uczelni to głównie umacnianie już istniejących kierunków studiów, dostosowywanie oferty edukacyjnej do realiów rynku pracy oraz podnoszenie poziomu badań naukowych i kształcenia.

Prorektor WSI-E  
Prof. dr hab. inż. Stanisław Sosnowski

## РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ЗА ПРОГНОСТИЧНИМИ КАРТОГРАМИ ВРОЖАЙНОСТІ

Leonid Aniskevych, Dmytro Voityuk, Stanislav Smolinsky

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Heroiv Oborony Str. 15 Kiev, 03041, Ukraine

**Анотація.** Подано аналіз проблеми нерівномірного завантаження робочих органів збиральних машин технологічним матеріалом внаслідок зміни рівня місцевизначеної врожайності по напрямку ходу машини. Описано методику прогностичного способу регулювання режимами функціонування робочих органів збиральної машини.

**Ключові слова:** місцевизначена врожайність, прогнозовані дані, регулювання, режим роботи.

### ВСТУП

Зернозбиральні комбайни мають складну схему побудови (біля 3500 вузлів) і досить розгалужену механічну, а також гідравлічну і електричну системи привода робочих органів. Відомо [Д.Г.Войтюк та ін., 1999], що врожайність сільськогосподарської культури по площі поля варіює в широких межах. Навіть по напрямку одного проходу комбайна по полю, врожайність може змінюватись в декілька разів. На рис. 1 представлено один з проходів зернозбирального комбайна (освітлена смуга АВ) на фоні картограми поля з врожайності озимої пшениці.

З рисунку видно, що навіть на одному проході комбайна врожайність змінюється від 9 до 33 ц/га, тобто близько в три рази. Саме в таких випадках важко забезпечити рівномірне (в діапазоні раціональних режимів роботи) завантаження робочих систем комбайна. Значні зміни інтенсивності потоку зернового вороху (особливо пікові навантаження) негативно позначаються на витратах палива, якісних показниках збирання урожаю, зношенні деталей і вузлів машини та надійності зернозбирального комбайна в цілому, а також систем приводу внаслідок істотних силових збурень.

Керувати процесом завантаження робочих органів комбайна можливо шляхом застосування систем автоматичного регулювання інтенсивності подачі вороху. Ще в 60-х роках минулого сторіччя була запропонована система автоматичного регулювання завантаження молотарки зернозбирального комбайна хлібною масою [Е.С. Босой та ін., 1977] з метою підвищення якості отриманого врожаю і уникнення пікових завантажень робочих органів, що можуть призвести до забивання пристроїв і зупинки їх роботи. Така система складалась

із датчика товщини шару хлібної маси полозкового типу, який встановлювався в похилій камері, а також ряду додаткових елементів. Якщо товщина хлібної маси в похилій камері змінювалась, це призводило до переміщення чутливого елемента датчика, сигнал з якого оброблявся і кінцево шляхом дії на гідроциліндр керування варіатором швидкості руху комбайна змінювалась швидкість комбайнування і, одночасно з цим, інтенсивність подачі хлібної маси до комбайна.

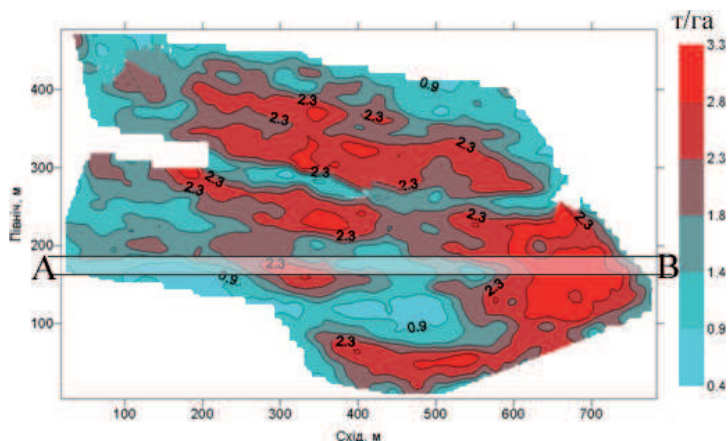


Рис. 1. Прохід (світла смуга АВ) комбайна, що накладений на картограму врожайності (т/га) поля  
Fig. 1. Passageways of harvesters (light bar AB) on field-yield map (t/ha)

Пізніше були запропоновані різноманітні інші системи автоматичного завантаження робочих органів збиральних машин [Патент України №21965; Патент РФ №2078170; А.с. СССР №1720545; Шеповалов В.Д., 1978]. Наприклад, відомий спосіб регулювання режимами функціонування робочих органів і швидкості руху зернозбирального комбайна [P.Feiffer та ін., 1991], який полягає у застосуванні ультразвуку для визначення рівня врожайності зернової культури. Отримана від датчика інформація обробляється в бортовому комп'ютері в результаті чого видаються команди на зміну швидкості руху зернозбирального комбайна і відповідних регулювань робочих органів.

Основним недоліком існуючих способів регулювання режимами функціонування робочих органів та швидкості руху збиральної машини є те, що визначення рівня подачі хлібної маси на робочі органи комбайна визначається в такому часовому проміжку, величина якого недостатня для відповідного налаштування кінематичного режиму роботи комбайна (наприклад, по швидкості руху). Великий час реакції системи регулювання і виконавчих механізмів на зміну інтенсивності завантаження комбайна обумовлений тим, що збиральна машина складається з технологічних вузлів (двигун, молотарка, система очистки тощо) з великими масо-габаритними характеристиками і моментами інерції. Тому, для переходу машини на інший режим роботи необхідний час близько 4-6 і більше секунд. Не врахування цього факту призводить до нерівномірної подачі вороху сільськогосподарської культури на молотильні, очисні та інші робочі органи комбайна, а отже, і нестабільної роботи збиральної машини. В деяких випадках згадані системи автоматичного регулювання не покращують, а навіть погіршують рівномірність завантаження силових агрегатів комбайна і саме тому такі системи управління не знайшли широкого застосування. Необхідно мати такі програмно-апаратні комплекси автоматичного завантаження робочих органів комбайна, які б дозволяли завчасно (за 4-6 і більше секунд) передавати на регулювальні системи комбайна необхідні значення параметрів і режимів функціонування, забезпечуючи при цьому чітке відпрацювання перехідних процесів в механізмах комбайна.



## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОСТИЧНОГО СПОСОБУ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Одним з шляхів вирішення задачі відпрацювання необхідних перехідних процесів при роботі збиральної машини є застосування прогностичного способу регулювання режимами роботи комбайна на базі використання картограм прогнозованої врожайності поля в якості картограм-завдання на виконання процесу збирання сільськогосподарської культури на даному полі. Прогностичні картограми можливо отримати шляхом моніторингу стану поля під час формування врожайності зернових на стадії молочної стиглості. Наприклад, на експериментальному полі навчально-дослідного господарства “Великоснітинський” НУБіП України проводились дослідження з реєстрації місцевизначеної врожайності пшениці на стадіях молочної, а пізніше – повної стиглості на полі площею 8 га. Застосована методика дослідів дозволила розрахувати місцевизначену врожайність в залежності від координат відбору груп колосків пшениці на аналіз. Графіки зміни врожайності на стадії молочної та повної стиглості, а також кореляційна залежність між цими процесами представлені на рисунках 2 і 3.

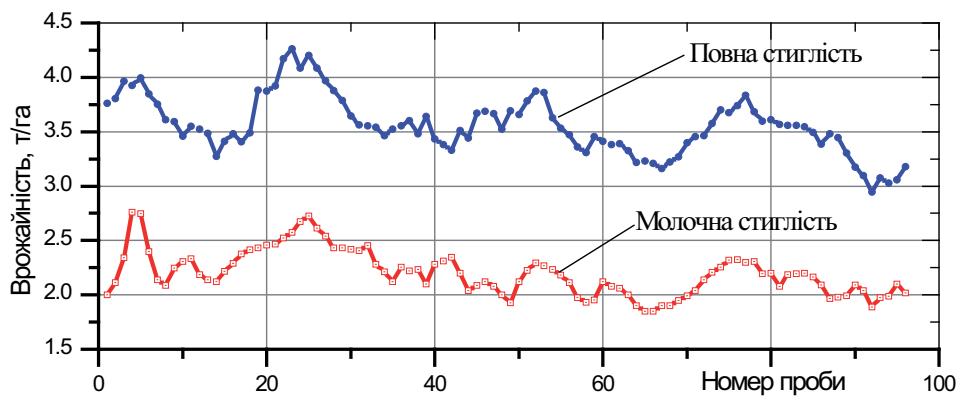


Рис. 2. Врожайність пшениці на стадії молочної та повної стиглості  
Fig. 2. Yield of wheat by milk and complete ripeness

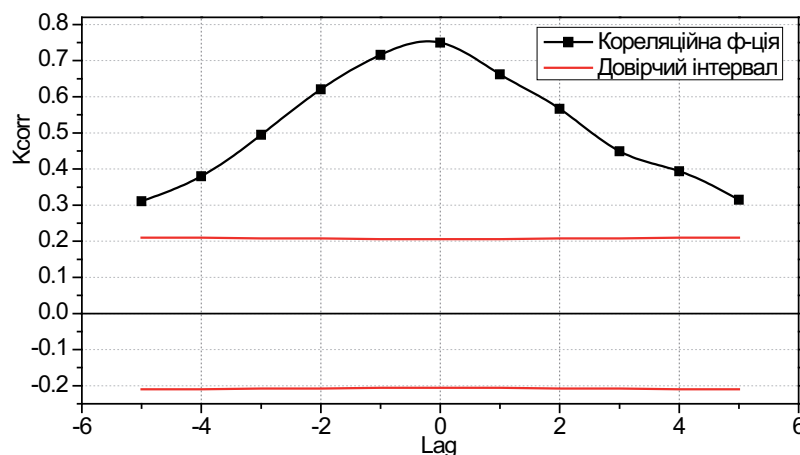


Рис. 3. Кореляційна функція процесів зміни врожайності на стадії молочної та повної стиглості  
Fig. 3. Correlation function of yield-variation of wheat by milk and complete ripeness

З рис. 3 видно, що при нульовому зсуві має місце високий рівень зв'язку (коефіцієнт кореляції складає 0.75) між місцевизначеною врожайністю на стадіях молочної та повної

стиглості. Це означає, що картограма врожайності пшениці на стадії молочної стадії стиглості може служити в якості прогностичної картограми-завдання на збирання сільськогосподарської культури.

Реалізацію запропонованого прогностичного способу регулювання режимами функціонування робочих органів збиральної машини можливо провести за допомогою спеціальної системи контролю і регулювання технологічними режимами роботи (рис. 4). Система включає в себе обладнання супутникової глобальної системи позиціонування (ГСП), бортовий комп'ютер, в який додатково перед збиранням завантажується електронна прогностична картограма-завдання на збирання. Такий підхід дозволяє керувати параметрами і режимами функціонування робочих органів зернозбирального комбайна шляхом вироблення бортовим комп'ютером сигналу оптимальних керуючих дій з випередженням  $\Delta T$  і передачею цих сигналів на систему регулювання технологічними режимами роботи комбайна.

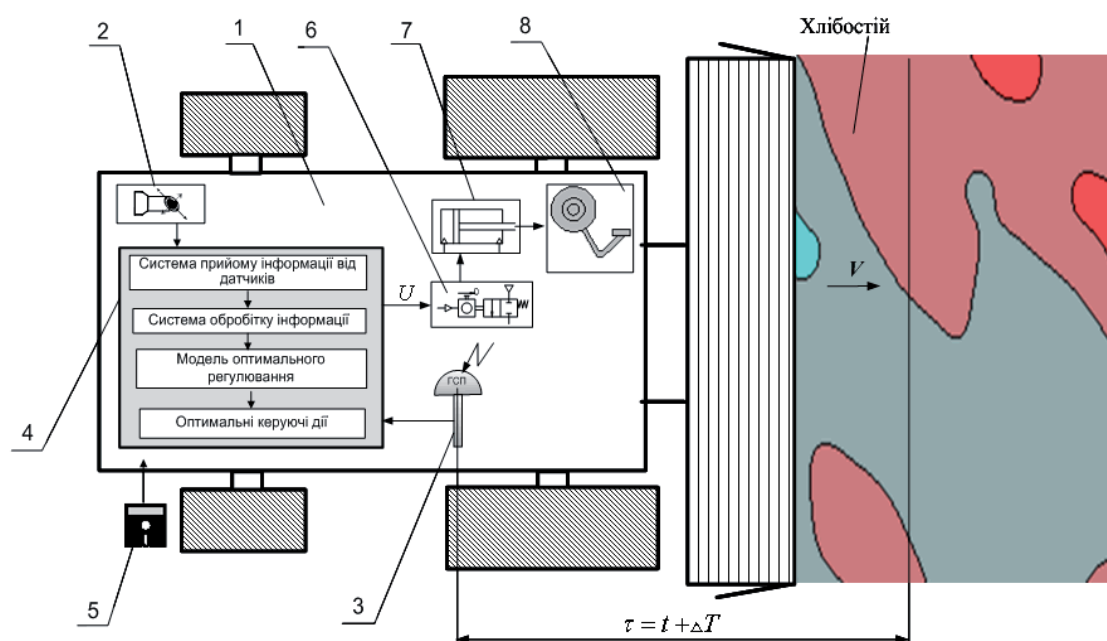


Рис. 4. Блок-схема системи прогностичного способу регулювання режимами функціонування робочих органів зернозбирального комбайна

Fig. 4. Block diagram of the prognostic method of adjustment by the modes of operation of harvester

В процесі роботи комбайна 1 за допомогою системи датчиків 2 визначаються в реальному часі параметри і режими роботи комбайна (частота обертання молотильного барабану, кінематичні параметри функціонування системи очищення, швидкість  $V$  руху машини тощо). За допомогою глобальної системи позиціонування 3 обчислюються координати, в яких знаходиться комбайн в даний момент часу, а бортовий комп'ютер 4 розраховує координати точки поля, в якій збиральна машина буде через проміжок часу, що дорівнює  $\Delta T$ . Для цих координат з електронної картограми-завдання 5 зчитуються дані про рівень і стан врожайності сільськогосподарської культури, далі проводиться (на підставі моделі оптимального регулювання) обробка комплексу навігаційної та телеметричної інформації про стан функціонування комбайну і випрацьовується сигнал оптимальної керуючої дії  $U$ , який передається на розподільник 6 (гідравлічного, пневматичного, електричного тощо типу). За допомогою виконавчого механізму 7 відбувається зміна режимів роботи об'єкту автоматичного керування 8 (наприклад, варіатора швидкості руху). Враховуючи те, що

керування режимами роботи комбайна виконується з випередженням  $\Delta T$  досягається рівномірне завантаження комбайна хлібною масою, а значить і підвищення надійності і якості виконання технологічного процесу. Головною вимогою до датчиків які контролюватимуть роботу збиральної машини і можуть бути розміщеними по всій довжині збиральної машини, їх узгодженість по часу запізнювання.

Загальний вигляд математичної моделі руху збиральної машини при реалізації прогностичного способу регулювання режимами функціонування її робочих органів можна представити у вигляді системи:

$$\left. \begin{aligned} X &= X(V, \psi, t) \\ Y &= Y(V, \psi, t) \\ Q &= Q(X, Y, \delta) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де:  $X, Y$  - координати точки збиральної машини (центра мас), що визначають її миттєве положення на поверхні поля відносно світових координат;  $V$  - швидкість руху збиральної машини (цей параметр може виступати основним параметром керування);  $\psi$  - курсовий кут, що визначає напрямок руху збиральної машини по відношенню до осей координат;  $Q$  - подача хлібної маси до молотильно-сепарувального пристрою, величину якої треба стабілізувати, наприклад, варіюванням швидкості руху комбайна.

Прогностичний спосіб збирання сільськогосподарських культур реалізується такими етапами:

1. Попереднє визначення місцевизначеної врожайності шляхом обробки інформації про динаміку росту та розвитку сільськогосподарських культур на основі моніторингу.
2. Оцінка рівня фактичної величини місцевизначеної врожайності в процесі збирання відповідної ділянки шляхом фіксації інтенсифікації подачі вороху, вологості матеріалу та координат розміщення збиральної машини (обладнанням ГСП, систем відміток тощо). Для визначення подачі вороху користуються методами енергетичних вимірювань (вимірюванням крутного моменту привода елеватора або витрати пального двигуном) та вимірювань масових (коливання маси, величина імпульсу) або об'ємних характеристик потоку (скануванням профілю матеріалу на поверхні робочого органу або визначення його геометричних параметрів вимірювальними системами маятникового типу тощо) [O.Schmittmann, 2002]. Серед методів визначення врожайності можна виділити математичне прогнозування в залежності від різних факторів росту і розвитку рослин та прогнозування дистанційним зондуванням поверхні Землі системами моніторингу стану і динаміки розвитку біоценозів. Мінімальну похибку отриманої величини забезпечуватимуть бортові системи моніторингу (картографування врожайності) наземного, повітряного та космічного базування.
3. На основі порівняння прогнозованої та фактичної величини врожайності сільськогосподарських культур визначається похибка прогнозу, поправка від якої вноситься на прогноз наступного проходу збирального агрегату.

Аналіз особливостей функціонування конкретних типів зернозбиральних комбайнів в процесі виконання сепаруючих та транспортних операцій зернового потоку показує, що в усіх сучасних бортових системах картографування місцевизначеної врожайності закладено досить грубий алгоритм перетворення інтенсивності потоку хлібного вороху, що надходить

на різальний апарат жатки, в інтенсивність потоку очищеного зерна, що надходить в бункер. Такий алгоритм характеризується лише показником часу транспортного запізнення  $T_3$ :

$$\hat{v}_Q(t - T_3)k = \hat{v}_D(t), \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT} \quad (2)$$

де:  $\hat{v}_Q(t - T_3)$  - оцінка інтенсивності потоку зернової частини хлібного вороху на жатці;  $\hat{v}_D(t)$  - оцінка інтенсивності потоку зерна, що надходить в бункер;  $k$  - коефіцієнт підсилення;  $T_3$  - транспортне запізнення.

Структурна схема типової бортової системи картографування представлена на рис. 5. Вихідним сигналом датчика маси зерна є оцінка інтенсивності  $\hat{v}_D(t)$  потоку зерна, що надходить в бункер. При реалізації алгоритму (2) отримуємо інтенсивність потоку  $\hat{v}_Q(t - T_3)$ , бортовими навігаційними комплексами фіксуються швидкість руху машини  $\hat{V}(t)$  та її координати  $\hat{X}(t)$  відповідно.



Рис. 5. Структурна схема типової бортової системи картографування врожайності

Fig. 5. Block diagram of a typical board-system for yield-mapping

Оцінка рівня місцевизначеної врожайності  $\hat{\delta}[\hat{X}(t - T_3)]$  в осередку елементарної ділянки поля з вектором координат  $\hat{X}(t - T_3)$  по ширині захвату жатки  $B$  дорівнює:

$$\hat{\delta}[\hat{X}(t - T_3)] = \frac{\hat{v}_Q(t - T_3)}{B\hat{V}(t - T_3)}, \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT} \quad (3)$$

де:  $\hat{V}(t - T_3)$  - оцінка швидкості руху комбайна на момент часу  $t - T_3$ .

Для більш точного визначення динаміки потоків зерна в комбайні (у підсумку - значень місцевизначеної врожайності) пропонується використовувати інтегральну модель Дюамеля [Корн Г., Корн Т., 1968]:

$$v_D(t) = \int_{t_0}^t \mu(t - \tau)v_Q(\tau)d\tau, \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT} \quad (4)$$

де:  $\mu(t - \tau)$  - імпульсна перехідна функція збиральної машини;

$t_0$  - момент початку збирання врожаю.

Для отримання експериментальної оцінки імпульсної перехідної функції (ІПФ) збиральної машини були використані вищенаведені дані лабораторно-польових досліджень. Для цього оброблялися показання датчика інтенсивності потоку зерна в бункер на інтервалі часу  $[t, t^*](t^* > T_3 + \tau)$ .

Після визначення експериментальної оцінки ІПФ, остання використовується для розв'язку інтегрального рівняння (4) згорток двох функцій. Вирішується зворотна задача – відновлення інтенсивності потоку зернової частини хлібного вороху на жатці по відомим значенням показань датчика маси зерна та ІПФ. Завдяки цьому знаходиться оцінка (1) врожайності фітоценозу  $Q_U(\tau)$ , яка необхідна для формування сигналу керування  $U(t)$  на управління режимами роботи комбайна. Тим самим досягається реалізація ефективного функціонування системи (рис. 5) прогностично-компенсаційного способу регулювання режимами функціонування робочих органів збиральної машини.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику уточненої оцінки місцевизначеної врожайності для побудови відповідних картограм, що базується на використанні інтегральної моделі Дюамеля опису динаміки потоків зерна в комбайні.
2. Запропоновано прогностичний спосіб регулювання режимів функціонування робочих органів збиральної машини.
3. Визначені і описані шляхи зменшення похибки прогностичної картограми-завдання, а також розроблено спосіб формування компенсаційного сигналу управління режимами роботи збиральної машини.

## ЛІТЕРАТУРА

- Патент України №21965 Зернозбиральний комбайн / В.І.Кравчук, В.М.Саєнко – опубл. 10.04.2007.
- Патент РФ №2078170 Спосіб управління роботою уборочної машини / Р.В.Брик, Г.И.Асмолов - опубл. 27.04.1997.
- Патент ФРН №288085 DE A 01 D41/12 Verfahren zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsorgane im Maehdrescher nach der Zuflusssicht der Gutmasse / P.Feiffer, A.Feiffer, K.Algenstaedt, A.Spendler, J.Voigt. - заявка №3330678; опубл. 21.03.1991
- А.с. СССР №1720545 Спосіб автоматического управления технологическим процессом зерноуборочного комбайна / Ю.А.Песков и др. - опубл. 23.03.92, Бюл. № 11.
- Аніскевич Л.В., Адамчук В.І.: Технології точного землеробства Науковий вісник національного аграрного університету. – Вип. 101. – 2006. – С. 8-27
- Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р.: Аспекти системи точного землеробства. Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць, вип. 3 (6) – Одеса, 1999, с. 497-501.
- Корн Г., Корн Т.: Справочник по математике для научных работников. М. – Наука, 1968, 720 с.
- Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин/ Под. ред. Е.С.Босого. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
- Шеповалов В.Д.: Автоматизация уборочных процессов. – М.: Колос, 1978. - 383 с.
- Fieldstar. Інформаційний лист фірми Massey Ferguson. 1997. – 4 с.
- Ruhland, S., K. Wild, G. Bernhardt.: Einflussgrößen bei der Ertragsermittlung im Mähwerk. Landtechnik, Landtechnik 61, (2006), H.3, S. 138 – 139.
- Schmittmann O.: Teilflächenspezifische Ertragsmessung von Zuckerrüben in Echtzeit unter besonderer Berücksichtigung der Einzelrübenmasse /O.Schmittmann. – Dissertation. – Bonn, 2002. – 250 s.

## CONTROL OF HARVESTER OPERATION MODES BY THE PROGNOSTIC YIELD MAP

**Summary.** In the paper an analysis is provided of the problem of uneven load of working parts of harvesters with technological material because of changing of site-specific yield in the direction of harvester motion. The prognostic method of adjustment by the modes of harvester operation is discussed.

**Key words:** site-specific yield, predicted dates, adjustment, regime.

## TENDENCJE ZMIAN W SYSTEMACH BEZPIECZEŃSTWA BIERNEGO W OCHRONIE PIESZYCH NA PODSTAWIE AKTYWNYCH POKRYW SILNIKA

Artur Borek

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych  
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, tel. 0-91 449 48 11, e-mail: artur.borek@o2.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono tendencje związane z wprowadzeniem do pojazdów samochodowych rozwiązań technicznych zapewniających bezpieczeństwo bierne pieszych. Omówiono jedynie rozwiązania zapewniające amortyzację i oddzielenie górnej części ciała pieszego (głowa, barki) od elementów umieszczonych blisko wewnętrznej powierzchni pokrywy silnika.

**Słowa kluczowe:** piesi, bezpieczeństwo bierne, aktywne pokrywy silnika.

### WPROWADZENIE

Piesi są jedną z najbardziej poszkodowanych grup osób uczestniczących w wypadkach drogowych. Wśród nich występuje najwięcej ofiar śmiertelnych i rannych. Producenci samochodów przez wprowadzanie coraz to nowszych rozwiązań i konstrukcji przyczynili się do znacznego zmniejszenia liczby zabitych i rannych wśród pasażerów pojazdów. Jednak działania z zakresu ochrony pieszych wydają się być nie wystarczające. Obecnie koncerny samochodowe zaczynają wyposażać swoje produkty w aktywne pokrywy silnika. Przednia część pojazdu zostaje wyposażona w system unoszenia tylnej części pokrywy silnika w momencie kontaktu pojazdu z pieszym. System ogranicza urazy niezmotoryzowanego uczestnika ruchu w obrębie głowy i okolic barków.

Zastosowanie takiego systemu ma znacznie ograniczyć śmiertelność oraz rozmiar i zakres obrażeń ciała. Zwiększenie bezpieczeństwa bierne pieszych w wypadkach drogowych z udziałem samochodu osobowego stało się w ostatnim czasie priorytetem wśród producentów pojazdów. Powyższa tendencja została po części narzucona odgórnie poprzez wprowadzenie testów zderzeniowych kładących coraz większy nacisk na bezpieczeństwo bierne pieszych użytkowników drogi.

W 1997 powstał Europejski Program Oceny Poziomu Bezpieczeństwa Nowych Samochodów (Euro NCAP), którego celem było zapewnienie konsumentom możliwości oceny wyników w zakresie bezpieczeństwa w większości najpopularniejszych marek produkowanych w Europie. Po ponad dziesięciu latach działalności na rynku pojazdów nastąpiło wiele zmian związanych z szybkim postępowaniem w dziedzinie bezpieczeństwa motoryzacyjnego i oczekiwaniami potencjalnych klientów. Powyższe uwarunkowania zmusiły Euro NCAP do zmiany zasad ocen bezpieczeństwa pojazdów.

Postanowiono, że zmiany te będą przebiegać w trzech fazach. Pierwsza faza nastąpiła w 2009 roku. Polegała ona na wprowadzeniu nowej dodatkowej kategorii oceniającej elektroniczne systemy wspomagające bezpieczeństwo bierne i czynne. W dalszych fazach następuje wzrost wymogów w każdej grupie, przy czym największy wzrost przewidywany jest w kategorii oceniającej ochronę pieszych wg testu EEVC WG17 charakteryzującego sposób przeprowadzania badania. W tabeli 1 przedstawiono wartość procentową maksymalnej oceny, jaką musi osiągnąć samochodów danej kategorii, aby otrzymać odpowiednią ilość gwiazdek.

Tab. 1. Wartość punktów stosowanych do pięciostopniowej punktacji (5 gwiazdek) [Van Ratingern 2008]  
 Tab. 1. The value of points used for scoring the five (5 stars) [Van Ratingern 2008]

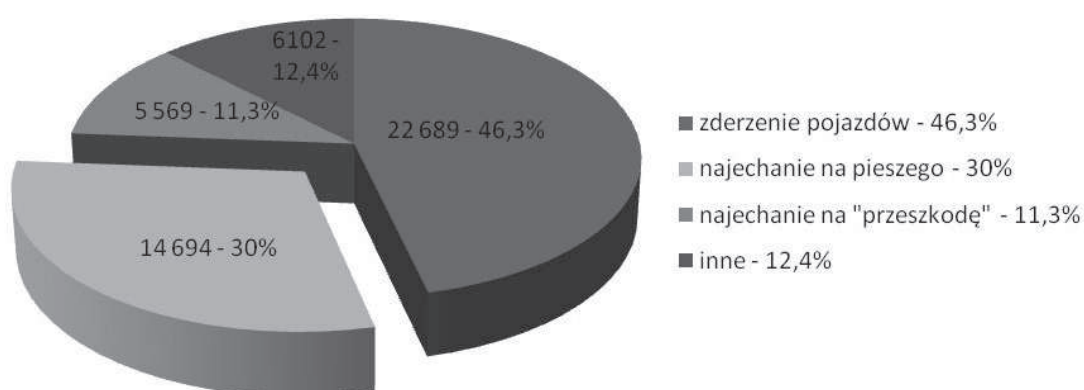
Rok 2009						
Punktacja liczona w ilość gwiazdek		ocena ogólna (średnia ważona)	ochrona dorosłych	ochrona dzieci	ochrona pieszych	elektroniczne systemy wspomagające bezpieczeństwo
Dla 5	Co najmniej	70%	75%	70%	25%	60%
Dla 4	Co najmniej	55%	60%	55%	15%	40%
Dla 3	Co najmniej	45%	30%	30%	10%	25%
Dla 2	Co najmniej	35%	25%	25%	5%	15%
Dla 1	Co najmniej	20%	15%	15%	0%	5%
Rok 2010						
Punktacja liczona w ilość gwiazdek		Ocena ogólna	Ochrona dorosłych	Ochrona dzieci	Ochrona pieszych	elektroniczne systemy wspomagające bezpieczeństwo
Dla 5	Co najmniej	75%	80%	75%	40%	60%
Dla 4	Co najmniej	60%	65%	60%	25%	40%
Dla 3	Co najmniej	50%	35%	30%	15%	25%
Dla 2	Co najmniej	35%	30%	25%	10%	15%
Dla 1	Co najmniej	25%	20%	15%	5%	5%
Rok 2012+						
Punktacja liczona w ilość gwiazdek		Ocena ogólna	Ochrona dorosłych	Ochrona dzieci	Ochrona pieszych	elektroniczne systemy wspomagające bezpieczeństwo
Dla 5	Co najmniej	80%	80%	75%	60%	60%
Dla 4	Co najmniej	70%	70%	60%	50%	40%
Dla 3	Co najmniej	60%	40%	30%	25%	25%
Dla 2	Co najmniej	55%	30%	25%	15%	15%
Dla 1	Co najmniej	45%	20%	15%	10%	5%



Stopniowy wzrost wymogów w nowych kategoriach ma pozwolić koncernom samochodowym przygotować się do nadchodzących zmian i ustrzec przed niespodziewanym spadkiem pojazdu w rankingu.

## ANALIZA WYPADKÓW DROGOWYCH Z UDZIAŁEM PIESZYCH W POLSCE

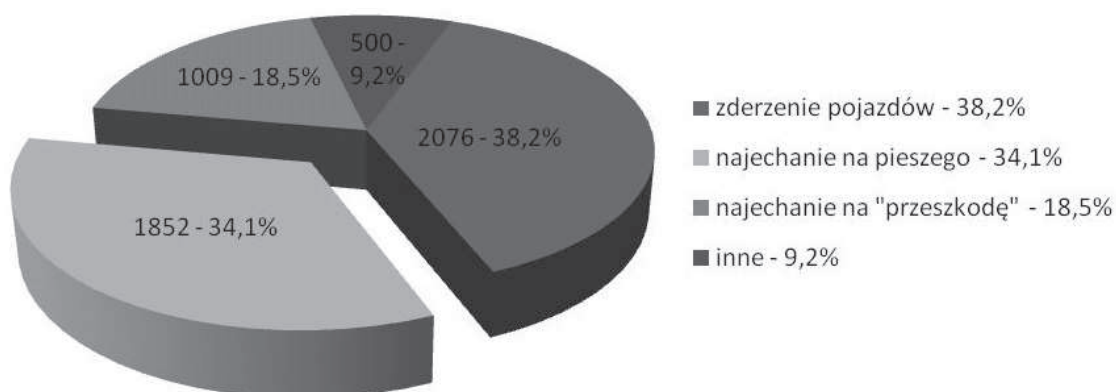
Z analizy wypadków drogowych w Polsce za 2008 rok wynika, że głównym rodzajem wypadków drogowych zaraz po zderzeniu się pojazdów w ruchu jest najechanie na pieszego. Wypadków takich było 14694 co stanowi 30% wszystkich wypadków, śmierć w nich poniosło 1852 osoby (34,1% wszystkich zabitych), a 13824 osoby zostały ranne [Symon 2009] .



Rys. 1. Uogólniony procentowy rozkład wypadków drogowych w Polsce w 2008 roku

Fig. 1. Generalized distribution of the percentage of road accidents in Poland in 2008

- vehicle crash – 46,3%
- driving into a pedestrian- 30%
- driving into an obstacle-11,3%
- other – 12,4%



Rys. 2. Uogólniony procentowy udział zabitych w wypadków drogowych w Polsce w 2008 roku

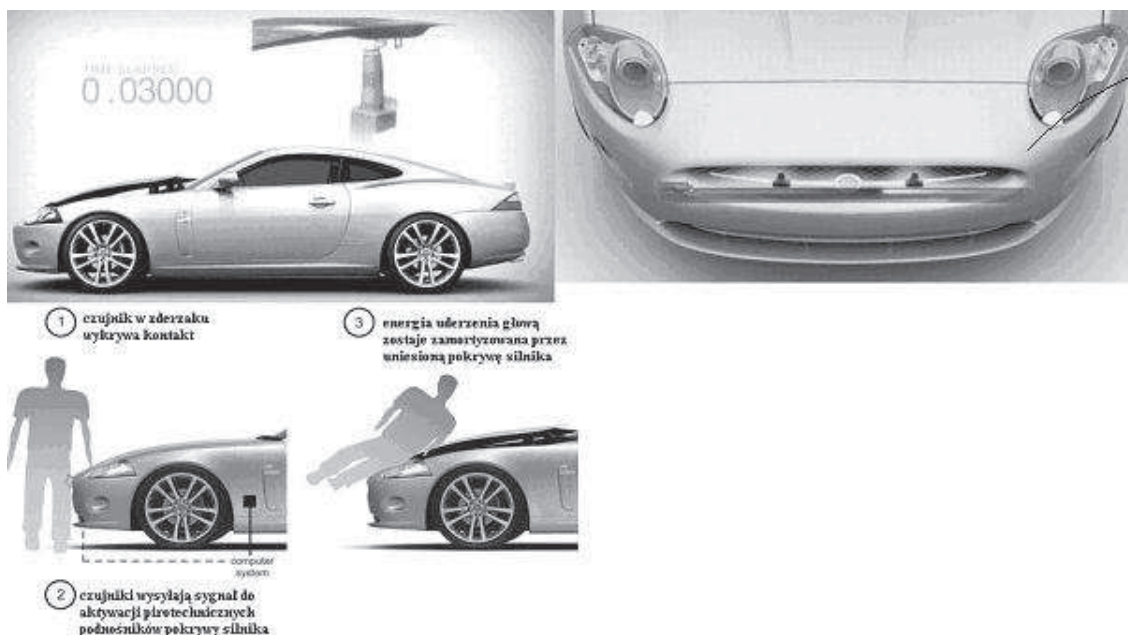
Fig. 2. Generalized percentage of deaths in road accidents in Poland in 2008

- vehicle crash – 38,2%
- driving into a pedestrian- 34,1%
- driving into an obstacle-18,5%
- other – 9,2%

Analizując powyższe dane nie trudno domyśleć się, że na najbliższe lata priorytetem przy projektowaniu pojazdów samochodowych będzie zwiększenie bezpieczeństwa biernego pieszych i wyposażenie kierującego w narzędzia zwiększające bezpieczeństwo czynne. Niezmotoryzowany uczestnik ruchu ma niewielkie szanse na uratowanie życia lub zdrowia w bezpośrednim kontakcie z rozpędzonym pojazdem.

### PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ STOSOWANYCH PRZEZ PRODUCENTÓW POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Firma Jaguar była jedną z pierwszych, która zastosowała system aktywnych pokryw silnika tzw. system PDBC (Pyrotechnic Pedestrian Deployable Bonnet). Układ składa się z czujników opóźnienia, optycznego czujnika umieszczonego pod zderzakiem, modułu sterującego i pirotechnicznego siłownika unoszącego tylną część pokrywy. Układ jest aktywny tylko w odpowiednim zakresie prędkości, przy której przewiduje się, że pieszy może uderzyć głową w pokrywę silnika.



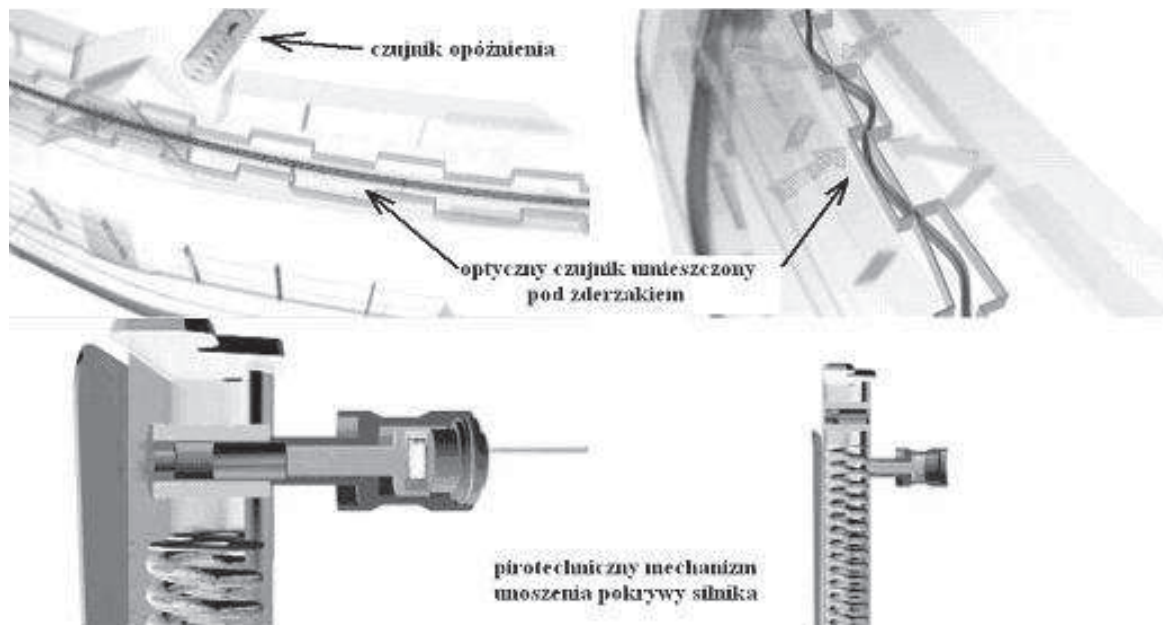
Rys. 3. Ogólna zasada działania systemu aktywnej pokrywy silnika w pojazdach Jaguar [Mat. firm]

Fig. 3. The general principle of the active hood system in Jaguar vehicles

W pojazdach firmy PSA Citroen Peugeot układ bezpieczeństwa biernego ochrony pieszych składa się z następujących elementów:

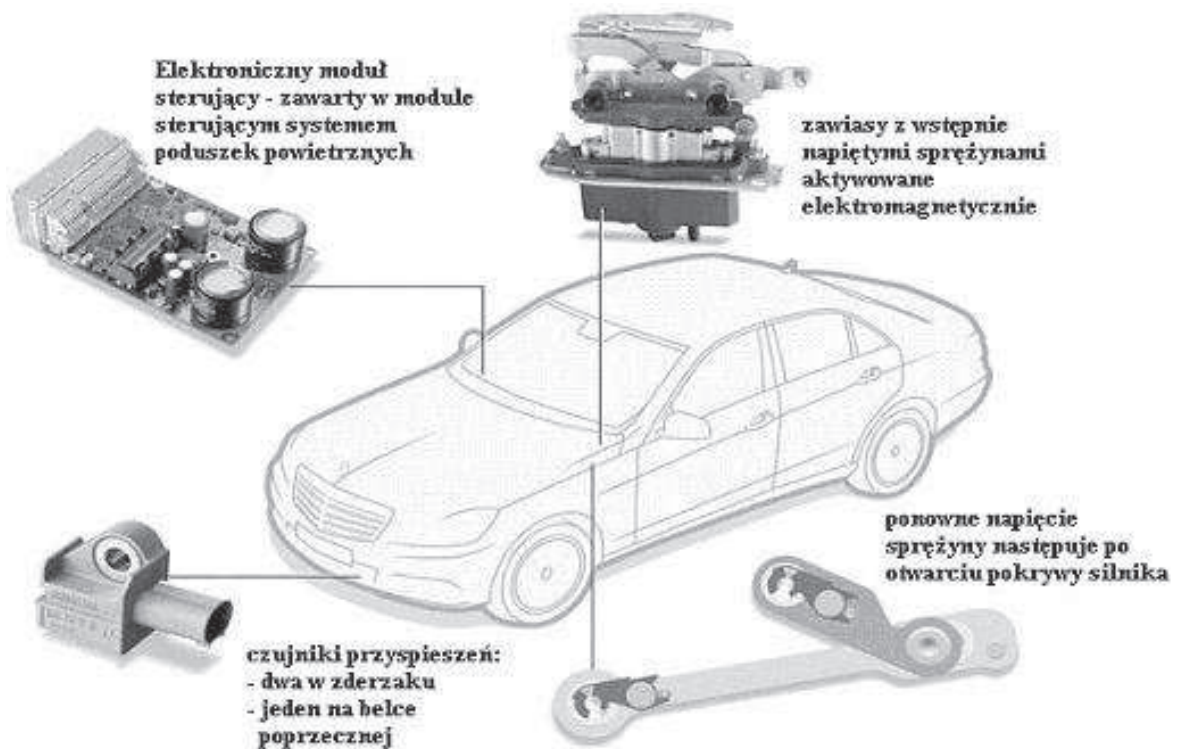
- czujników opóźnienia pojazdu, - optycznego czujnika kontaktu z zderzakiem, - elektronicznego układu przetwarzającego sygnał i elementu wykonawczego (mechanizmu unoszonego na sprężynie odblokowywanej za pomocą pirotechnicznego mechanizmu zwalniającego.

Koncern Mercedesa zastosował nieco inną koncepcję „katapultowania” tylnej części pokrywy silnika na wysokość ok. 50 mm. Uwolnienie sprężyny unoszącej następuje przez zwolnienie blokady elektromagnetycznej umieszczonej pod zawiasami. Ponowna aktywacja układu następuje po otwarciu pokrywy silnika co jest jednoznaczne z napięciem sprężyn. Dzięki temu układ jest tani i wygodny w eksploatacji.



Rys. 4. Ogólna zasada działania systemu aktywnej pokrywy silnika w pojazdach Citroen [Mat. firm]

Fig. 4. The general principle of operation of the active hood Citroen vehicles



Rys. 5. Części składowe systemu aktywnej pokrywy silnika w Mercedesie W212 (E klasa) [Mat. firm]

Fig. 5. The components of the active hood system in the Mercedes W212 (E Class)

## PODSUMOWANIE

Wprowadzenie ww. wymogów przy przeprowadzaniu testu zderzeniowego EEVC WG17 pozwoli obniżyć ilość występowanie wypadków śmiertelnych i poważnych urazów ciała wśród pieszych. Według wspólnej analizy Ochrony Piesznych w Europie przez instytuty DEKRA Automobil GmbH, Accident Reseach i DaimlerChrysler AG, Accident Reseach, wynika że powyższe systemy mogą ograniczyć ilość ciężko rannych o około 8 – 13 %, a śmiertelność wśród wszystkich potraconych pieszych o ok. 2% [Bakker i in. 2002]. W Polsce pomogło by to uratować życie około 37 osobom rocznie.

## PIŚMIENNICTWO

- Bae Lee K., Jo Jung H., Il Bae H. 2002.: The study on developing active hood lift system for deceasing pedestrian head injury., [www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0198-O.pdf](http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0198-O.pdf)
- Bakker J., Berg F.A., Bürkle H., Egelhaaf M., Herrmann R., Scheerer J. 2002.: Pedestrian Protection in Europe The Potential of Car Design and Impact Testing., [www.unece.org/trans/doc/2002/wp29grsp/inf-gr-ps-13e.pdf](http://www.unece.org/trans/doc/2002/wp29grsp/inf-gr-ps-13e.pdf)
- Directive 2003/102/EC of the European Parliament and of the Council, 17th November 2003.
- Fredriksson R., Haland Y., Yang J. 2001.: Evaluation of a new pedestrian head injury protection of a new pedestrian head injury protection system with a sensor in the bumper and lifting of the bonnet's rear part. [www.autoliv.com/wps/wcm/connect/5f997a004ce4f3f8ac68eef594aebdee/Pedestrian.pdf?MOD=AJPERES](http://www.autoliv.com/wps/wcm/connect/5f997a004ce4f3f8ac68eef594aebdee/Pedestrian.pdf?MOD=AJPERES)
- Inomata Y., Iwai N., Maeda Y., Kobayashi S., Okuyama H., Takahashi N. 2009.: Development of the pop-up engine hood for pedestrian head protection. [www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv21/09-0067.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv21/09-0067.pdf)
- Kang Y., Lee J., Park G., Yoon K. 2005.: Vehicle hood and bumper structure design to mitigate casualties of pedestrian accidents. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0105-O.pdf>
- Kerkeling C., Schäfer J., Thompson G. 2005.: Structural hood and hinge concepts for pedestrian protection. [www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0304-W.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0304-W.pdf)
- Martinez L., Guerra L.J., Ferichola G., Garcia A., Yang J. 2007.: Stiffness corridors of the European fleet for pedestrian simulations. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0267-W.pdf>
- Prochowski L. 2005.: Mechanika ruchu. WKŁ, Warszawa
- Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J. 2008.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. WKŁ, Warszawa
- Symon E. 2009.: Wypadki drogowe w Polsce w 2008 roku. Wydział Profilaktyki i Analiz Biura Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji. Warszawa.
- Wicher J. 2004.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa.
- Zieliński Z. 2008.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych. WKŁ, Warszawa.
- Van Ratingern M.R.: The changing outlook of Euro NCAP 2008. [http://www.euroncap.com/files/Airbag%202008\\_paper\\_2008---128badb6-4f49-4456-a2b6-34eb3b4fa893.pdf](http://www.euroncap.com/files/Airbag%202008_paper_2008---128badb6-4f49-4456-a2b6-34eb3b4fa893.pdf)
- Materiały firm: [Citroen, Jaguar, Peugeot Mercedes]

## TRENDS OF CHANGES IN TRAFFIC SAFETY SYSTEMS FOR THE PEDESTRIAN PROTECTION ON THE BASIS OF ACTIVE BONNETS

**Summary.** The paper presents some trends associated with the introduction of automotive technical solution to ensure passive safety of pedestrians. The discussion involves only the solutions that provide cushioning and separating upper body of a pedestrian (head, shoulders) from the elements located near the inner surface of the hood.

**Key words:** pedestrian, passive safety, active bonnet.

## OCENA PARAMETRÓW ŚWIETLNYCH ŻARÓWEK HALOGENOWYCH STOSOWANYCH W REFLEKTORACH SAMOCHODOWYCH

Artur Boguta, Wiktor Pietrzyk

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej  
Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 38 A 20-618 Lublin  
email: a.boguta@pollub.pl

**Streszczenie.** Obecnie na rynku jest dostępnych wiele typów żarówek samochodowych. Wielu kierowców udoskonala oświetlenie swojego samochodu, zakładając do reflektorów żarówki z napisami „ksenon”, +30 %, +50 %, +90 % „światła na drodze”. Jednak taka wymiana nie zawsze daje spodziewane wyniki. Zmodyfikowane żarówki nie dają wcale lepszego oświetlenia drogi i częściej się przepalają. Praca przedstawia pomiary kilkunastu różnych żarówek, oraz porównanie ich parametrów świetlnych i elektrycznych.

**Słowa kluczowe:** żarówka halogenowa, H4, samochód.

### WSTĘP

Na rynku można spotkać żarówki różnych producentów, którzy prześcigają się w reklamach mówiących o ich „najlepszych parametrach”. W pracy przedstawiono pomiary wykonane dla żarówek halogenowych H4. Badaniom poddano tylko włókno żarówki wykorzystywane do jazdy na światłach mijania.

Największa na rynku grupa żarówek halogenowych to produkty standardowe, które mają bezbarwną bańkę, zwykły żarnik, ciemną osłonkę przeciwoślepieniową.

Takie żarówki mają standardową trwałość i najczęściej dobrą wydajność oraz umiarkowaną cenę. Jeśli w samochodzie mamy reflektory z dobrym odbłyśnikiem, dobrym kloszem i sprawną instalacją elektryczną, standardowe żarówki zapewniają odpowiednie oświetlenie drogi.

Poza standardowymi żarówkami w sklepach znajdziemy wiele produktów w kolorowych opakowaniach, w których najczęściej znajdują się dwie żarówki. Na opakowaniu znajdziemy napisy: „ksenon”, „ksenon ultra”, „ultra white”, „super blue”, „cool blue” lub inną kombinację tych wyrazów. Chłodne światło emitowane przez te żarówki ma przekonać klientów, że wyposażają swoje auta w światła ksenonowe. Ale niestety nie są to lampy ksenonowe. Lampy ksenonowe wymagają specjalnego układu zasilającego, a wytwarzane przez nie światło nie pochodzi z podgrzanej skrętki z wolframu, lecz powstaje w wyniku wyładowania w łuku elektrycznym. Palniki ksenonowe wymagają specjalnych reflektorów samochodowych.

Żarówki halogenowe tego typu są wyposażone w niebieskie filtr imitujący lampę ksenonową. Zastosowany filtr stanowi barierę dla światła, którą można pokonać zwiększając moc żarówek lub zwiększając temperaturę skrętki. Takie żarówki najczęściej świecą o wiele słabiej niż standardowe i skracają zasięg reflektorów, a tym samym pogarszają widoczność.

Renomowani producenci w ulepszonych żarówkach stosują tylko minimalnie zabarwione szkło, a jednocześnie konstruują żarniki pracujące przy wyższej temperaturze. W efekcie światła na drodze jest tyle samo, jak w przypadku żarówek standardowych. Wyższa temperatura barwowa zbliża widmo emitowane przez te żarówki do światła dziennego poprawiając widoczność na drodze. Takie żarówki mają jednak wadę związaną ze skróceniem ich żywotności, oraz ceną kilkakrotnie przewyższającą cenę żarówek standardowych.

Trzecia kategoria to żarówki o zwiększonej wydajności „+30%, + 50%, i +90% światła na drodze”. Opis na opakowaniu ma nas przekonać do wydania kilkakrotnie większej sumy na kupno takich żarówek.

Celem przeprowadzonych badań jest ocena światłości różnych żarówek halogenowych H4, porównanie ich parametrów oraz uzasadnienie celowości ich stosowania w reflektorach samochodowych.

## BADANIA

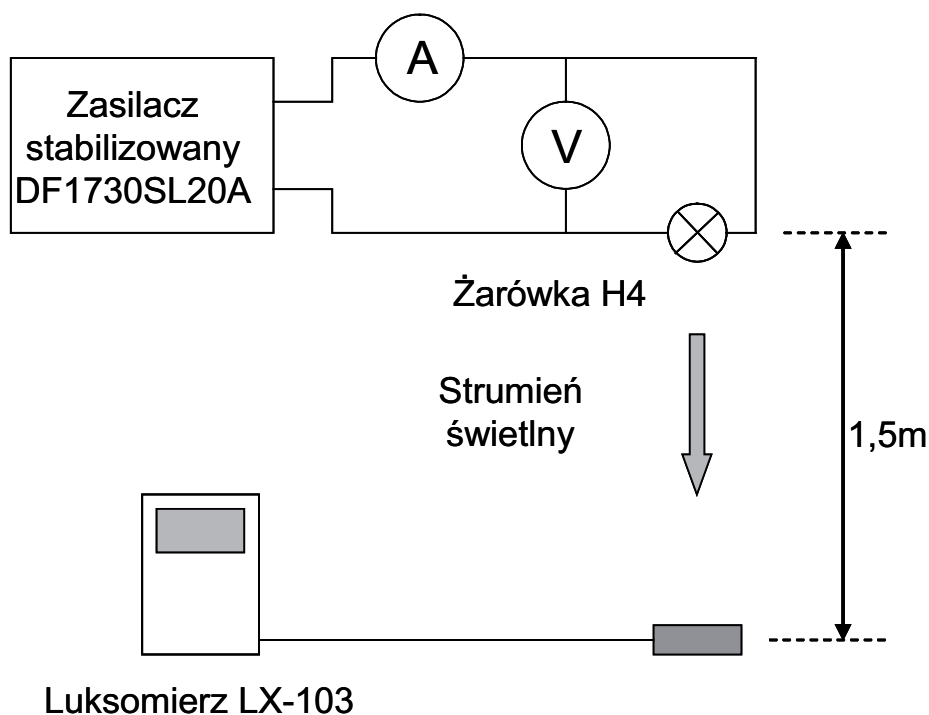
Badaniom poddano żarówki halogenowe H4 55/60W, dla których zmierzono ich światłość w takich samych warunkach pracy. Wszystkie żarówki były fabrycznie nowe zapakowane w oryginalne opakowania.

Badania przeprowadzono dla żarówek pracujących bez reflektora samochodowego. Wszystkie pomiary wykonano tylko dla włókna wolframowego odpowiedzialnego za światło mijania. Światło mijania wybrano, dlatego, że jest najczęściej używane a światło drogowe włączamy tylko sporadycznie.

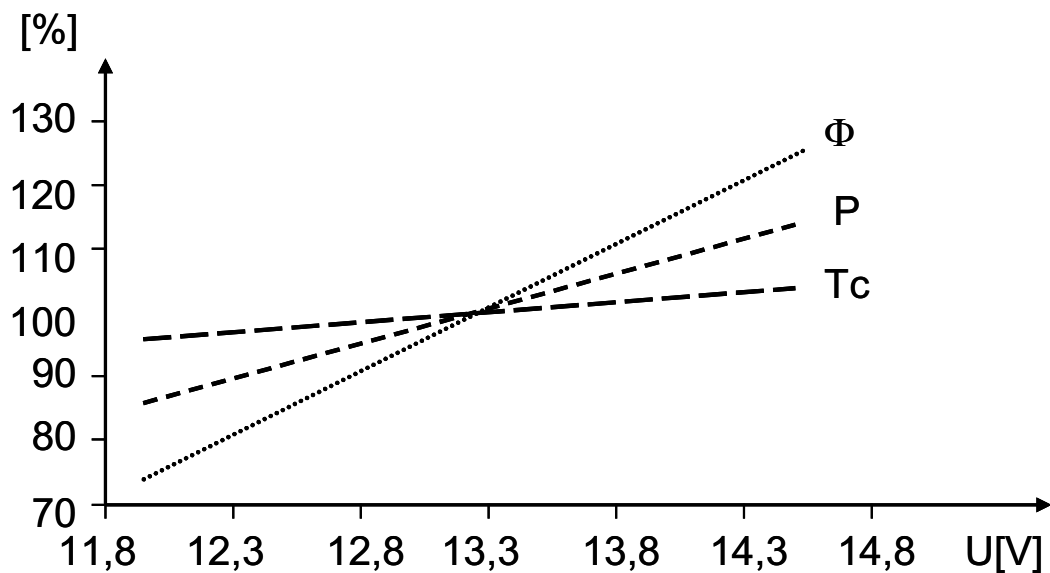
Pomiary wykonano dla żarówek standardowych, żarówek z podwyższoną ilością „światła na drodze”, żarówek z zastosowanym niebieskim filtrem oraz żarówek z podwyższoną żywotnością.

Układ pomiarowy przedstawiono na rys.1. Składa się on ze stabilizowanego zasilacza prądu stałego amperomierza, woltomierza oraz luksomierza z czujnikiem umieszczonym w odpowiedniej odległości od badanej żarówki.

Wszystkie żarówki były zasilane napięciem o wartości 13,2V, ponieważ jest to napięcie najczęściej występujące w instalacjach samochodowych. Rzeczywisty zakres zmian napięcia w instalacji samochodowej waha się od ~8V do 14,4V. Dolną granicę napięcia trudno jest jednak ustalić, ponieważ zależy ona od sprawności instalacji elektrycznej samochodu a szczególnie od parametrów akumulatora. Na rys. 2 przedstawiono zależności względnej wartości strumienia świetlnego, mocy pobieranej przez żarówkę oraz temperatury barwowej w funkcji napięcia zasilającego dla standardowej żarówki. Z przedstawionego wykresu wynika, że najbardziej interesujące nas parametry rosną wraz ze wzrostem napięcia. Ale niestety przy zwiększonej wartości napięcia żywotność żarówek gwałtownie spada.



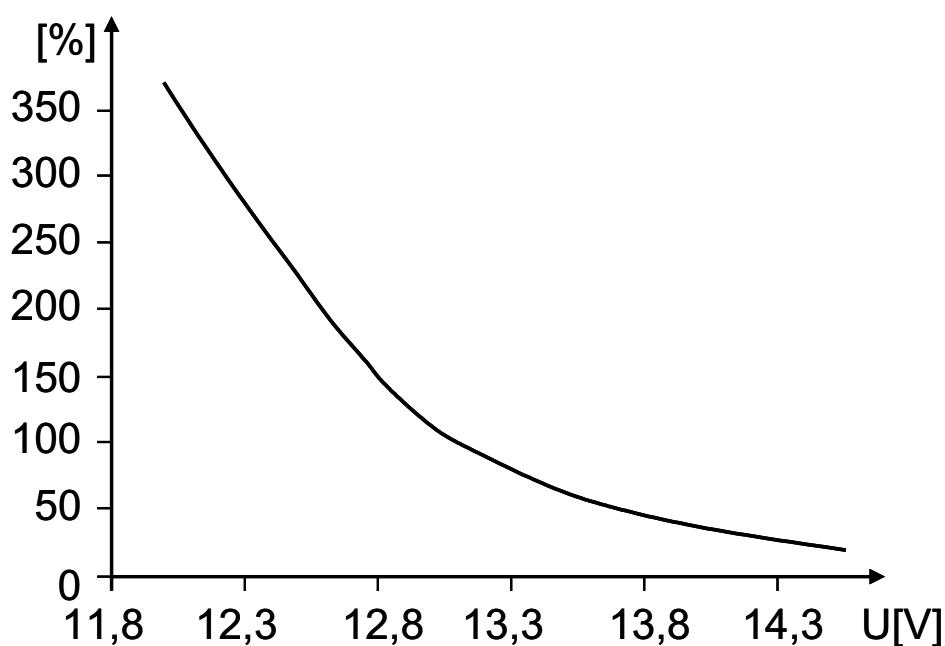
Rys. 1. Układ pomiarowy do badania żarówek halogenowych H4  
 Fig. 1. Measuring circuit for the testing of H4 halogen bulbs



Rys. 2. Zależność strumienia świetlnego, mocy i temperatury barwowej żarówki halogenowej od napięcia zasilającego  
 Fig.2. Luminous flux, power and colour temperature of the halogen bulb vs. power supply voltage



Na rys. 3 przedstawiono wpływ napięcia zasilającego na żywotność żarówek.



Rys.3. Zależność żywotności żarówek halogenowych w funkcji napięcia zasilającego  
Fig. 3. Service life of the halogen bulb vs. power supply voltage

## WYNIKI POMIARÓW

Przeprowadzone pomiary pozwoliły zmierzyć światłość, prąd i moc pobieraną przez badane żarówki.

Światłość badanych żarówek wyznaczono z zależności [Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S. 1999]:

$$I = E * l^2, \quad (1)$$

gdzie:

$I$  – światłość [cd],

$E$  – natężenie światła [Lx],

$l$  – odległość żarówki od czujnika pomiarowego (1,5m).

Odległość wybrano zgodnie z polską normą, która mówi, że odległość czujnika od żarówki powinna być większa niż 1,22 m [PN-84/S-73011].

W badaniach stwierdzono różnice w światłości, pobieranym prądzie i mocy czynnej żarówek halogenowych H4.

Przeprowadzona względna ocena światłości badanych żarówek halogenowych, wynika z faktu, że trudno jest ustalić, jaką światłość ma żarówka standardowa i która z nich jest żarówką standardową. Jako światłość odniesienia, do której porównywano wszystkie żarówki przyjęto

średnią arytmetyczną światłości badanych żarówek. Średnia wartość światłości wszystkich badanych żarówek wynosi:

$$I_{sr}=188,9 [cd].$$

Na podstawie średniej światłości oceniono procentowo parametry świetlne mierzonych żarówek.

Wyniki pomiarów i obliczeń dla badanych żarówek przedstawiono w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Parametry świetlne badanych żarówek

**Table 1.** Lighting parameters of the tested bulbs

Typ	Filtr niebieski	U	I	P	E	I	I/I <sub>sr</sub>
Producent		V	A	W	Lx	cd	%
Tesla	+	13,2	5,02	66,3	67	150,8	80,1
Optima	-	13,2	4,79	65,6	81	182,3	96,9
Bosma	-	13,2	5,02	66,3	86	193,5	102,8
Hella	-	13,2	5,16	68,1	80	180,0	95,7
Mirador	-	13,2	4,91	64,8	82	184,5	98,1
Tungsrām	-	13,2	5,02	66,3	89	200,3	106,4
Bosch Plus 60	-	13,2	4,52	59,7	92	207,0	110,0
Ksenon Ultra White	+	13,2	5,04	66,5	82	184,5	98,1
Philips Premium	-	13,2	4,72	62,3	92	207,0	110,0
Narva	-	13,2	5,12	67,6	83	186,8	99,3
Narva +30%	-	13,2	5,00	66,0	88	198,0	105,2
Osram Bilux	-	13,2	4,85	64	80	180,0	95,7
Osram Orginal	-	13,2	4,82	63,6	86	193,5	102,8
Osram + 30%	-	13,2	4,62	61,0	86	193,5	102,8
Osram + 50%	-	13,2	4,40	58,1	85	191,3	101,6
Osram 3xLiff TIME	-	13,2	5,04	66,5	74	166,5	88,5
Osram Night Breaker	+	13,2	5,11	67,5	94	211,5	112,4

Z przedstawionej powyżej tabeli 1 wynika, że parametry badanych żarówek znacznie różnią się między sobą. Pomiaru pokazują, że wszystkie badane żarówki przy napięciu 13,2V mają większą moc niż podają to producenci na opakowaniach i żarówkach.

Największą światłością charakteryzuje się żarówka Osram Night Breaker, ale jej wysoka cena (kilkadziesiąt zł) i znacznie zmniejszona żywotność (50%) nie skłania do jej stosowania w samochodzie niewyposażonym w światła do jazdy dziennej.

Najbardziej optymalną pod względem światłości i ceny (kilkanaście zł) jest żarówka Philips Premium. Całkiem dobrze wypadła żarówka z niebieskim filtrem o nazwie „Ksenon Ultra White” (cena do kilkunastu zł).

Najgorzej wypadła żarówka firmy Tesla z cieniowanym filtrem, który powoduje zmianę barwy światła w zależności od kąta padania promieni świetlnych (cena kilkanaście zł).

W przeprowadzonych badaniach nie wykonano pomiarów żywotności użytych żarówek, oraz nie przeprowadzono pomiarów z użyciem reflektorów samochodowych. Pomiarów te będą wykonane w przyszłości.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone pomiary pozwalają stwierdzić, że nie zawsze marka i wysoka cena odzwierciedla najlepsze parametry żarówek halogenowych H4.

We wszystkich przypadkach moc żarówek świecących w instalacji samochodowej podczas pracy silnika będzie przekraczać moc znamionową.

W przypadku, gdy światła mijania używanych do jazdy dziennej oraz do jazdy w oświetlonym terenie (miejskim) stosowanie żarówek o „zwiększonej jasności” jest bezcelowe. Ich krótka żywotność będzie zmuszać kierujących do częstej wymiany. W tym przypadku najbardziej optymalne będą żarówki najtańsze lub żarówki o zwiększonej trwałości np. Osram 3xLiff Time.

## PIŚMIENNICTWO

- Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S. 1999.: Elektrotechnika i elektronika samochodowa. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej. Lublin
- Mazur J., Żagan W. 1997.: Samochodowa technika świetlna PN-84/S-73011. Światła pojazdów samochodowych i przyczep. Zakresy chromatyczności.

## EVALUATION OF LIGHTING PARAMETERS OF HALOGEN BULBS USED IN AUTOMOTIVE REFLECTORS

**Summary.** At the moment there are many types of automotive bulbs available on the market. Many drivers improve the lighting of their cars incorporating the bulbs described as “xenon”, +30 %, +50 %, +90 % „lights on road” in the reflectors. However such modification is unsuccessful in many cases, because the road lighting is not better and the bulbs are burnt out more frequently. The purpose of the study is to present the measurements of several various bulbs and to compare their lighting and electrical parameters.

**Key words:** halogen lamp, H4, car.

## WEWNĘTRZNY SYSTEM DIAGNOSTYKI UKŁADU OŚWIETLENIA W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Marcin Buczaj, Maciej Drożdż

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska, Polska

**Streszczenie.** Oświetlenie zewnętrzne pojazdu spełnia z punktu widzenia bezpieczeństwa w ruchu drogowym szereg istotnych funkcji. Instalacja oświetleniowa w pojeździe jest dość skomplikowana a prawidłowe jej działanie uzależnione jest od szeregu elementów instalacji elektrycznej. Powoduje to, że znalezienie miejsca usterki może być kłopotliwe dla użytkownika pojazdu. W artykule przedstawiono model systemu diagnostyki układu oświetlenia zewnętrznego kontrolujący stan instalacji oświetleniowej pojazdu w trybie pracy online. W modelu wykorzystano elementy instalacji oświetleniowej samochodu Skoda Felicia. Główny zadaniem stawianym systemowi jest przekazywanie kierowcy informacji o poprawności działania instalacji oświetleniowej, a w przypadku wykrycia usterki określenie jej miejsca.

**Słowa kluczowe:** oświetlenie zewnętrzne pojazdów, systemy diagnostyczne, kontrola stanu urządzeń, identyfikacja uszkodzeń.

### WSTĘP

Z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego i użytkowania pojazdu bardzo ważną rolę spełnia instalacja oświetleniowa. Współczesne pojazdy samochodowe wyposaża się w wiele źródeł światła o różnym przeznaczeniu. Jej elementy umożliwiają zwiększenie widoczności kierowcy w warunkach niedostatecznego oświetlenia drogi (światła mijania, drogowe, cofania, przeciwmgłowe przednie), uwidaczniają pojazd innym użytkownikom drogi (światła pozycyjne, mijania, przeciwmgłowe tylne, awaryjne) oraz informują o zamiarach kierowcy (kierunkowskazy). Aby te stawiane instalacjom oświetlenia zewnętrznego pojazdu funkcje były spełnione konieczne jest prawidłowe jej działanie. Niestety usterki elementów instalacji oświetlenia zewnętrznego są często niezauważane przez kierowców, co może być przyczyną zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa na drodze [2].

Instalacje oświetlenia zewnętrznego w pojazdach samochodowych nie wykazują się dużym stopniem skomplikowania. Najczęściej spotykanym rodzajem instalacji jest instalacja jednoprzewodowa z wykorzystaniem elementów konstrukcyjnych pojazdu [4]. Obwody instalacji oświetlenia zewnętrznego najczęściej składają się z następujących podstawowych elementów:

- źródła zasilania,
- przewodów zasilających,
- źródeł światła,

– osprzętu w postaci przełączników, bezpieczników i przekaźników.

Podstawowe reguły montażu oraz funkcje przypisane poszczególnym elementom nie uległy zmianom na przestrzeni wielu lat. Niewielkie różnice w poszczególnych pojazdach odnoszą się tylko do sposobu rozmieszczenia poszczególnych elementów w pojeździe oraz ich sterowaniu. Mimo, że instalacje oświetlenia zewnętrznego pojazdu nie są skomplikowane to już zlokalizowanie miejsca usterki oraz jej usunięcie może przysporzyć użytkownikowi szeregu problemów. Szczególnie jest to ważne ponieważ usterki występujące w tym układzie są usterekami dość powszechnymi a problem stanowi ich szybka identyfikacja i lokalizacja. Najważniejsze problemy z usuwaniem usterek układu oświetlenia zewnętrznego związane są z [6]:

- koniecznością znajomości rozmieszczenia i przebiegu instalacji oświetleniowej,
- niedostępności do poszczególnych części i elementów instalacji,
- koniecznością posiadania i umiejętnością posługiwania się miernikami lub wskaźnikami wielkości elektrycznych.

W artykule został opisany pokładowy system diagnostyczny kontrolujący w trybie pracy ciągłej (on-line) stan instalacji oświetlenia zewnętrznego pojazdu. System ten został zbudowany na bazie elementów wykorzystywanych w instalacji oświetlenia samochodu Skoda Felicja. W modelu funkcje diagnostyczne zostały ograniczone do monitorowania stanu elementów układu świateł pozycyjnych, mijania i drogowych. Model pokładowego systemu diagnostycznego ma za zadanie informowanie użytkownika pojazdu o stanie wybranych obwodów instalacji oświetlenia zewnętrznego pojazdu. W przypadku wykrycia niesprawności w instalacji oświetleniowej, za pomocą komunikatów tekstowych na wbudowanym wyświetlaczu, system informuje użytkownika o lokalizacji usterki.

## SYSTEMY DIAGNOSTYCZNE W POJAZDACH

Systemy diagnostyczne są to układy przeprowadzające kontrolę poszczególnych podzespołów, najczęściej pracujące w czasie rzeczywistym (podczas użytkowania urządzenia) [8]. Ich podstawowymi zadaniami jest automatyzacja procesu wykrywania usterek, podejmowanie decyzji w zależności od stanu pojazdu, informowanie kierowcy o wystąpieniu usterki oraz archiwizacja błędów w celu ich późniejszego odczytania i analizy w serwisie. Układy te najczęściej stanowią jedną z części układów sterujących konkretnymi funkcjami samochodu jako układy zintegrowane z układem kontrolowanym lub są dodatkowym wyposażeniem pojazdu, działającym niezależnie od pracy układu kontrolowanego [2,5]. W skład systemu diagnostycznego wchodzi czujniki, układy przekazywania informacji między elementami systemu, układ decyzyjny oraz elementy wykonawcze. Układy diagnostyczne odpowiedzialne są również za informowanie kierowcy o stanie pojazdu. Ich nadrzędnym celem jest jednak poprawa bezpieczeństwa użytkowania pojazdu w ruchu drogowym, optymalizacja pracy poszczególnych podzespołów oraz wczesne wykrywanie występujących niesprawności. Dzięki takim rozwiązaniom kierowca nie musi posiadać praktycznie żadnej wiedzy technicznej, a w razie wystąpienia usterki jest o tym informowany i może udać się do serwisu w celu naprawy. W oparciu o te systemy, dąży się współcześnie do jak największej automatyzacji procesów zachodzących w pojazdach samochodowych i minimalizacji roli czynnika ludzkiego. Obecny trend w systemach diagnostycznych w pojazdach to integracja tych systemów w jeden układ kontrolujący procesy zachodzące w pojeździe.

Instalacja elektryczna w pojeździe musi sprostać wielu wymaganiom, takim jak odporność na: wysokie zakresy temperatur, drgania, silne wstrząsy, dużą wilgotność. Szczegółowo zostały one uregulowane w normie PN-85/S-76001 – Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania [1]. Podwyższone wymagania stawiane elementom instalacji

elektrycznej są podyktowane istotnymi funkcjami jakie ona spełnia w pojeździe polegającymi na dostarczaniu energii do poszczególnych podzespołów, realizacja założonych procesów roboczych, przekazywanie informacji dodatkowo ich praca odbywać się może w skrajnie trudnych warunkach. Zatem informacja o stanie instalacji elektrycznej i poszczególnych jej elementów powinna być jak najdokładniej i najobszerniej monitorowana. Szczególną kontrolą powinny być poddane obwody, których działanie bezpośrednio wpływa na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.

Obecnie szczegółowej kontroli przez pokładowe systemy diagnostyczne są poddawane układy związane z pracą jednostki napędowej (system OBD) [5]. Sprawdzenie poprawności działania innych układów odbywa się na ogół podczas badań okresowych pojazdu lub po zidentyfikowaniu usterki przez użytkownika. Niestety również diagnostyka instalacji oświetlenia zewnętrznego w pojazdach samochodowych jest niedowartościowana i pomijana przez producentów pojazdów przy budowie systemów diagnostycznych. Jest to spowodowane kilkoma, czasami nieuzasadnionymi, czynnikami opierającymi się na przeświadczeniu, że:

- elementy układu oświetlenia są łatwo dostępne i ich wymiana nie jest trudna,
- usterki w instalacji oświetleniowej są łatwe do zlokalizowania i usunięcia,
- instalacja oświetlenia pojazdu nie ma istotnego wpływu na działanie pojazdu,
- poruszanie się pojazdu z usterką w obwodzie oświetlenia jest możliwa i nie powoduje znacznego zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa na drodze.

## MODEL SYSTEMU DIAGNOSTYCZNEGO KONTROLUJĄCY STAN INSTALACJI OŚWIETLENIA ZEWNĘTRZNEGO W POJEŹDZIE

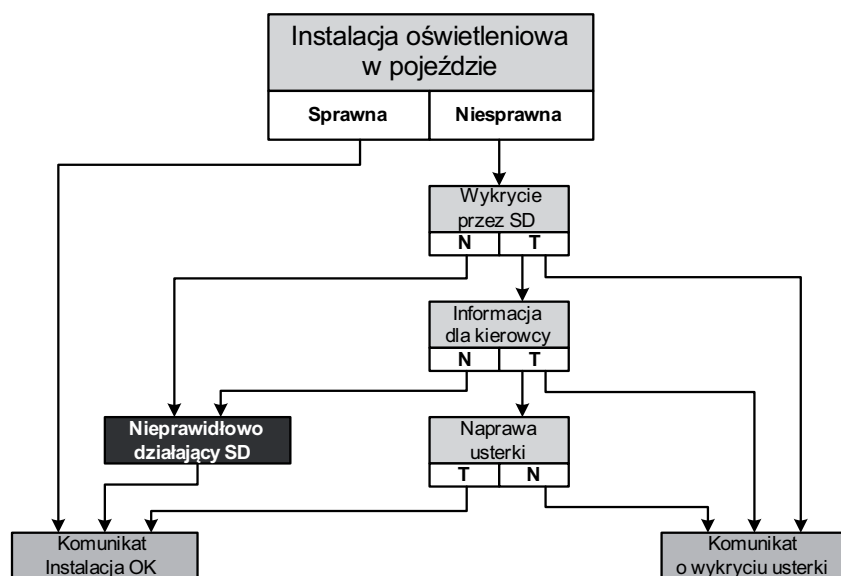
Na podstawie roli i funkcji instalacji oświetleniowej założono, że system diagnozujący stan instalacji oświetleniowej w pojeździe powinien spełniać następujące kryteria działania:

- monitorować na bieżąco stan instalacji oświetleniowej,
- informować, w sposób nie zagrażający bezpieczeństwu jazdy, kierowcę o wystąpieniu usterki,
- podać nazwę uszkodzonego elementu oraz jego lokalizację,
- informować o możliwości kontynuowania jazdy w aktualnym stanie instalacji oświetleniowej.

Do przedstawienia możliwości systemu diagnostycznego na podstawie [3] odwzorowany został układ sterowania instalacją oświetlenia zewnętrznego samochodu Skoda Felicia. Do demonstracji działania prezentowanego układu wybrane zostały obwody zasilające światła mijania, drogowe oraz pozycyjne.

W skład instalacji elektrycznej zasilającej te trzy podstawowe rodzaje świateł zewnętrznych (pozycyjne, mijania, drogowe) w samochodzie wchodzi siedem podstawowych grup elementów. Są to bezpieczniki, przekaźniki, stacyjka, akumulator (jako źródło zasilania), przełączniki oraz odbiorniki (źródła światła).

Głównym wymaganiami stawianym przed projektowanym systemem kontrolującym stan instalacji oświetlenia zewnętrznego w pojeździe, było zidentyfikowanie usterki. W tym celu sporządzono listę newralgicznych punktów instalacji (tabela 1), w których mogą występować niesprawności. Założono, że wpływ systemu diagnostycznego na działanie instalacji samochodu, mimo że nieunikniony, powinien być znikomy.



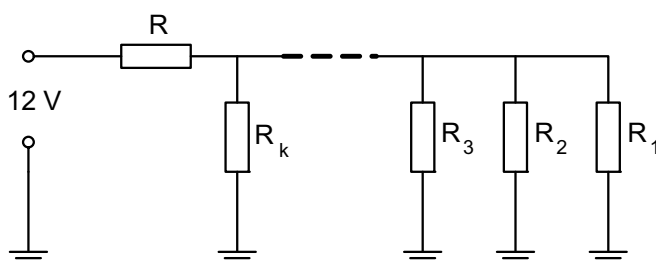
Rys. 1. Podstawowy algorytm działania systemu diagnostycznego  
Fig. 1. Basic algorithm of diagnostic system

Tabela 1. Elementy instalacji oświetleniowej wrażliwe na uszkodzenia  
Table 1. Fault liability of light system elements in a vehicle

Element	Miejsce występowania w samochodzie	Ilość elementów w modelu
Przełącznik	Skrzynka bezpieczników	2
Żarówka H4 60/55W	Reflektor główny	1
Żarówka W5W	Reflektor główny	1
Żarówka P21 21/5W	Tylna lampa zespolona	1
Żarówka P21 5W	Tylna lampa zespolona	1
Bezpiecznik 7,5A	Skrzynka bezpieczników	2
Bezpiecznik 10A	Skrzynka bezpieczników	2
Bezpiecznik 15A	Skrzynka bezpieczników	1
Masa reflektora	Przód samochodu	1
Masa tylnej lampy zespolonej	Tył samochodu	1

Działanie zaprojektowanego układu diagnostycznego opiera się na pomiarze napięcia na rezystorach kontrolnych. Jego zmiany odpowiadają różnym stanom instalacji oświetleniowej i pozwalają stwierdzić wystąpienie poszczególnych usterek. Zmiany kontrolowanego napięcia powstają dzięki równoległemu przyłączaniu (lub odłączaniu) kolejnych rezystorów pomiarowych do rezystora kontrolnego (rys. 2). Następuje to w wyniku zmian napięcia w wybranych punktach pomiarowych, znajdujących się w diagnozowanej instalacji oświetleniowej. W praktyce system sprawdza czy w danym punkcie jest napięcie czy nie i na podstawie tej informacji podejmuje od-

powiednie decyzje diagnostyczne. System ten jest przystosowany do zasilania napięciem stałym o wartości 12 V.

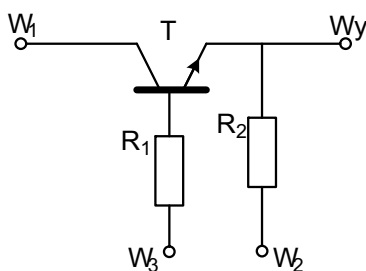


Rys. 2. Schemat ideowy działania systemu diagnostycznego:  $R_k$  – rezystor kontrolny,  $R_1, R_2, R_3$  – rezystory pomiarowe,  $R$  – rezystor tworzący wspólnie z  $R_k$  dzielnik napięcia  
 Fig. 2. The diagnostic system – idle scheme of measuring system:  $R_k$  – control resistance,  $R_1, R_2, R_3$  – measuring resistance,  $R$  – element of voltage divide

Z uwagi na ograniczenia w zastosowanym sposobie pomiaru napięcia na wejściu systemu, znajduje się dzielnik napięcia. Dzielnik ten składa się z rezystora  $R$ , który jest połączony z rezystorem kontrolnym  $R_k$ . Dzięki temu napięcie na rezystorze kontrolnym nie przekracza 2,5 V. Punkt pomiaru napięcia znajduje się pomiędzy rezystorami  $R$  i  $R_k$  (rys. 2.) Dołączanie równoległe rezystorów do  $R_k$ , realizowane jest za pomocą tranzystorów BD 139, pracujących jako przełączniki. Do bazy każdego z tranzystorów, za pośrednictwem rezystora o wartości 1 k $\Omega$ , podłączany jest jeden z badanych punktów w instalacji oświetleniowej. Kolektor pierwszego z tranzystorów podłączony jest do punktu pomiaru napięcia. Emiter natomiast dołącza kolejny rezystor i jest połączony również z kolektorem następnego tranzystora, który dołącza następny rezystor. Jeżeli w którymś z badanych punktów nie będzie napięcia, tranzystor, którego baza jest połączona z tym punktem kontrolnym przechodzi w stan zatkania, odcinając dołączany rezystor i powodując przerwę w obwodzie. Wywołuje to zmianę napięcia na rezystorze kontrolnym i pozwala zlokalizować ewentualną usterkę. Tranzystor wraz z dołączanym rezystorem oraz rezystorem ograniczającym prąd bazy i stanowi pojedynczy czujnik omawianego systemu diagnostycznego (rys 3). Łączone kolejno czujniki tworzą sekcję.

Czujnik w punkcie kontrolnym stan instalacji oświetleniowej pojazdu posiada cztery złącza, wejścia i wyjścia:

- wejście1 – łączone z poprzedzającym czujnikiem lub punktem pomiaru napięcia,
- wejście2 – przyłączane do masy samochodu,
- wejście3 – przyłączane do kontrolowanego punktu instalacji oświetleniowej,
- wyjście – łączone z następnym czujnikiem.



Rys. 3. Czujnik systemu diagnostycznego instalacji oświetleniowej  
 Fig. 3. Detector of the diagnostic system in light installation

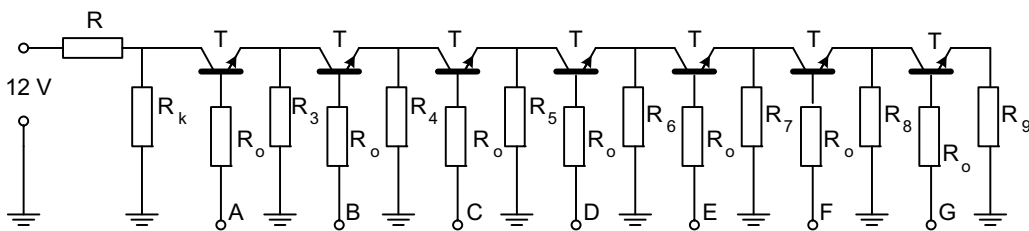


System diagnostyczny, dostosowany do instalacji elektrycznej samochodu Skoda Felicia, został podzielony na trzy sekcje:

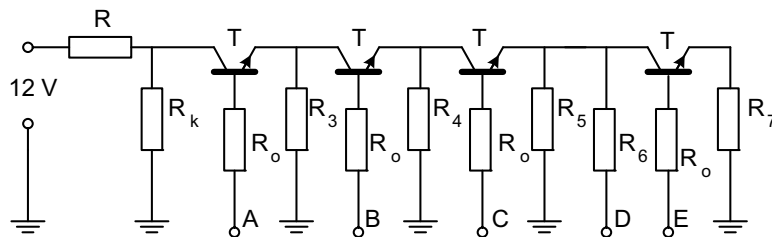
– sekcja 1 – napięcie rezystorze kontrolnym pozwala stwierdzić stan bezpieczników zabezpieczających żarówki światła postojowych, żarówek wszystkich światła oraz przełącznika światła. Na rys. 4 pokazano schemat sekcji z zaznaczonymi punktami podłączenia do instalacji oświetleniowej, są to odpowiednio: A – bezpiecznik światła postojowego przedniego, B- rezystor kontrolny za żarówką postojową przednią, C - bezpiecznik światła postojowego tylnego, D - rezystor kontrolny za żarówkami postojowymi tylnymi, E – bezpiecznik zacisku „15”, F – przełącznik światła mijania, G - rezystor kontrolny za żarówką H4,

– sekcja 2 – Napięcie na rezystorze kontrolnym tej sekcji pozwala określić stan układu (np. które światła są zapalone w danym momencie). Na rys. 5 pokazano schemat sekcji z zaznaczonymi punktami podłączenia do instalacji oświetleniowej, odpowiednio: A – zacisk „30” instalacji, B- zacisk „15” instalacji, C - zacisk „56” przełącznika światła postojowych, D - zacisk „56” przełącznika światła mijania, E – zacisk „50” instalacji.

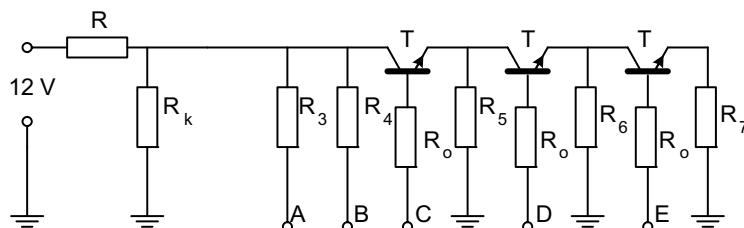
– sekcja 3 – napięcie na rezystorze kontrolnym pozwala stwierdzić stan bezpieczników światła drogowych i mijania, przełącznika funkcji „x” oraz sprawdzenie masy reflektora i tylnej lampy zespolonej. Na rys. 6 pokazano schemat sekcji z zaznaczonymi punktami podłączenia do instalacji oświetleniowej, odpowiednio: A – masa reflektora, B - masa tylnej lampy zespolonej, C –zacisk „87” przełącznika funkcji x, D – bezpiecznik światła mijania E – bezpiecznik światła drogowych.



Rys. 4. Sekcja pomiarowa 1 systemu diagnostycznego  
Rys. 4. The diagnostic system – measuring section 1



Rys. 5. Sekcja pomiarowa 2 systemu diagnostycznego  
Rys. 5. The diagnostic system – measuring section 2



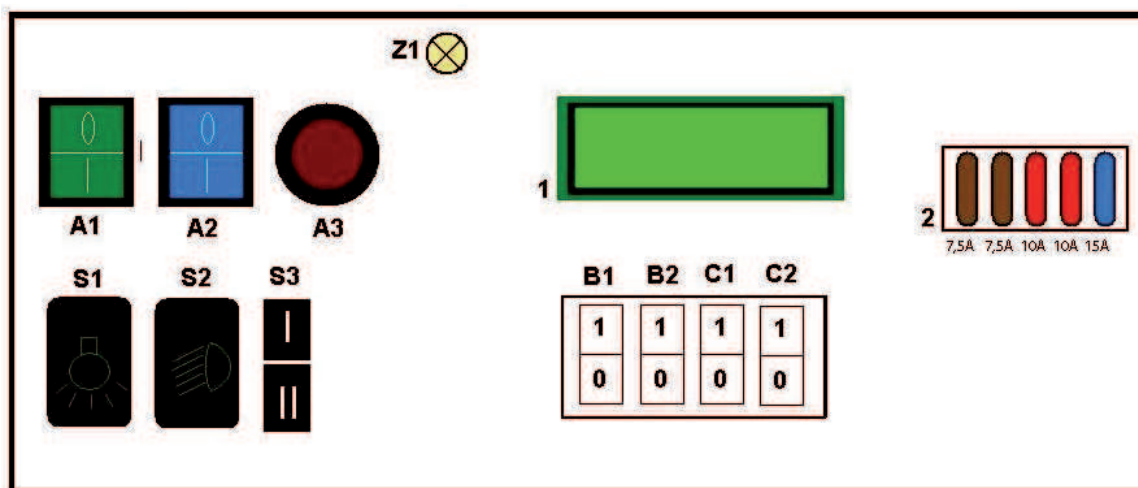
Rys. 6. Sekcja pomiarowa 3 systemu diagnostycznego  
Rys. 6. The diagnostic system – measuring section 3

Do pomiaru napięcia i przetwarzania informacji w nim zawartych, w opisywanym systemie diagnostycznym, został wykorzystany mikroprocesor Atmega 8, zamontowany na tzw. płycie startowej produkcji firmy Nestor Electronics. Płytkę tę została wyposażona we wszystkie niezbędne wyprowadzenia wykorzystywane w budowanym modelu oraz dostosowana do zasilania napięciem 12 V. Mikroprocesor Atmega 8 jest wyposażony w dziesięciobitowy kompensacyjny przetwornik analogowo cyfrowy, wystarczający do przetwarzania napięć występujących na rezystorach kontrolnych systemu diagnostycznego. Jako napięcie referencyjne, zostało wykorzystane napięcie z wewnętrznego źródła napięcia odniesienia o nominalnej wartości 2,56 V.

Do komunikacji z użytkownikiem system diagnostyczny wykorzystuje wyświetlacz LCD 2\*16 znaków. Przetwarzanie danych otrzymywanych z przetwornika analogowo-cyfrowego na komunikaty dla użytkownika realizowane jest za pomocą programu sterującego, napisanego w języku BASCOM [7].

## WYNIKI BADAŃ

Model systemu diagnozującego stan instalacji oświetleniowej w pojazdach samochodowych sterowany jest za pomocą przełączników umieszczonych na płycie czołowej. Znajduje się tam również wyświetlacz, służący do komunikacji z użytkownikiem. Jej widok przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Panel czołowy modelu diagnostycznego kontrolującego stan instalacji oświetleniowej w samochodzie marki Skoda Felicia  
 Fig. 7. The front panel of car light installation diagnostic system in Skoda Fabia

Napięcia odniesienia dla różnych stanów instalacji, również zostały zmierzone za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego mikroprocesora (tabela 2, 3, 4). Program w trakcie działania porównuje wartości tych napięć, umieszczonych w pamięci, z wartościami aktualnie występującymi na rezystorach kontrolnych. Każde napięcie na jednym z trzech wejść przetwornika określa konkretny stan w jakim się znajduje instalacja oświetleniowa. W zależności od wyniku porównania wyświetla on komunikaty informujące użytkownika o pozytywnym wyniku diagnozy lub o wystąpieniu usterki. Przykładowe komunikaty wysyłane przez program obrazuje tabela 6.

Tabela 2. Napięcia na rezystorze kontrolnym sekcji 1  
Table 2. Voltage level on the control resistance in section 1

Stan instalacji	Brak usterek	Przepalony bezpiecznik światła postojowego przedniego	Przepalona żarówka światła postojowego przedniego	Przepalony bezpiecznik światła postojowego tylnego	Przepalona żarówka światła postojowego tylnego	Przepalony bezpiecznik podświetlenia przełączników	Uszkodzony przełącznik świateł mijania	Przepalona żarówka H4
V	V	V	V	V	V	V	V	V
„30”	2,269	-	-	-	-	-	-	-
„15”	2,265	-	-	-	-	-	-	-
„56”	1,325	2,246	2,158	1,838	1,591	1,105	-	-
„58” I	0,555	2,202	2,106	1,800	1,573	1,017	1,006	0,712
„58” II	0,548	2,200	2,119	1,780	1,578	1,297	1,318	0,731

Tabela 3. Napięcia na rezystorze kontrolnym sekcji 2  
Table 3. Voltage level on the control resistance in section 2

Stan instalacji	Brak usterek	Brak masy reflektora	Brak masy lampy tylnej	Uszkodzony przełącznik funkcji „X”	Przepalony bezpiecznik świateł mijania	Przepalony bezpiecznik świateł drogowych
V	V	V	V	V	V	V
„30”	1,672	1,833	1,994	-	-	-
„15”	1,238	1,310	1,383	1,674	-	-
„58”	0,941	0,975	0,983	1,695	1,500	1,248

Tabela 4. Napięcia na rezystorze kontrolnym sekcji 3  
Table 4. Voltage level on the control resistance in section 3

Stan instalacji	punkt „30”	punkt „15”	punkt „56”	punkt „58”	punkt „50” - rozruch
V	V	V	V	V	V
Napięcie	1,724	1,682	1,454	1,433	1,056

Tabela 5. Przykładowe komunikaty systemu  
Tabela 5. Diagnostic system reports on the LCD panel – examples

Reakcja systemu na brak masy reflektora	
Reakcja systemu na przepalenie się żarówki lub bezpiecznika aktualnie włączonych świateł (dalszy komunikat)	
Komunikat o przepaleniu się tylnej żarówki postojowej	
Komunikat o prawidłowym stanie instalacji	

Z testów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych wynika, że system działa zgodnie z przewidywaniami. Napięcia na rezystorach kontrolnych, pełniących rolę czujników, są powtarzalne, a ich wahania są niewielkie (do 5 mV). Zastosowany przetwornik analogowo - cyfrowy oraz mikroprocesor pozwalają je odróżnić i określić rodzaj usterki lub stwierdzić prawidłowe działanie instalacji.

## PODSUMOWANIE

Diagnostyka instalacji oświetleniowej w pojazdach samochodowych jest często pomijana przez producentów pojazdów. Opisany w tej pracy system diagnozujący pozwala rozwiązać ten problem. Przedstawiony system diagnozujący pozwala określić dokładną lokalizację najczęściej występujących usterek w obwodach świateł: postojowych, mijania i drogowych.

Z testów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych wynika, że działa on zgodnie z przewidywaniami. Napięcia na rezystorach kontrolnych, pełniących rolę czujników, są powtarzalne a ich wahania są niewielkie (do 5mV) i nie mają wpływu na pracę systemu. Zastosowany przetwornik analogowo - cyfrowy oraz mikroprocesor pozwalają je odróżnić i określić rodzaj usterki lub stwierdzić prawidłowe działanie instalacji.

Wyposażenie pojazdu w pokładowy system diagnostyczny kontrolujący stan obwodów oświetlenia zewnętrznego pojazdu umożliwia precyzyjne określenie miejsca usterki. Dzięki temu w sposób istotny wpływa na czas jej usunięcia. Precyzyjne określenie miejsca niesprawności kontrolowanego układu umożliwia usunięcie usterki również przez mało wykwalifikowanego użytkownika.

Dalsza perspektywa rozwoju tego systemu to rozszerzenie diagnostyki na całą instalację oświetleniową w pojeździe oraz dostosowanie parametrów informacyjnych do współpracy z innymi układami diagnostycznymi oraz komputerem pokładowym. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe będzie objęcie kompleksową diagnostyką tych elementów pojazdu oraz ograniczenie kosztów związanych z wyposażaniem każdego dodatkowego układu diagnostycznego w oddzielny układ decyzyjny, sterujący i informujący.

## PIŚMIENNICTWO

- PN-85/S-76001 – Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania.
- Bocheński C. 2000.: Badania kontrolne pojazdów, Wydawnictwo WKŁ, Warszawa.
- Cedrich M. R. 2008.: Skoda Felicia, Wydawnictwo WKŁ, Warszawa.
- Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S. 1998.: Elektrotechnika i elektronika samochodowa, Wydawnictwo Uczelniane PL, Lublin.
- Merkisz J., Mazurek S. 2007.: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych, Wydawnictwo WKŁ, Warszawa.
- Trzeciak K. 2008.: Diagnostyka samochodów osobowych, Wydawnictwo WKŁ Warszawa.
- Wiązania M. 2004.: Programowanie mikrokontrolerów AVR w języku BASCOM, Wydawnictwo BTC, Warszawa.
- Żółtowski B. 1996.: Podstawy diagnostyki maszyn, Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz.

## INNER SYSTEM OF LIGHT DIAGNOSTICS IN AUTOMOTIVE VEHICLES

**Summary.** Outer light system of car serves a lot of important functions in motor traffic. The light system in a car is very complicated and its proper work depends on many elements of electric installation. That is why the driver can have problems with finding the faulty element. This article presents a computerized model of light installation diagnostic system. It uses elements of car light installation in Skoda Felicia. The main task of the system is transfer of information on the proper work of light installation and detecting the potential fault.

**Key words:** outer light system of car, diagnostic system, on-board diagnostic, control system, fault identification.

## WIRTUALNY SYSTEM NADZORU STERUJĄCY PRACĄ SYSTEMU SYGNALIZACJI WŁAMANIA I NAPADU

Marcin Buczaj, Andrzej Sumorek

Politechnika Lubelska, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Polska

**Streszczenie.** Prawidłowe działanie systemu alarmowego sygnalizacji włamania i napadu (I&HAS) wiąże się z szybkim przekazaniem informacji do użytkownika o stanie chronionego obiektu. Za komunikację między systemem alarmowym a użytkownikiem odpowiadają moduły komunikacyjne współpracujące z klasycznymi sprzętowymi centralami alarmowymi umieszczonymi w zabezpieczanym obiekcie. Coraz częściej rolę systemu transmisji sygnału pełni sieć internetowa. W artykule przedstawiono koncepcję budowy wirtualnego, zdalnie zarządzanego, układu sterowania i obrazowania dla systemów alarmowych I&HAS. Budowa takiego układu umożliwi sprzętową integrację układów odpowiedzialnych za sterowanie i komunikację w systemie alarmowym oraz programową realizację zadań stawianych klasycznym centralom alarmowym i modułom komunikacyjnym. Dodatkową cechą takich systemów jest ograniczenie infrastruktury sprzętowej w obiekcie tylko do elementów detekcyjnych (czujek) i wykonawczych (sygnalizatorów) wyposażonych w karty sieciowe.

**Słowa kluczowe:** systemy alarmowe, urządzenia i moduły sterujące, systemy transmisji sygnału, zdalny nadzór, kontrola stanu obiektu, wirtualne systemy sterowania.

### WPROWADZENIE

Systemy nadzoru nad stanem chronionego obiektu to systemy umożliwiające sprawowanie kontroli nad dozorowanym obiektem przez użytkowników systemu. Przez użytkowników systemu należy rozumieć zarówno osoby bezpośrednio odpowiedzialne za nadzór nad chronionym obiektem (właściciel obiektu, ochrona obiektu), jak i odpowiednie służby zewnętrzne (policja, straż pożarna). Systemy nadzoru powinny zapewnić użytkownikowi zarówno realizację funkcji monitoringu aktualnego stanu obiektu (funkcje informacyjne) jak i umożliwić ingerencję w aktualne tryby pracy poszczególnych elementów systemu oraz algorytmy realizowanych przez system działań (funkcje sterowania). Ważne staje się również szybkie i precyzyjne skierowanie informacji o wykrytym zagrożeniu do odpowiednich komórek 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;

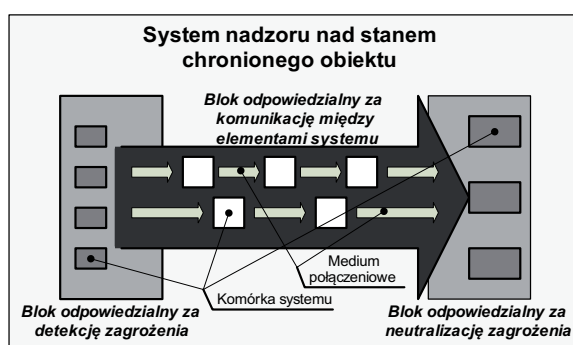
- posiadać procedury neutralizacji przewidziane w przypadku wykrycia zagrożenia;
- współpracować z innymi instalacjami istniejącymi w chronionym obiekcie.

Dodatkową zaletą sterowania na ustawienia poszczególnych parametrów jest zdalne zarządzanie takimi układami. Jest to funkcja dostępna już w układach sterowania pracą inteligentnych budynków [6].

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.

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

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50131-1 [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 [2].

Cechą klasycznych układów jest to, że całość niezbędnej do prawidłowego działania systemu infrastruktury jest fizycznie umieszczona w chronionym obiekcie. Ponadto w klasycznym rozwiązaniu istnieje wyraźne fizyczne odseparowanie układów odpowiedzialnych za sterowanie pracą systemu I&HAS (central alarmowych) od układów komunikacyjnych odpowiedzialnych za przekazywanie informacji o stanie systemu między systemem a użytkownikiem. Układy komunikacyjne w zasadzie informują tylko użytkownika o podjętych przez urządzenia sterujące i obrazujące decyzjach. Również wymiana informacji między podsystemami większych systemów alarmowych I&HAS odbywa się na poziomie układów komunikacyjnych i urządzeń sterujących i obrazujących (central alarmowych). Podsystemy większych układów praktycznie, o ile nie są fizycznie podłączone do danego elementu detekcyjnego, to nie mają informacji jego stanie. Może to wpływać na czas reakcji na występujące w systemie zagrożenie, prawidłowość podjętej decyzji oraz na skuteczność całego procesu neutralizacji zagrożenia.

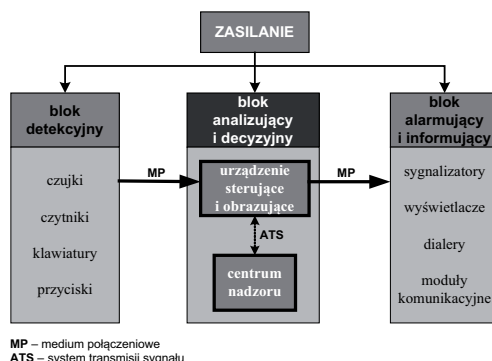
W artykule zostanie zwrócona uwaga na możliwość budowy wirtualnych urządzeń sterujących i obrazujących (central alarmowych) realizujących zadania i funkcje stawiane ich sprzętowemu odpowiednikom. W wirtualnym układzie sterownia i nadzoru część decyzyjna systemu zostanie wyprowadzona z chronionego obiektu i umieszczona jako aplikacja na współpracujących z systemem serwerach. Ponadto w artykule zostanie opisany model systemu I&HAS wykorzystujący wirtualne systemy sterownia i nadzoru, w których zostanie wyeksponowana rola systemów transmisji sygnałów (ATS) i mediów połączeniowych.

## SYSTEMY ALARMOWE I&HAS

Współczesne systemy alarmowe sygnalizacji włamania i napadu I&HAS (*ang. intrusion and hold-up alarm system*) to instalacja elektryczna, która odpowiada na ręczne lub automatyczne wykrycie obecności zagrożenia (włamania, napadu, próby sabotażu systemu) w zabezpieczonym obiekcie [1]. Technicznie jest to zespół współpracujących urządzeń (również z instalacją przewodową), który ma na celu wykrywanie zagrożeń, wywołanie alarmu oraz inicjowanie przedsięwzięć zmierzających do likwidacji takiego zagrożenia.

Dokonując analizy funkcjonowania takiego systemu można wyodrębnić w nim kilka podstawowych powiązanych ze sobą bloków funkcyjnych (rys. 2.):

- blok analizująco-decyzyjny (zarządzający),
- blok detekcyjny (wejściowy),
- blok alarmująco-informujący (wykonawczy),
- blok zasilający.



Rys. 2. Schemat organizacyjny systemu alarmowego I&HAS

Fig. 2. Organization diagram of the alarm system I&HAS

Blok detekcyjny to zespół urządzeń, których zadaniem jest wykrycie zmian zachodzących w chronionym obiekcie lub systemie alarmowym i przekazanie informacji do urządzenia sterującego i obrazującego (centrali alarmowej) systemu. W bloku detekcyjnym nie następuje podejmowanie decyzji o wszczęciu alarmu, przekazywana jest tylko informacja o zmianie mierzonego lub kontrolowanego parametru (temperatura, zmiana położenia, dźwięk, obraz, wibracje, sabotaż) ponad dopuszczalny zakres lub ustaloną wartość.

Blok alarmujący i informujący to zespół urządzeń mających na celu przekazanie informacji pochodzącej z systemu alarmowego do otoczenia (użytkownika) po otrzymaniu sygnału pochodzącego od elementu sterującego pracą systemu. Komunikuje o zaistniałych próbach sabotażu, włamania lub naruszenia chronionej przestrzeni. Informacja ta może być przekazana na kilka sposobów: dźwiękowo, akustycznie, tekstowo, optycznie.



Blok analizująco-sterujący zawiera elementy odpowiedzialne za kontrolę pracy całego systemu oraz za podejmowanie decyzji zgodnie z ustalonymi procedurami zawartymi w algorytmie sterującym. To w nim przetwarzane są informacje pochodzące od poszczególnych elementów detekcyjnych i przekazywane są sygnały do elementów wykonawczych systemu.

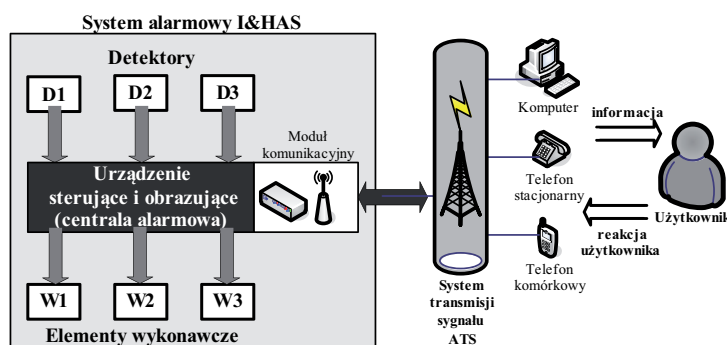
Ostatnią grupę elementów stanowiących system alarmowy są układy zasilania. Są to układy dostarczające energię elektryczną do poszczególnych urządzeń. Nie mają udziału w procesie decyzyjnym i alarmowym, jednak ze względu na fakt, że współczesne systemy alarmowe oparte są na szeroko pojętej elektronice są ich nieodzownym elementem.

Dodatkowo w systemie alarmowym występują układy odpowiedzialne za przesyłanie sygnału między poszczególnymi elementami systemu (media połączeniowe oraz systemy transmisji sygnału).

### SYSTEM I&HAS Z KLASYCZNYM UKŁADEM NADZORU

Układ nadzoru systemu alarmowego I&HAS to układ zawierający urządzenie sterujące i obrazujące (centralę alarmową) oraz współpracujące z centrami nadzoru elementy odpowiedzialne za komunikację na drodze system-użytkownik. System nadzoru to "mózg" całego systemu alarmowego, jego zadaniem jest podjęcie decyzji o wszczęciu alarmu. W tym układzie przechowywane są informacje o stanie wszystkich urządzeń współpracujących w danym systemie alarmowym, a wszystkie decyzje podejmowane są w oparciu o procedury i algorytmy zapisane w programie sterującym pracą systemu alarmowego.

Schemat organizacyjny systemu alarmowego I&HAS z wirtualnym układem sterowania i nadzoru przedstawiony został na rys. 3.



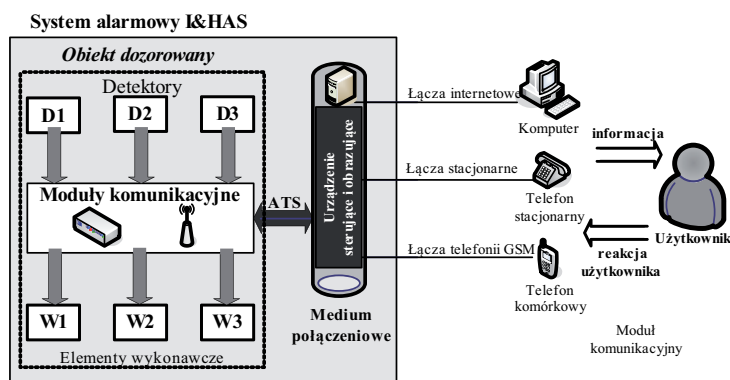
Rys. 3. Schemat organizacyjny systemu alarmowego I&HAS z klasycznym układem nadzoru  
Fig. 3. Organization diagram of the alarm system I&HAS with the classical management system

Najważniejszym elementem systemu alarmowego jest urządzenie sterujące i obrazujące. Są to wyspecjalizowane urządzenia, których zadaniem jest [1, 8]:

- odbieranie i przetwarzanie zgodnie z programem sterującym sygnałów informacyjnych (analogowych i/lub cyfrowych) pochodzących od poszczególnych urządzeń,
- sterowanie poprzez podanie odpowiednich sygnałów wyjściowych,
- obrazowanie zaistniałych zdarzeń na odpowiednich urządzeniach wchodzących w skład systemu sygnalizacji włamania,
- transmisja informacji do innych systemów, np. alarmowego centrum odbiorczego (w skrócie ARC, ang. *alarm receiving centre*).

## WIRTUALNY SYSTEM NADZORU DLA SYSTEMÓW I&HAS

Koncepcja budowy wirtualnych systemów nadzoru sterujących pracą systemów sygnalizacji włamania i napadu opiera się na zastąpieniu sprzętowych urządzeń sterujących i obrazujących (central alarmowych) ich softwerowymi odpowiednikami umieszczonymi w specjalnie wydzielonych do tego serwerach pracujących w centrach nadzoru. Organizacyjnie rozwiązanie to powoduje także podniesienie roli układów komunikacyjnych z układów peryferyjnych, przekazujących na ogół tylko informację o stanie systemu alarmowego, do elementów istotnych, równorzędnych z układami sterującymi i detekcyjnymi. Dlatego ważne jest wyposażenie systemu alarmowego w odpowiedni spełniający wymagania [2] system transmisji sygnału ATS. Jednym z najważniejszych określanych parametrów wpływających na niezawodność działania systemu jest dostępność systemu transmisji. Jest to on zróżnicowany w zależności od klasy systemu alarmowego. W celu prawidłowego działania systemu ważna jest również ochrona informacji transmitowanej. Jest to szczególnie istotne z powodu konieczności transmisji sygnału ogólnodostępną siecią. W normie przewidziano 4 poziomy środków ochrony informacji transmitowanej przez system transmisji alarmu.

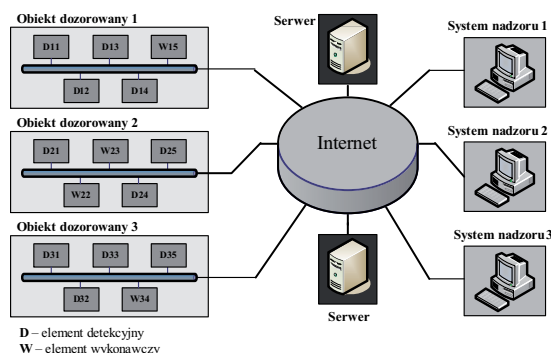


Rys. 4. Schemat organizacyjny systemu alarmowego I&HAS z wirtualnym układem sterowania i nadzoru  
 Fig. 4. Organization schematic diagram of the alarm system I&HAS with the virtual management system

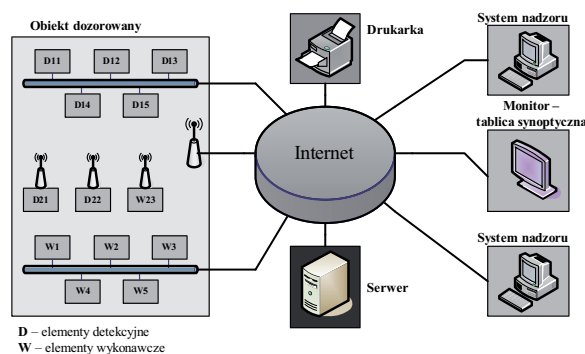
Schemat organizacyjny systemu alarmowego I&HAS z wirtualnym układem sterowania i nadzoru przedstawiony został na rys. 4. Taka organizacja systemu alarmowego umożliwia wprowadzenie układów analizująco-decyzyjnych z dozorowanego obiektu.

Ponadto zastąpienie sprzętowych układów służących do zbierania i analizy informacji układami wirtualnymi (rys. 5) umożliwia budowę rozproszonych układów analizująco-decyzyjnych o dowolnym stopniu powielenia. Utrudnia to proces sabotażu i praktycznie eliminuje możliwość ingerencji w proces działania rejestratora zdarzeń oraz uniemożliwia zniszczenie urządzenia sterującego podczas dokonywania włamania do obiektu [4].

Tworzenie wirtualnych komputerowych systemów pomiarowych [7], czasami nawet pracujących niezależnie, umożliwia ukierunkowanie na różne podejście do rejestrowanego przez układy detekcyjne sygnał (rys. 6). Przesył całego nieprzetworzonego strumienia informacji źródłowej i jego zdalna analiza umożliwia opracowanie adaptacyjnych algorytmów wykrywania zagrożenia, w którym parametry oceny mogą się zmieniać w zależności od rejestrowanych parametrów innych elementów detekcyjnych [4].



Rys. 5. Topologia rozproszonego wirtualnego systemu nadzoru  
Fig. 5. Topology of the distracted virtual control system



Rys. 6. Funkcjonalność wirtualnego systemu alarmowego I&HAS  
Fig. 6. Functionality of the virtual alarm system I&HAS

Ważna jest również możliwość wyeliminowania zbędnych etapów w procesie przekazywania informacji o wystąpieniu zdarzenia. Informacja dochodzi do użytkownika praktycznie bezzwłocznie i niezależnie od miejsca jego przebywania, bez konieczności występowania, często zawodnych, ludzkich etapów pośrednich.

## PODSUMOWANIE

Systemy alarmowe I&HAS są szczególnym przypadkiem układów nadzoru. Ich wyjątkowość polega na realizacji ważnych zadań i funkcji z zakresu ochrony znajdujących się w dozorowanym obiekcie osób i mienia. Dlatego systemy te muszą spełniać rygorystyczne uwarunkowania w zakresie niezawodności działania systemu i przekazywania informacji o wykrytym zagrożeniu. Im krótszy jest czas pomiędzy chwilą wykrycia zagrożenia a reakcją użytkownika systemu na dane zagrożenie, tym większa szansa na ograniczenie szkód wywołanych tym zagrożeniem [3].

Istotne staje się zatem, wyposażenie systemów nadzoru w środki techniczne, w których proces przekazywania informacji o stanie obiektu na drodze "system – użytkownik" odbywał by się automatycznie, bez zbędnych opóźnień oraz aby informacja o stanie dozorowanego obiektu była dostępna na każde żądanie użytkownika w trybie pracy on-line i nie była ograniczona do pewnego obszaru a także by informacja ta była jak najpełniejsza.

Tym zadaniom mogą sprostać nowoczesne systemy alarmowe I&HAS, szczególnie takie wyposażone w wirtualne systemy nadzoru. Umożliwiają one nie tylko kontrolę i sterowanie pracą systemu alarmowego w dozorowanym obiekcie, ale umożliwiają szybsze i pełniejsze otrzymywanie informacji o występującym w obiekcie zagrożeniu. Dzięki otrzymywaniu od centrum nadzoru pełnej informacji o stanie każdego z elementów detekcyjnych systemu istnieje możliwość korygowania parametrów innych elementów w sposób ciągły na podstawie adaptacyjnego algorytmu sterowania.

Dodatkowo istnieje możliwość tworzenia procedur polegających na potwierdzaniu otrzymanych informacji i przekazywaniu informacji o aktualnie podejmowanych decyzjach i działaniach przez poszczególne ośrodki (węzły) decyzyjne o wzajemnych poczynaniach każdego z nich.

Z powodu wykorzystania do przepływu informacji ogólnodostępnej sieci istnieje możliwość sabotażu poprzez zakłócenia procesu przekazywania informacji między komórkami systemu. Możliwe jest podejmowanie ataków z sieci w celu sabotażu działania systemu nadzorującego lub zmylenia jego zadziałania.

Nie można wykluczyć również, że w sytuacji newralgicznej nie nastąpi problem z dostępnością do systemu transmisji sygnału. Dlatego podobnie jak w przypadku dostarczania energii elektrycznej do priorytetowych odbiorców, należy zapewnić niezależne źródła rezerwowe systemu transmisji sygnału, tak aby nie nastąpiły przerwy w przekazywaniu informacji o stanie systemu alarmowego do komórek odpowiedzialnych za neutralizację zagrożenia spowodowany brakiem dostępu użytkownika do sieci.

## PIŚMIENNICTWO

- PN-EN 50131-1 – Systemy alarmowe. Systemy sygnalizacji włamania i napadu. Część 1: Wymagania systemowe, PKN, Warszawa, 2009.
- PN-EN 50136-1-1 – Systemy alarmowe. Systemy i urządzenia transmisji alarmu. Wymagania ogólne dotyczące systemów transmisji alarmu, PKN, Warszawa, 2001.
- Buczaj M.: Czas jako kryterium skuteczności przebiegu procesu neutralizacji zagrożeń w systemach nadzorujących stan chronionego obiektu, *Zabezpieczenia* nr 6(70)/2009, s. 56÷61.
- Buczaj M.: Wykorzystanie telefonii mobilnej i Internetu w procesie przekazywania informacji w systemach nadzorujących stan chronionego obiektu, *Zabezpieczenia* nr 1(71)/2010, s. 56÷61.
- Haykin S.: Systemy telekomunikacyjne, tom I i II, WKiŁ, Warszawa, 2004.
- Horyński M.: Zdalne zarządzanie inteligentną instalacją elektryczną, Motrol t. 8A, Lublin 2006.
- Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe, WKiŁ, Warszawa, 2006.
- Szulc W., Rosiński A.: Systemy sygnalizacji włamania, część I – Konfiguracje central alarmowych., *Zabezpieczenia* nr 2(66)/2009, s. 66÷71.

## VIRTUAL SUPERVISION SYSTEM MANAGEMENT OF THE INTRUSION AND HOLD-UP ALARM SYSTEM

**Summary.** The correct functioning of the intrusion and hold-up alarm system (I&HAS) is connected with a quick transmission of the information about the state of the protected object to the user. The communications module cooperating with the classic hardware control and indicating protective equipment (CIE) is answerable for communication between the alarm system and the user. Quite often internet network serves the alarm transmission system (ATS). This paper presented the concept of building the remote control, virtual

control and indicating equipment for alarm system I&HAS. That system enables programmable realization of the function in the hardware control and indicates equipment and communication modules by use of the applications which are administrated by computer and saved on the server network. The additional advantage of such systems is limiting the equipment in a vehicle to just the detection elements (sensors) and executing elements (signals) supplied with NIC (network interface card).

**Key words:** electronic alarm systems, control equipment, signal transmission system, remote control system, virtual control system.

## KRYTERIA OCENY REALIZACJI ODZYSKU Z SWE

Norbert Chamier-Gliszczyński

Politechnika Koszalińska, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej  
norbert.chamier-gliszczynski@tu.koszalin.pl

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono zagadnienie modelowania odzysku elementów i materiałów z samochodów wycofanych z eksploatacji, w którym podstawowym procesem jest demontaż. Scharakteryzowano funkcję celu dla prowadzonych badań optymalizacyjnych odzysku elementów i materiałów z samochodów wycofanych z eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** samochód wycofany z eksploatacji (SWE), odzysk, recykling, demontaż.

### WSTĘP

Występujący w ostatnim okresie gwałtowny wzrost liczby środków transportu spowodował, że zjawisko odpadów w postaci samochodów wycofanych z eksploatacji z marginalnego, stało się jednym z pierwszoplanowych problemów w zakresie gospodarki odpadami [6, 16]. Ponadto obowiązująca dyrektywa [20] i wynikająca z niej ustawa o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji [21], określa zasady postępowania z pojazdami wycofanymi z eksploatacji w sposób zapewniający ochronę życia i zdrowia ludzi oraz ochronę środowiska zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju [7, 10, 14, 15]. Ustawa ta określa obowiązki tych wszystkich, którzy uczestniczą w cyklu życia środków transportu od jego powstania aż do chwili jego wycofania z eksploatacji. Lecz szczególny nacisk położono na sam proces zagospodarowania zużytych środków transportu, który musi doprowadzić do uzyskania ściśle określonych wartości poziomów odzysku i recyklingu z realizacji tego procesu. Przeprowadzone badania w stacjach demontażu oraz analiza literatury z zakresu przetwarzania wycofanych z eksploatacji środków transportu wskazały na problem z osiągnięciem zalecanych wartości poziomu odzysku i recyklingu przy równoczesnym uzyskaniu zadawalających korzyści finansowych z realizacji tego procesu.

### CHARAKTERYSTYKI EKONOMICZNE ODZYSKU ELEMENTÓW I MATERIAŁÓW Z SWE

W przypadku zbioru odzyskane elementy do ponownego użycia w eksploatacji *OEP* oraz zbioru odzyskane elementy do regeneracji *OER* charakterystyką ekonomiczną będzie uzyskany przychód ze sprzedaży tych elementów, który określamy jako:

$$\text{dep} = \sum_{i=1}^e \text{oe}p_i \cdot k1_i; \quad \text{der} = \sum_{i=1}^f \text{oe}r_i \cdot k2_i, \quad (1)$$

gdzie: dep – przychód uzyskany ze sprzedaży elementów do ponownego użycia w eksploatacji, oep – odzyskany element do ponownego użycia w eksploatacji, e – liczba odzyskanych elementów do ponownego użycia w eksploatacji, k1 – cena sprzedaży pojedynczego elementu, der – przychód uzyskany ze sprzedaży elementów do regeneracji, oer – odzyskany element do regeneracji, f – liczba odzyskanych element do regeneracji, k2 – cena ze sprzedaży elementów do regeneracji.

Natomiast w przypadku odzyskanych płynów eksploatacyjnych i paliw w zależności od stopnia zanieczyszczenia tych płynów i podpisanej umowy między stacją demontażu, a przedsiębiorstwem zajmującym się odzyskiem tych płynów, uzyskamy przychód lub poniesiemy koszty przetworzenia tych odpadów. Charakterystykę ekonomiczną dla zbioru odzyskane płyny eksploatacyjne i paliwa określamy jako:

$$\text{domp} = \sum_{i=1}^g \text{omp}_i \cdot k3_i, \quad (2)$$

gdzie: domp – przychód/poniesiony koszt, ze sprzedaży/przekazania odzyskanych płynów eksploatacyjnych i paliw, omp – rodzaj odzyskanego płynu, g – liczba kategorii odzyskanych płynów, k3 – cena/koszt jaką można uzyskać ze sprzedaży/przekazania określonego płynu.

O zapewnionym przychodzie ze sprzedaży odzyskanych materiałów mamy do czynienia w przypadku zbioru odzyskany złom metali, który określamy jako:

$$\text{dozs} = \sum_{i=1}^h \text{ozs}_i \cdot k4_i; \quad \text{dozk}_i = \sum_{i=1}^k \text{ozk}_i \cdot k5_i; \quad \text{dozms} = \sum_{i=1}^l \text{ozms}_i \cdot k6_i, \quad (3)$$

gdzie: dozs – przychód uzyskany ze sprzedaży złomu stalowego, ozs – rodzaj odzyskanego złomu stalowego, h – liczba odzyskanych gatunków złomu stalowego, k4 – cena jaką można uzyskać ze sprzedaży określonego gatunku złomu stalowego, dozk – przychód uzyskany ze sprzedaży złomu metali nieżelaznych, ozk – rodzaj odzyskane metalu nieżelaznego, k – liczba odzyskanych metali nieżelaznych, k5 – cena jaką można uzyskać ze sprzedaży określonego metalu nieżelaznego, dozms – przychód uzyskany ze sprzedaży złomu metali szlachetnych, ozms – rodzaj odzyskane złomu metali szlachetnych, l – liczba rodzaj odzyskanych metali szlachetnych, k6 – cena jaką można uzyskać ze sprzedaży określonego metalu szlachetnego.

Ze sprzedaży odzyskanych materiałów ze zbioru odzyskane pozostałe materiały, stacja demontażu otrzymuje przychód, ale ponosi też koszty przekazania do dalszego odzysku lub recyklingu materiałów, które nie są surowcami wtórnymi. Istnieje też możliwość bezpłatnego przekazania posegregowanych materiałów do odzysku i recyklingu (np. odzysk energetyczny opon samochodowych w cementowni, która przyjmuje opony bezpłatnie). Do charakterystyki ekonomicznej tych odzyskanych materiałów zaliczamy:

$$\text{dots} = \sum_{i=1}^m \text{ots}_i \cdot k7_i; \quad \text{dos} = \sum_{i=1}^n \text{os}_i \cdot k8_i, \quad (4)$$

$$\text{dow} = \sum_{i=1}^o \text{ow}_i \cdot k9_i; \quad \text{dog} = \sum_{i=1}^p \text{og}_i \cdot k10_i, \quad (5)$$

gdzie: dots – przychód/koszt uzyskany, ze sprzedaży/przekazania odzyskanych tworzyw sztucznych, ots – odzyskane tworzywo sztuczne, m – liczba odzyskanych tworzyw sztucznych, k7 – cena /koszt za 1kg określonego tworzywa sztucznego, dos – przychód/koszt uzyskany, ze sprzedaży/przekazania odzyskanego szkła, os – odzyskane szkło, n – liczba odzyskanych gatunków szkła, k8 – cena /koszt za 1kg określonego szkła, dow – przychód/koszt uzyskany, ze sprzedaży/przekazania odzyskanego włókna, ow – odzyskane włókno, o – liczba odzyskanych gatunków włókna, k9 – cena /koszt za 1kg określonego włókna, dog – przychód/koszt uzyskany, ze sprzedaży/przekazania odzyskanej gumy, og – odzyskana guma, p – liczba odzyskanych gatunków gumy, k10 – cena /koszt za 1kg określonej gumy.

Natomiast w przypadku odzyskanych pozostałych odpadów ze zbioru *OPO* stacja demontażu musi ponieść koszty za przekazanie odpadu do odzysku, recyklingu lub ponieść koszty za składowanie odpadu na składowisku odpadów. Koszt ten określamy jako:

$$\text{kopo} = \sum_{i=1}^r \text{opo}_i \cdot \text{k11}_i, \quad (6)$$

gdzie: kopo – całkowity koszt przekazania/składowania odpadów, opo – odzyskany odpad, r – liczba odzyskanych odpadów, k11 – koszt za 1kg przekazania/składowania określonych odpadów.

Przychód uzyskujemy również ze sprzedaży złomu akumulatorowego:

$$\text{doza} = \sum_{i=1}^s \text{oza}_i \cdot \text{k12}_i, \quad (7)$$

gdzie: doza – przychód uzyskany ze sprzedaży złomu akumulatorowego, oza – rodzaj odzyskane złomu akumulatorowego, s – liczba gatunków złomu akumulatorowego, k12 – cena jaką można uzyskać ze sprzedaży określonego złomu akumulatorowego.

## KOSZT DEMONTAŻU SAMOCHODU WYCOFANEGO Z EKSPLOATACJI

Przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim  $O^{ab} \times W \times W$  zadane jest odwzorowanie *kd*, postaci:

$$\text{kd} : O^{ab} \times W \times W \rightarrow \mathbb{R}^+, \quad (8)$$

gdzie:  $\text{kd}((a, b), (i, j))$  jest liczbą rzeczywistą dodatnią o interpretacji kosztu demontażu operacji demontażowej  $(i, j)$  w relacji odzysku  $(a, b)$ . Dla przejrzystości zapisu będziemy stosować poniższą notację:

$$\text{kd}((a, b), (i, j)) \equiv \text{kd}^{(a, b)}. \quad (9)$$

Przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim  $O^{ab} \times W \times W$  zadane jest odwzorowanie *kdn*, postaci:

$$\text{kdn} : O^{ab} \times W \times W \rightarrow \mathbb{R}^+, \quad (10)$$

gdzie:  $\text{kdn}((a, b), (i, j))$  jest liczbą rzeczywistą dodatnią o interpretacji kosztu demontażu nieniszczącego operacji demontażowej  $(i, j)$  w relacji odzysku  $(a, b)$ . Dla przejrzystości zapisu będziemy stosować poniższą notację:



$$\text{kdn}((a,b),(i,j)) \equiv \text{kdn}^{(a,b)}. \quad (11)$$

Przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim  $O^{ab} \times W \times W$  zadane jest odwzorowanie  $kdu$ , postaci:

$$\text{kdu}: O^{ab} \times W \times W \rightarrow \mathbb{R}^+, \quad (12)$$

gdzie:  $kdu((a,b),(i,j))$  jest liczbą rzeczywistą dodatnią o interpretacji kosztu demontażu ze strefy uszkodzonej operacji demontażowej  $(i,j)$  w relacji odzysku  $(a,b)$ . Dla przejrzystości zapisu będziemy stosować poniższą notację:

$$\text{kdu}((a,b),(i,j)) \equiv \text{kdu}^{(a,b)}. \quad (13)$$

Do dodatkowych kosztów zaliczamy: ewentualny koszt zakupu samochodu wycofanego z eksploatacji  $kz$  oraz inne koszty związane z realizacją odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji  $kp$ . Całkowite koszty dodatkowe odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji określamy jako:

$$\text{kdd} = kz + \sum_{i=1}^s kp_i, \quad (14)$$

gdzie:  $\text{kdd}$  – dodatkowy koszt odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji,  $kz$  – koszt zakupu samochodu wycofanego z eksploatacji,  $kp$  – pozostałe koszty związane z realizacją odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji.

## ZADANIE OPTYMALIZACJI ODZYSKU ELEMENTÓW I MATERIAŁÓW Z SWE

W rozpatrywanym odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji, dysponujemy samochodem wycofanym z eksploatacji o określonej strukturze i masie  $M_{swe}$ , który należy poddać odzyskowi. Analizowany odzysk elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji, określamy jako trójkę uporządkowaną, w której graf odwzorowujący strukturę procesu demontażu jest grafem dwudzielnym i pełnym [3, 5, 11, 13], gdzie wyróżniono  $A, A\dot{I}W$  zbiór elementów do odzyskania i  $B, B\dot{I}W$  zbiór odzyskanych elementów i materiałów. Między wyróżnionymi wierzchołkami zachodzą relacje odzysku, która są dopuszczalne lub niedopuszczalne dla danego odzyskiwanego elementu. Przyjmujemy, że z każdego  $a$ -tego wierzchołka stanowiącego element do odzyskania, można odzyskać masę w ilości  $m_a, a=1, 2, \dots, A; m_a \geq 0$ . Analogicznie przyjmujemy, że w każdym  $b$ -tym wierzchołku stanowiącym odzyskane elementy i materiały można przyjąć masę w ilości  $m_b, b=1, 2, \dots, B; m_b \geq 0$ . Zakładamy, że dana jest zależność opisująca [2, 19]: koszty demontażu operacji demontażowych w poszczególnych relacjach odzysku, koszty przekazania odzyskanych materiałów do odzysku lub recyklingu oraz uzyskanie dochodu ze sprzedaży odzyskanych elementów i materiałów, możliwe jest sformułowanie zadania optymalizacyjnego [1, 4, 8, 9, 12, 17, 18]. Zadanie to polega na wyznaczeniu optymalnej strategii odzysku elementów i materiałów z określonego samochodu wycofanego z eksploatacji, dla której funkcja celu:

$$\begin{aligned}
f_c(SWE_d) = & \sum_{i=1}^e oep_i \cdot k1_i + \sum_{i=1}^f oer_i \cdot k2_i + \sum_{i=1}^g omp_i \cdot k3_i + \sum_{i=1}^h ozs_i \cdot k4_i + \sum_{i=1}^k ozk_i \cdot k5_i + \\
& + \sum_{i=1}^l ozms_i \cdot k6_i + \sum_{i=1}^m ots_i \cdot k7_i + \sum_{i=1}^n os_i \cdot k8_i + \sum_{i=1}^o ow_i \cdot k9_i + \sum_{i=1}^p og_i \cdot k10_i + \\
& + \sum_{i=1}^r opo_i \cdot k11_i + \sum_{i=1}^s oza_i \cdot k12_i - \sum_{(a,b) \in RD} (kd^{(a,b)} + kdn^{(a,b)} + kdu^{(a,b)}) - kdd
\end{aligned} \quad (15)$$

przyjmuje wartość maksymalną, co jest równoznaczne z osiągnięciem przez stację demontażu maksymalnego zysku z realizacji odzysku elementów i materiałów z danego samochodu wycofanego z eksploatacji.

Warunki ograniczające:

warunek osiągnięcia poziomu odzysku samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$POSWE_d \geq 0,85, \quad (16)$$

warunek osiągnięcia poziomu recyklingu samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$PRSWE_d \geq 0,80, \quad (17)$$

warunki bilansowe odzyskiwanej i odzyskanej masy elementów i materiałów w procesie odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$\forall a \in A \quad \sum_{a=1}^A m^{(a,b)} \leq m_a; \quad \forall b \in B \quad \sum_{b=1}^B m^{(a,b)} \leq m_b, \quad (18)$$

gdzie: A – zbiór elementów do odzyskania,  $m^{(a,b)}$  – masa odzyskana w relacji odzysku (a, b),  $m_a$  – masa elementu do odzyskania, B – zbiór odzyskane elementy i materiały,  $m_b$  – masa elementu odzyskanego.

## WNIOSKI

Badania optymalizacyjne odzysku elementów i materiałów z samochodów wycofanych z eksploatacji, w których zastosowano funkcje celu opisaną równaniem 15 doprowadziły do wzrostu poziomu odzysku i recyklingu. Równocześnie badania te umożliwiły uzyskanie większych korzyści finansowych dla stacji demontażu z realizacji procesu odzysku elementów i materiałów z wycofanych z eksploatacji środków transportu.

## LITERATURA

- Adenso-Diaz B., Garcia-Carbajal S., Gupta Surendra M.: A path-relinking approach for a bi-criteria disassembly sequencing problem. *Computer & Operations Research* 35, 2008.
- Johnson M. R., Wang M. H.: Economical evaluation of disassembly operations for recycling re manufacturing and Ruse. *International Journal of Production Research* Vol. 36, No. 12, 1998.
- Jing Rong Li, Li Pheng Khoo, Shu Beng Tor.: Generation of possible multiple components disassembly sequence for maintenance reusing a disassembly constraint graph. *International Journal of Production Economics* 102, 2006.

- McGovern S. M., Gupta Surendra M.: Ant colony optimization for disassembly sequencing with multiple objectives. *International Journal of Production Research* 30, 2006.
- Barba-Gutierrez Y., Adenso-Diaz B., Gupta S. M.: Lot sizing In reverse MRP for scheduling disassembly. *International Journal of Production Economics* 111, 2008.
- Lewicki R., Kłos Z.: Analiza środowiskowych konsekwencji różnych wariantów recyklingu wyeksploatowanych pojazdów samochodowych w Polsce. *Problemy Jakości* 12/2006.
- Wang X., Qin Y., Chen M., Wang Ch.: End-of life vehicle recycling based on disassembly. *Journal Central South University Of Technology* Vol. 12, Supple. 2, 2005.
- Teunter R. H.: Determining optima disassembly and recovery strategies. *Omega, The International Journal of Management Science* 34, 2006.
- Lambert A. J. D.: Optimizing disassembly processes subjected to sequence-dependent cost. *Computer & Operations Research* 34, 2007.
- Tsai C. Kuo: Enhancing disassembly and recycling planning using life cycle analysis. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 22, 2006.
- Andres C., Lozano S., Adenso-Diaz B.: Disassembly sequence planning in a disassembly cell context. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 23, 2007.
- Sodhi M. S., Young J., Knight W. A.: Modelling material separation processes In bulk recycling. *International Journal of Production Research* Vol. 37, No. 10, 1999.
- Duta L., Filip F. G., Henrioud J., Popescu C.: Disassembly Line Scheduling with Genetic Algorithms. *International Journal of Computers, Communications & Control* Vol. III, No. 3, 2008.
- Koffler Ch., Rohde-Brandenburger K.: On the calculation of fuel savings through lightweight design In Automotive life cycle assessments. *International Journal Life cycle Assessment* 15, 2010.
- Saur K., Fava J. A., Spatari S.: Life Cycle Engineering Case Study: Automobile Fender Designs. *Environmental Progress* Vol. 19, No. 2, 2000.
- Słowikowski M., Zalewski K., Zieliński J.: Recykling pojazdów w Polsce – sytuacja bieżąca. *Pomiary Automatyka Robotyka* 11/2008.
- Lambert A. J.D., Gupta S. M.: Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse, and recycling. CRC Press, 2005.
- Penev K. D.: Design of Disassembly Systems. Technische University Eindhoven, 1996.
- Forslind K. H.: The economics of environmental law enforcement: end-of life vehicles. *European Journal Law Econ* 23, 2007.
- Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. *Official Journal of the EU*, L269, 21.10.2000.
- Ustaw o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji z dnia 20.01.2005 (Dz. U. Nr 25, poz. 202).

## ENVIRONMENTAL ASPECT OF TRANSPORT MEANS - CRITERIA OF RECOVERY FROM ELVS

**Abstract.** This paper presents a model of recovery of components and materials from end-of life vehicles. At the same time, the assumption was taken into account in the recovery model that the disassembly constitutes the basic process of the recovery of components and materials.

**Keywords:** end-of life vehicle (ELV), recovery, recycling, disassembly.

## ODZYSK ELEMENTÓW SAMOCHODU PO JEGO KASACJI

Norbert Chamier-Gliszczyński

Politechnika Koszalińska, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej  
norbert.chamier-gliszczynski@tu.koszalin.pl

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano wyniki z przeprowadzonych badań doświadczalnych i optymalizacyjnych odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** samochód wycofany z eksploatacji (SWE), odzysk, recykling, demontaż niszczący, demontaż nieniszczący.

### WSTĘP

Przeprowadzone badania optymalizacyjne i badania doświadczalne odnoszą się do samochodu  $SWE(PC)_1$ , w odniesieniu, do którego zastosowano odzysk uwzględniający recykling produktowy i materiałowy [2, 3, 4, 7, 11, 13]. Równocześnie podstawowym procesem na etapie realizacji odzysku jest demontaż [6, 9, 10]. Strukturę demontowanego samochodu  $SWE(PC)_1$  określono jako:

$$SWE(PC)_1 = (D, E, P), \quad (1)$$

gdzie: D – zbiór danych, E – zbiór elementów, P – zbiór płynów.

### BADANIA DOŚWIADCZALNE I OPTYMALIZACYJNE ODZYSKU ELEMENTÓW I MATERIAŁÓW Z SWE

W ocenie porównawczej otrzymanych wyników badań optymalizacyjnych i doświadczalnych odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$ , wykorzystano dwa kryteria [5, 8, 12, 13, 14, 15, 17]: kryterium techniczne i kryterium ekonomiczne. Opracowano kartę odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji [15, 17], w której zostały zestawione wyniki badań optymalizacyjnych i badań doświadczalnych (tab. 1).

Tabela 1. Karta odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$   
 Table 1. The card of recovery components and materials from vehicle  $SWE(PC)_1$

Karta odzysku elementów i materiałów z samochodów wycofanych z eksploatacji $SWE(PC)_1$				
Lp.		1	2	
		Badania optymalizacyjne	Badania doświadczalne	
Symbol pojazdu		$SWE(PC)_1$	$SWE(PC)_1$	
Nr zaświadczenia		1/1	1/1	
Masa pojazdu		[g] 1114424	1114424	
Sorbenty		[g] 200	200	
Odzyskane elementy	Elementy do ponownego użycia w eksploatacji	[g] 154637	154637	
	Elementy do regeneracji	[g] 13800	13800	
Odzyskane płyny eksploatacyjne i paliwa	Oleje	[g] 5881	5881	
	Płyn hamulcowy	[g] 400	400	
	Płyn układu chłodzenia	[g] 7500	7500	
	Płyn spryskiwaczy szyb	[g] 4500	4500	
	Czynnik klimatyzacji	[g] 0	0	
	Benzyna	[g] 5000	5000	
	Olej napędowy	[g] 0	0	
	Płynny gaz propan-butan	[g] 2000	2000	
	Inne płyny eksploatacyjne	[g] 0	0	
Odzyskany złom metali	Odzyskany złom metali żelaznych	O grubości pow. 4 mm	[g] 177385	99870
		O grubości do 4 mm	[g] 471560	537688
		Mieszany	[g] 0	0
		Do strzępienia	[g] 0	0
	Odzyskany złom metali nieżelaznych	Aluminium	[g] 20960	4800
		Miedź	[g] 450	
		Cynk	[g] 294	
		Przewody	[g] 6900	
	Odzyskany złom akumulatorowy	Akumulator	[g] 12000	12000
		Ołów	[g] 240	0
	Odzyskany złom metali szlachetnych	Katalizator	[g] 4500	4500
		Inne	[g] 0	0

Odzyskane pozostałe materiały		ABS	[g]	3563	22650
		PE	[g]	70	
		PA66	[g]	100	
		PBT	[g]	3	
		PMMA	[g]	435	
		PP	[g]	3320	
		PVC	[g]	68	
		UP	[g]	300	
		PUR Pianka	[g]	4880	
		PE-HD	[g]	500	
		PE-LD	[g]	340	
		SP	[g]	700	
		ABS+PP	[g]	400	
		ABS+PBT-GF30	[g]	100	
		PC+PBT	[g]	0	
		POM+PA66+PE	[g]	362	
		PP+EPDM+T10	[g]	0	
		PP+EPDM+T30	[g]	340	
		PP-T25+EPDM	[g]	900	
		PVC+PA	[g]	0	
		PVC+PS	[g]	1960	
		PVC+ABS	[g]	600	
		PU+ABS	[g]	0	
		PA-GF30	[g]	0	
		PP-GF30	[g]	690	
		PP-T20	[g]	3029	
		PA66-GF30	[g]	810	
		EPDM	[g]	300	
		Tworzywa mieszane	[g]	1400	
	Odzyskane szkło		Szyby klejone	[g]	
		Inne szyby	[g]	11298	2398
		Inne szkło	[g]	0	0
Odzyskane włókna		Mieszanka włókien n/s	[g]	620	0
		Inne włókna	[g]	0	0
Odzyskana guma		Guma	[g]	17044	0
		Zużyte opony	[g]	19350	19350

Odzyskane pozostałe odpady	Filtr oleju	[g]	800	800
	Elementy filtracyjne	[g]	300	300
	Kondensatory PCB	[g]	0	0
	Urządzenia elektroniczne	[g]	3175	0
	Okładziny hamulcowe	[g]	1480	1480
	Zbiornik gazu	[g]	13200	13200
	Gaśnica	[g]	1050	1050
	Elementy niebezpieczne	[g]	0	0
	Pozostałe odpady	[g]	132930	200620

### KRYTERIUM TECHNICZNE

Kryterium techniczne to ocena odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  pod kątem uzyskanych wartości poziomu odzysku i recyklingu. Poziom odzysku samochodu  $SWE(PC)_1$  określono jako:

$$POSWE(PC)_1 = \frac{MOE + MMO}{M_{swe}} \times 100\%, \quad (2)$$

gdzie:  $POSWE(PC)_1$  – poziom odzysku samochodu,  $MOE$  – masa odzyskanych elementów z samochodu  $SWE(PC)_1$  (tab. 2),  $MMO$  – masa odzyskanych materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  przekazanych do odzysku (tab. 2),  $M_{swe}$  – masa samochodu  $SWE(PC)_1$  (tab. 2).

Natomiast poziom recyklingu samochodu  $SWE(PC)_1$  określono jako:

$$POSWE(PC)_1 = \frac{MOE + MMR}{M_{swe}} \times 100\%, \quad (3)$$

gdzie:  $PRSWE(PC)_1$  – poziom recyklingu samochodu,  $MOE$  – masa odzyskanych elementów z samochodu  $SWE(PC)_1$  (tab. 2),  $MMR$  – masa odzyskanych materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  przekazywanych do recyklingu (tab. 2),  $M_{swe}$  – masa samochodu  $SWE(PC)_1$  (tab. 2).

### KRYTERIUM EKONOMICZNE

Kryterium ekonomiczne to ocena zrealizowanego odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  pod kątem osiągniętych korzyści finansowych. W kryterium tym uwzględniono następujące parametry:

- wartości poszczególnych czasów demontażu dla operacji demontażu nieniszczącego,
- wartości poszczególnych czasów demontażu dla operacji demontażu niszczącego,
- koszty roboczogodziny dla operacji demontażu nieniszczącego,
- koszty roboczogodziny dla operacji demontażu niszczącego,
- ceny sprzedaży odzyskanych elementów i materiałów,
- koszty przekazania odzyskanych materiałów do recyklingu lub składowania.

Tabela 2. Masa odzyskanych elementów i materiałów z  $SWE(PC)_1$   
 Table 2. The weight of recovery components and materials from  $SWE(PC)_1$

	Badania optymalizacyjne	Badania doświadczalne
MOE (masa odzyskanych elementów z samochodu $SWE(PC)_1$ )	168437 [g]	168437 [g]
MMO (masa odzyskanych materiałów z samochodu $SWE(PC)_1$ przekazanych do odzysku)	813057 [g]	722717 [g]
MMR (masa odzyskanych materiałów z samochodu $SWE(PC)_1$ przekazanych do recyklingu)	793707 [g]	703367 [g]
$M_{swe}$ (masa samochodu $SWE(PC)_1$ )	1114424 [g]	1114424 [g]

## WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonego odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  uzyskano poziom odzysku w wysokości:

badania optymalizacyjne  $POSWE(PC)_1 = 88,07\%$ ,

badania doświadczalne  $POSWE(PC)_1 = 79,96\%$ ,

oraz poziom recyklingu w wysokości:

badania optymalizacyjne  $PRSWE(PC)_1 = 86,33\%$ ,

badania doświadczalne  $PRSWE(PC)_1 = 78,23\%$ .

Optymalizacja odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  pozwoliła na uzyskanie większych wartości poziomu odzysku i recyklingu samochodu  $SWE(PC)_1$  od tych uzyskanych w badaniach doświadczalnych. Zaproponowana w badaniach optymalizacyjnych strategia odzysku elementów i materiałów z samochodu  $SWE(PC)_1$  umożliwia uzyskanie większych korzyści finansowych dla przedsiębiorcy prowadzącego stację demontażu niż zastosowana strategia odzysku w badaniach doświadczalnych (tab. 3).

Tabela 3. Zysk z realizacji odzysku elementów i materiałów z  $SWE(PC)_1$   
 Table 3. The economic profit from recovery of  $SWE(PC)_1$  components and materials

	Badania optymalizacyjne	Badania doświadczalne
Zysk z realizacji odzysku elementów i materiałów z samochodu $SWE(PC)_1$	2306,53 zł	2221,70 zł



## LITERATURA

- Johnson M. R., Wang M. H.: Economical evaluation of disassembly operations for recycling re manufacturing and Ruse. *International Journal of Production Research* Vol. 36, No. 12, 1998.
- Lewicki R., Kłos Z.: Analiza środowiskowych konsekwencji różnych wariantów recyklingu wyeksploatowanych pojazdów samochodowych w Polsce. *Problemy Jakości* 12/2006.
- Wang X., Qin Y., Chen M., Wang Ch.: End-of life vehicle recycling based on disassembly. *Journal Central South University Of Technology* Vol. 12, Supple. 2, 2005.
- Teunter R. H.: Determining optima disassembly and recovery strategies. *Omega, The International Journal of Management Science* 34, 2006.
- Lambert A. J. D.: Optimizing disassembly processes subjected to sequence-dependent cost. *Computer & Operations Research* 34, 2007.
- Tsai C. Kuo.: Enhancing disassembly and recycling planning using life cycle analysis. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 22, 2006.
- Sodhi M. S., Young J., Knight W. A.: Modelling material separation processes in bulk recycling. *International Journal of Production Research* Vol. 37, No. 10, 1999.
- Duta L., Filip F. G., Henrioud J., Popescu C.: Disassembly Line Scheduling with Genetic Algorithms. *International Journal of Computers, Communications & Control* Vol. III, No. 3, 2008.
- Koffler Ch., Rohde-Brandenburger K.: On the calculation of fuel savings through lightweight design in Automotive life cycle assessments. *International Journal Life cycle Assessment* 15, 2010.
- Saur K., Fava J. A., Spatari S.: Life Cycle Engineering Case Study: Automobile Fender Designs. *Environmental Progress* Vol. 19, No. 2, 2000.
- Słowikowski M., Zalewski K., Zieliński J.: Recykling pojazdów w Polsce – sytuacja bieżąca. *Pomiary Automatyka Robotyka* 11/2008.
- Lambert A. J.D., Gupta S. M.: Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse, and recycling. CRC Press, 2005.
- Penev K. D.: Design of Disassembly Systems. Technische University Eindhoven, 1996.
- Forslind K. H.: The economics of environmental law enforcement: end-of life vehicles. *European Journal Law Econ* 23, 2007.
- Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. *Official Journal of the EU*, L269, 21.10.2000.
- PN-EN ISO 11469. Tworzywa sztuczne. Identyfikacja rodzaju tworzywa i znakowanie wyrobów z tworzyw sztucznych. Polski Komitet Normalizacji.
- Ustawa o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji z dnia 20.01.2005 (Dz. U. Nr 25, poz. 202).

ENVIRONMENTAL ASPECT OF  
TRANSPORT MEANS – PROBLEM OF RECOVERY

**Abstract.** This paper presents the problem of the recovery of components and materials from end-of life vehicle. Results of experimental research concerning the optimum recovery are discussed.

**Keywords:** end-of life vehicle (ELV), recovery, recycling, disassembly, dismantling.

## THE ECONOMY OF BIOFUELS PRODUCTION IN UKRAINE: CHANCES AND CHALLENGES

Georgij Cherevko\*, Oleg Krupych\*\*, Iryna Cherevko\*\*\*, Wolodymyr Kowaliw\*\*\*\*

\* Head of the Department of Enterprise Economics at the Lviv National Agrarian University in Dublany; head of the Department of Theory of Economics at the Tomaszów Lubelski Branch of Law and Economics Faculty of the John Paul II Catholic University in Lublin.

\*\* Head of the Department of Agricultural Machines at the Lviv National Agrarian University in Dublan.

\*\*\* Senior lecturer at the Department of Enterprise Economics at the Lviv National Agrarian University in Dublany.

\*\*\*\* Docent at the Department of Finances of the Lviv National Agrarian University in Dublany; head of the Department of Finances at the Lviv National Agrarian University in Dublany.

**Summary.** The article presents the main directions of biofuels production development trends in Ukraine as well as some results of evaluation of this production's further development taking into account needed resources in the context of state regulations on food safety.

**Key words:** biofuels, resources, factors, food safety.

### INTRODUCTION

Depending on 90% on fossil fuels, the world economy, i.e. oil, coal and natural gas is experiencing crisis, caused by the decrease in the world mining of energy resources, particularly oil. Nowadays, most of the developed countries consider dependence on oil import as a question of national and energy safety and use of oil products as energy source which is ecologically dangerous [2]. Structure of fuel and energy resources of Ukraine is threatening the energy and national safety, because it covers only 53% needs of energy consumption, and imports 75% of the required natural gas and 85% of crude oil and oil products [15].

## MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

Different statistic data, related to the situation in the agriindustrial sector of Ukraine as well as of some regions, materials of statistic reports of agricultural enterprises were used for this research preparation and realization. The set of methods was used, which allowed to receive results to some extent sufficiently substantiated. The use of monographic method made it possible to get acquainted with this problem and ways of solving some similar problems in other countries, to study articles of national and foreign scientists, devoted to the problems of rational use of energetic resources as well as to alternative energy sources. Use of the method of analysis of dynamic ranges, comparison, statistic grouping and correlation made it possible to analyze the phenomenon under research in time and in various organizational farming forms, to find out the main factors influencing the effectiveness of those processes in the context of chances and challenges of biofuels production and food safety in Ukraine.

## THE RESULTS AND DISCUSSIONS

According to data of the Industrial News Agency, every year Ukraine uses nearly 200 mln tons of fuel and it is the country of energy deficiency. It wipes out 53% of its own demands but importing 75% of bulk of natural gas and 85% of oil and oil products [16, p.7]. Ukrainian agriculture uses 2,5 mln. t of oil products every year [13, p. 12]. Fuel expenditure per hectare is 120 l in Ukraine, which is too much [12, p.16]. Under such conditions it is obvious that Ukraine needs diversification of sources of primary energy for production of fuel. It is also necessary to use forms of energy that are available locally or, at least, are distributed more evenly than crude oil. Though the market of biofuel provides many advantages for agriculture and humanity in view of energy supply liability and decrease of hot gas release (especially carbon dioxin), formation of the world market of biofuel does not coincide with its importance for people.

Ecological and environmental advantages of alternative fuel are, of course, undoubtful and certified by the world practice. [17, p.10]. In Germany, factories producing biodiesel work practically without waste and on the closed cycle of the water usage [6, p.83-86].

At the present level of world consumption of liquid fuel in the amount of 4000 mtoe/g (million ton of oil equivalent/g; or 5720 billion kilowatt/hour) and its increase to 5400 mtoe/g till 2030, the world production of biofuel, according to International Energy Agency, makes 50 billion liter (36 million ton in oil equivalent) and will increase to 150 mtoe/g till 2030; average annual growth will make 7%, but its specific weight in the world amount of liquid fuel will make less than 3% [9, p.31]. We have to take into account also such fact as the rapidly growing level of prices on oil on the world oil market [10].

This market is being rapidly developed only in ten countries, i.e. European Union, USA, Canada, Brasilia and others. But now in many regions, including Ukraine, adequate conditions for introduction and development of such innovation are still not provided and there are other obstacles which should be overcome.

Ukraine possesses all natural and economic conditions for biofuel production and selling: land resources, scientific, technical and labor potential as well as legal documents of biofuel market development. Nearly 90 spirit plants operate in Ukraine, completely satisfying the needs in spirit for hard drinks production, though working by 30% of their capacity. But only 11 of the plants having capacity of 30 thousand ton make reconstruction for production of bioethanol. Oil factories are capable to process 7,5 million ton of oil seed. In case of correct governmental economic policy and use of existing "spare" spirit, sugar, yeast plants and departments, as well as oil factories for

biofuel production, Ukraine will be able to become one of its most significant producers. Domestic market of bioethanol can achieve 800-1200 thousand ton per year, in case it substitutes 10-15% of petrol consumed in Ukraine and 623 thousand ton of biodiesel fuel per year [9, p.31].

There is the question - does the potential of land and resource base of Ukraine correspond to methodical principles promoted by the FAO concerning development of foreseen biofuel market and also population supply with food?

According to the data of the Institute of Economics of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine and the International Institute of Applicative Systematical Analysis the size of land resources for biofuels production in Ukraine is bigger than size of land resources for biofuels production in the whole EU [3, p.92].

The fund of land in Ukraine equals 60,4 mln ha, the fund of arable land - 41,7 mln ha (70%). It means that the area of arable land in Ukraine is equal to 22% of the same area in 27 countries of EU as the whole. Per 1 citizen this index in Ukraine is equal to 0,8 ha, in EU - 0,37. If we assume that a man is richer if he has more area of land, each citizen in Ukraine is richer than citizen in the EU by almost three times [8, p.10].

The European Union produces nearly 60% of the world amount of biodiesel fuel. In Europe leading position in the production of biodiesel is occupied by Germany (12 billion liter), the second and third places are occupied by France and Austria, respectively. Bioethanol production in the EU countries is performed in smaller amounts.

Countries of the European Union develop clear strategy of biofuel production in the future, determining selection of lands for energy raw material production in order not to cause problems of food supply and environmental pollution. It includes three generations. Biofuel of the first generation is made of energy crops and biomass, the second generation biofuel is supposed to be made of lignin and cellulose fiber and the third one - made of water plants. Speaking about development of biofuel market in Ukraine it is necessary to use existing resources of production biofuel of the first generation.

Institute of Economics and Forecasting NAS of Ukraine and International Institute of Applied System Analysis (NASA, Austria) made joint research of potential of land and resource base of Ukraine according to methodical principles promoted by FAO concerning provision of food safety and raw material for biofuel production in order to answer the questions connected with critical food crisis. The authors of research at the above-mentioned Institutes determine that in the next 20-30 years problem of famine in the world will not be solved and it is the starting point. It is considered that some global processes will take place between the 2010s and 2020s. One of them is that European industrial civilization will rapidly move to the East, giving its technologies and it will contribute to the increase of life level. And it means that countries which consumed less energy and food in the past will increase their consumption considerably. In addition there is one more problem to which not much attention is paid - i.e. climate. Optimists believe not much will change in the climate of Ukraine, but some analysts stress that in part of Ukraine's east and south one can witness tendency to devastation, in its turn causing shortage of resource capability of our country and other European countries. According to the research results, carried by the mentioned Institutes cropping area in Ukraine with food and energy crops will be greatly expanded in the following correlation - 80% occupied with food crops, 20% - with energy crops [18, p.30].

Results of the analysis carried out during the period 1990-2009 on organizational and structural changes in agrarian sector concerning food safety problem, taking into account the real situation concerning both needs of food and fuel sources supply of the country in general and of separate regions, have proved that at the present moment Ukraine does not face the problem "food against fuel".

According to natural and economic conditions Ukraine belongs to the countries with extremely favorable natural and economic conditions and potential, first of all the land one, for the development of main agricultural crops, including highly energetic ones, as biological raw material for biofuel production.

Dynamics of structure of cropping areas and production of main agricultural crops at farms of all forms of property vividly shows those structural changes in the functioning of Ukraine's agriculture as to provision of food base which happened during 1990-2008 (Table 1).

Table 1. Structure of cropping areas of agricultural crops at farms of all forms of property [19]

Structure	1990		2008		2009		2010 - project	
	hectare	%	hectare	%	hectare	%	hectare	%
Total cropping area	32406,0	100,0	26987,0	100,0	26876,0	100,0	26631,3	100,0
Cereals - total	14583,4	45,0	15650,5	58,0	15856,0	59,0	15586,8	58,5
- winter cereals for grain	8452,5	26,0	8123,5	30,1	8315,4	30,9	7805,9	29,3
among them:								
- wheat and triticale	7567,5	23,3	6805,2	25,2	6519,4	24,3	6356,5	23,9
- rye	519,1	1,6	466,9	1,7	469,6	1,7	433,7	1,6
- barley	365,6	1,1	859,5	3,2	1325,7	4,9	1013,3	6,5
- other winter cereals for grain	0,3	0,0	0,9	0,0	0,7	0,0	2,4	0,0
Spring cereals and grain legumes	6130,9	18,9	7517,9	27,8	7540,6	28,0	7880,9	29,6
among them: barley	2363,4	7,3	3357,6	12,4	3783,3	14,1	3822,9	14,4
- wheat	8,7	0,0	314,7	1,2	334,3	1,2	334,8	1,3
- oats	492,0	1,5	458,2	1,7	435,9	1,6	447,1	1,7
- maize for grain	1223,5	3,8	2539,3	9,4	2184,3	8,1	2415,3	9,1
- other spring cereals	2043,3	6,3	848,1	3,1	802,3	3,0	860,8	3,2
Industrial crops – total	3751,3	11,6	6704,0	24,8	6519,3	24,2	6207,9	23,3
among them:								
- sugar beets	1607,2	4,9	389,9	1,4	327,3	1,2	353,0	1,3
- sunflower	1635,9	5,0	4221,5	15,6	4166,0	15,5	3725,4	14,0
- winter rape	84,2	0,3	1366,7	5,1	1075,8	4,0	1040,6	3,9
- spring rape	5,5	0,0	46,7	0,2	45,2	0,2	63,2	0,2
- soy-bean	92,6	0,3	557,2	2,1	640,1	2,4	755,9	2,8
- flax	172,5	0,5	6,8	0,0	2,3	0,0	3,0	0,0
other industrial crops	153,4	0,5	115,2	0,4	262,4	1,0	266,6	1,0
Potatoes and vegetables – total	2072,5	6,4	1962,2	7,3	1939,1	7,2	1969,5	7,4
among them - potatoes	1432,7	4,4	1413,1	5,2	1408,1	5,2	1418,7	5,3
Fodder crops – total	11998,8	37,0	2670,7	9,9	2562,4	9,5	2767,1	10,4
among them maize for silage	4730,2	14,6	468,4	1,7	428,5	1,6	498,3	1,9

In Ukraine, as well as in the whole European climatic area, for ethanol production one can use sugar- and starch-containing energy crops (cereals, potatoes, sugar beets, maize for grain) and oilseed (rape, sunflower, soy-bean, oil flax), which are used for vegetable oil production and are raw material for biodiesel fuel.

In addition to sugar- and starch-containing crops and oilseed, producers in the world widely use perennial herbs and secondary raw material such as biomass of vegetative and animal origin as biological raw material for biofuel production.

Taking into account all the above-mentioned kinds of energy crops for production biofuel and analysis of data from Table 1, we should note that during 1990-2009 specific weight of energy crops has considerably increased in the structure of cropping area, particularly: cereals – from 45 to 59%, among them maize for grain – from 3,8 to 8.1; sunflower – from 5 to 15,5; winter and spring rape – from 0,3 to 4,2%. But the specific weight of sugar beet decreased in the structure from 4,9 to 1,2%.

The dynamics of grain and technical cultures production shows that volumes of such products in Ukraine are increased for the period of 1990-2008 (Table 2).

Table 2. Dynamics of production of cereals and industrial crops in Ukraine at all categories of farms [19]

Year	Cereals			Sunflower			Rape - total		
	Cropping area, thousand hectare	Gross yield, thousand hectare	Yield, cwt/ hectare	Cropping area, thousand hectare	Gross yield, thousand hectare	Yield, cwt/ hectare	Cropping area, thousand hectare	Gross yield, thousand hectare	Yield, cwt/ hectare
1990	14583,4	51009	35,1	1635,9	2570,8	15,8	89,6	130,2	14,5
1995	14152,1	33929,8	24,3	2019,8	2859,9	14,2	46,9	39,8	8,5
2000	13646,5	24459	19,4	2942,9	3457	12,2	156,7	131,8	8,4
2001	15585,8	39706,1	27,1	2502	2250,6	9,4	108,4	134,6	12,4
2002	15447,6	38804,3	27,3	2833,9	3270,5	12	70,0	60,8	8,7
2003	12494,6	20233,9	18,2	4001,2	4254,4	11,2	54,1	50,9	9,4
2004	15433,5	41808,8	28,3	3521	3050,1	8,9	107,3	148,9	13,9
2005	15004,8	38015,5	26	3742,9	4706,1	12,8	195,2	284,8	14,6
2006	14515,2	34258,3	24,1	3963,6	5324,3	13,6	386,8	605,7	15,7
2007	15233,9	29294,9	21,8	3603,9	4174,4	12,2	802,7	1053,4	13,1
2008	15363,7	53264,3	34,7	4277,9	6520,3	15,2	1379,6	2810,4	21,0

Detailed research of possibility for biofuel market in Ukraine to achieve the level determined by Kyoto Agreement and Directives 2003/30/EU without causing problems of food security according to the existing methodological approaches of the UNO has proved that Ukraine is able to not only supply itself with sufficient amount of food, but also export large amount of agricultural products using, in the majority of cases, extensive methods of agricultural production. But land resources of Ukraine are not used completely every year.

To change 30% of petrol and diesel fuel, used in Ukraine's agriculture, into bioethanol and biodiesel it is necessary to occupy 8-10% of cropping area with energy crops yield which can be achieved under conditions of keeping to the technological parameters of their growing. It is the area which is not used in agriculture because of lack of oil products and investment.

Processing only the exported part of rape and sunflower Ukraine can produce 200-250 th. t biodiesel for domestic market needs, at the same time Ukraine can export about 1 mln t biodiesel and leave for domestic needs a lot of crops as the feed for productive animals in agriculture [7, p.54]. But for now only about 50 small plants produce only about 20 th. t fuels for domestic needs [1, p.8]. The existent resources in Ukraine allow to produce here only 1 mln t of bioethanol: 218 th. t – from melassa, 782 th. t – from corn [1, p.8]. Nowadays Ukrainian alcohol distillery can produce 7,5 mln dhal of bioethanol annually. Due to the stable demand the production can be increased to 12 mln dhal and, in perspective, to 35 mln dhal annually. In parallel, stable demand for molasses and grain is being set up. Under condition that consumption bulk of biofuel is determined, 10000 labor places will be guaranteed to fuel producers. For this purpose it is not necessary to build new factories. It is necessary to reequip a part of existing plants which do not operate at full capacity. To make production profitable the plants need to be supplied with raw materials for more than 60%, now, on average, alcoholic distilleries in Ukraine have been active only at 40%. In Ukraine, there are only 28 alcoholic distilleries working, out of the total 79 [4].

In fact almost the whole energy produced from biomass energy in Ukraine is obtained through the burning of wood byproducts at homes and plants [7, s.53].

We would not uncover reserves of effective use of land resources based on innovative technologies (Ukraine has such resources which should be put into action), but we pay our attention to making diversification of amount of cereals and oilseed. In 2008 export of cereals in Ukraine made 16 million ton with average price of 700 UAH per ton, including 7,5 million ton of wheat and 2,8 million ton of maize; also 1,6 million ton of oilseed (sunflower, rape, soy-bean etc.) and nearly 4,5 million ton of ready oil (or 85% from the whole yield with average price 2,3-2,5 thousand UAH/ton of oilseed). Ukraine consumes 5 million ton of petrol per year and 5,2 million ton of diesel fuel. According to its technical characteristics automobile and tractor park in Ukraine is already able to run on the fuel made of renewable sources – bioethanol and biodiesel. That is why it is necessary to transfer part of export potential into agrarian sector for biofuel production, because, according to complex analysis, export of part of biofuel will bring more money than export of raw material.

In the direction of biological power engineering Government should approve measures as to phased development of second generation biofuel made of lignin and cellulose biomass and research with the following introduction of integrative bioprocessing production, determine balanced coordination among the main acting production structures and scientific establishments, build appropriate strategic and tactic frames of fulfillment of the second generation biofuel development.

It is necessary to introduce innovative technologies for both the energy effective production of biofuel of different sources of biomass and for cost decrease. Those variants which will be developed in future should correspond to requirements of constant development in economic, ecological and social spheres and bring domestic industry to primary position.

It means that besides economic factors, such as investment, production cost and productive capacity one should take into account other factors, particularly balance of energy and hot gases, possible competition with food production and influence of biomass production on environment.

To find new aspects of stimulation of consumers' transfer from used fuel to biodiesel one should study experience of other countries. For example, Germany, Austria and Sweden use 100% biodiesel in adjusted engines; in France and Italy biodiesel is mixed in correlation 5% to 95% with petrol. In 2003 amount of biodiesel production in the EU countries made (thousand ton): Germany – 1109, France – 440, Italy – 350, Czech Republic – 60, Denmark – 60, Austria – 45, Sweden – 30,

Great Britain – 30, total – 2124 [5, p.83]. Now in Germany near 2 million tons of rape biofuel is made in a year, and on the diesel fuel market its part makes 3% [11, p.36]. In general, EU countries produce near 25% world volumes of rape, on the areas that exceed 3.5 million ha. The rape field occupies 24 million ha and the average productivity of rape makes 1.3 – 1.5t/ha [11, p.37]. During last years Ukraine produced about 14 thousand ton of rape oil. The main part of it was not used for biofuels production, but was exported (nearly 9 thousand ton) into the neighboring countries (Russia) and countries of the EU. In accordance to the Program development of biodiesel production for the period to 2010 Ukraine must produce and use above 520000 tons of biodiesel for what it is necessary to provide total harvest of rape at the level of 1, 7-1, 8 mln t. Taking into account, that average yield of rape seeds is 20 cwt per hectare it is necessary to sow 0, 85-0, 9 ml. hectares of soil that makes about 3% of the total cultivated area of Ukraine. Replacement of a part of diesel fuel by rape-methyl ether (RME) gives the opportunity to provide agricultural techniques by binary fuel of rational contents: 30% of biofuel +70% of diesel fuel [14, p.12].

## CONCLUSIONS

Ukraine's task is to make considerable increase in biofuel production using innovative raw material, innovative schemes and technologies, which are competitive and constant ones.

The main factors, preventing now the development of biofuel production in Ukraine, are: insufficient technological development which does not allow yet to get cheap ecological fuel; the absence of any sufficient real state programs of biofuels production support. Besides, in Ukraine we still have general economic crisis, political and economic indetermination of the country development, absence of the complex state program of power engineering and economic development of the country. For the effective implementation of the present Ukrainian potential for the development of biofuels production it is necessary to have substantiated sustainable state program with proper financing and legal bases. The common conditions of realization of Ukrainian biofuels production development directions can be: domestic production development of technical equipment; creation of economic stimulative mechanism of the biofuels production development in agriculture; development of real state program of alternative power engineering development. The presented facts prove necessity to strengthen power of state in biodiesel production. Besides function of regulation in biofuels production and consumers' transfer to biodiesel, state should do stimulation function and it will help to control production process and get revenue from it in form of income to state budget from producers of ecologically clean fuel. If state becomes the main investor in biodiesel production, we will be able to activate biofuel industry in the nearest years.

## REFERENCES

- Bezuglyj M. 2008.: The scientific-technical program "Biorowmaterials", Agrarian week. 25, 8.(Безуглий Б. Науково-технічна програма «Біосировина» // Аграрний тиждень. - 2008.- № 25.- С.8).
- Boom on the world biofuels market – how Ukraine can use it (Бум на світовому ринку біопалива – як цим може скористатись Україна) // <http://www.ier.kiev.ua>
- Borodina O., Shewchyshyn M. 2008.: The renewable energy – the perspectives for the agriculture in Ukraine. Suggestion. 10, 90-94. (Бородіна О., Шевчишин М. Відновлювальна енергетика – перспективи для сільського господарства України // Пропозиція. - № 10, С.90-94).



- Bioethanol in Ukrainian: just add water (in Ukrainian), 2007: Suggestion. 3, 16. (Біопаливо з ріпаку продукує більше тепличних газів, ніж мазут або бензин // Пропозиція. - 2007.- № 11.- С.37).
- Chernij N.S. 2009.: Factors of biofuels production providing. Economy of AIC. 11, 79-84. (Черній Н.С. Чинники забезпечення виробництва біологічного пального // Економіка АПК.- 2009.- № 11.- С.79-84).
- Chopenko V. 2007.: Biodiesel hoofs under engine cowling (in Russian). Agro Messenger of Ukraine. 5, 83-86. (Под капотом бьет копытом биодизель // АГРОВісник Україна. - 2007.- № 5(17).- С. 83-86).
- Kaletnyk G. 2008.: Ukraine's provision by energy and possibilities of renewable energy sources use. The herald of agrarian science. 10, 52-55. (Калетник Г. Енергозабезпеченість України і можливості використання потенційних джерел відновлювальної енергії // Вісник аграрної науки. - 2008.- № 10.- С.52-55).
- Kaletnyk G. 2008.: Biofuel production – the way to international competitiveness. Agrarian week. 37, 10. (Калетник Г. Виробництво біопалив – шлях до міжнародної конкурентоспроможності // Аграрний тиждень. - 2008.- № 37.- С.10).
- Kaletnyk G. 2010.: The economy of biofuel production and food safety. Economics of AIC. 1, 30-35. (Калетник Г.М. Економіка виробництва біопалива в Україні та забезпечення продовольчої безпеки // Економіка АПК.- 2010.- № 1.- С.30-35).
- Kononiuk W. 2007.: The Peak of Hubbert. The world oil output. The week mirror. 44(673), 17-23 Nov. (Кононюк В. Пік Хабберта. Світовий видобуток нафти та його вплив на економіку України // Дзеркало тижня.- 2007.- № 44 (673) – 17-23 листопада)
- Marchenko V. Sin'ko V., 2005.: Effectiveness and reasonability of biodiesel fuel use in Ukraine (in Ukrainian). Suggestion. 5, 36-39. (Ефективність та доцільність використання біодизельного палива в Україні // Пропозиція. - 2005.- № 5.- С. 36-39).
- Mukhaylov Yu. 2007.: Biofuel: one of the most nonsense in human history (in Ukrainian). Suggestion. 2, 16-21. (Біопалива: одна з найбільших дурниць в історії людства.// Пропозиція. – 2007.- № 2.- С.16-21).
- Mukhaylov Yu. 2007.: Sin road (in Ukrainian). Suggestion.11,12. (Тернистою дорогою гріха // Пропозиція. – 2007.- № 11.- С.12.)
- Semenov V. 2007.: Perspectives of biodiesel fuel production and it's use in Ukraine (in Ukrainian). Suggestion. 1, 12-14. (Перспективи виробництва й застосування в Україні біодизельного палива // Пропозиція. - 2007.- № 1.- С.12-14).
- The world oil market. Energybusiness. (Мировой рынок нефти. Энергобизнес) // <http://www.e-b.com.ua>.
- Usenko L. 2007.: Is biofuel for the export? (in Ukrainian). Agropolitics.25, 1,7. (Біопаливо на експорт? // Агрополітика. - 2007.- № 25.- С.1, 7).
- Voloshko V. 2005.: Ethanol – more than alcohol (in Ukrainian). Suggestion. 4,10. (Етанол – більше ніж спирт // Пропозиція. - 2005.- № 4.- С.10).
- Zholobekyj G. 2008.: Will be the biofuels accustomed in Ukraine? Suggestion. 11, 30-32. (Жолобецький Г. Чи приживеться біопаливо в Україні? // Пропозиція. - № 11.- С.30-32).
- 2008 Statistic Annual of Ukraine, 2009: Konsultant, Kyjiv

## EKONOMIKA PRODUKCJI BIOPALIW NA UKRAINIE: SZANSE I WYZWANIA.

**Streszczenie.** Przedstawiono główne kierunki tendencji rozwoju produkcji biopaliw na Ukrainie i niektóre rezultaty oceny możliwości dalszego rozwoju tej produkcji pod względem obecności niezbędnych zasobów w kontekście utrzymania poziomu bezpieczeństwa żywnościowego państwa.

**Słowa kluczowe:** biopaliwa, zasoby, czynniki, bezpieczeństwo żywnościowe.

## ENGINEER PROJECT MANAGEMENT OF PRODUCTION AND PROCESSING COMPLEXES

Ihor Flys

Ihor Flys, Ph.D., Eng., Ass. prof. of the Mechanics and Power Engineering Faculty  
at the Lviv National Agrarian University, Ukraine.

**Summary.** As a result of implementation of researches, the specialization and power of small processing enterprises included in the complex of a separate economy have been established. A method is offered for an optimization of economic co-operation of a complex of processing enterprises.

**Key words:** management, agricultural enterprise, processing enterprise, production programme.

### INTRODUCTION

One of the most important trends aiming at an increase of the efficiency of agricultural production in Ukraine is an establishment of enterprises for the processing of raw material into the commodity production on the producer farm – food products, prepared food, industrial goods, etc. In this case, it is necessary to introduce the projects of production and processing complexes into the production base of agricultural enterprises. The purpose of agricultural production engineering consists in product growing and commodity production, getting maximum income under conditions of minimum labor expenses and minimum material, resource and financial losses through effective process management.

### AIM OF RESEARCH

The aim of this research is, on the basis of the scientific principles of engineer project management, to determine the production programs of small processing enterprises for production and processing complexes in a single farm.

### THEORETICAL PRINCIPLES AND METHODS OF RESEARCH

In the modern economic conditions the agricultural production should be considered as the interaction of three main mechanized processes:

- the growing of vegetative crops,
- the production of meat and milk,

- the processing of agricultural raw material into commodity products (Fig. 1).

One of the main tasks of engineer project management in the providing of complex agrarian production in modern conditions is the determination of production program of a small processing enterprise that is a part of production and processing complex on the farm.

The production program of a small processing enterprise (SRE) is determined as:

- specialization, that is nomenclature of goods which is produced by SRE from the given kind of agricultural raw material;
- projected power of SPE that is the volume of produced goods during some period – shift, day, month, or year.

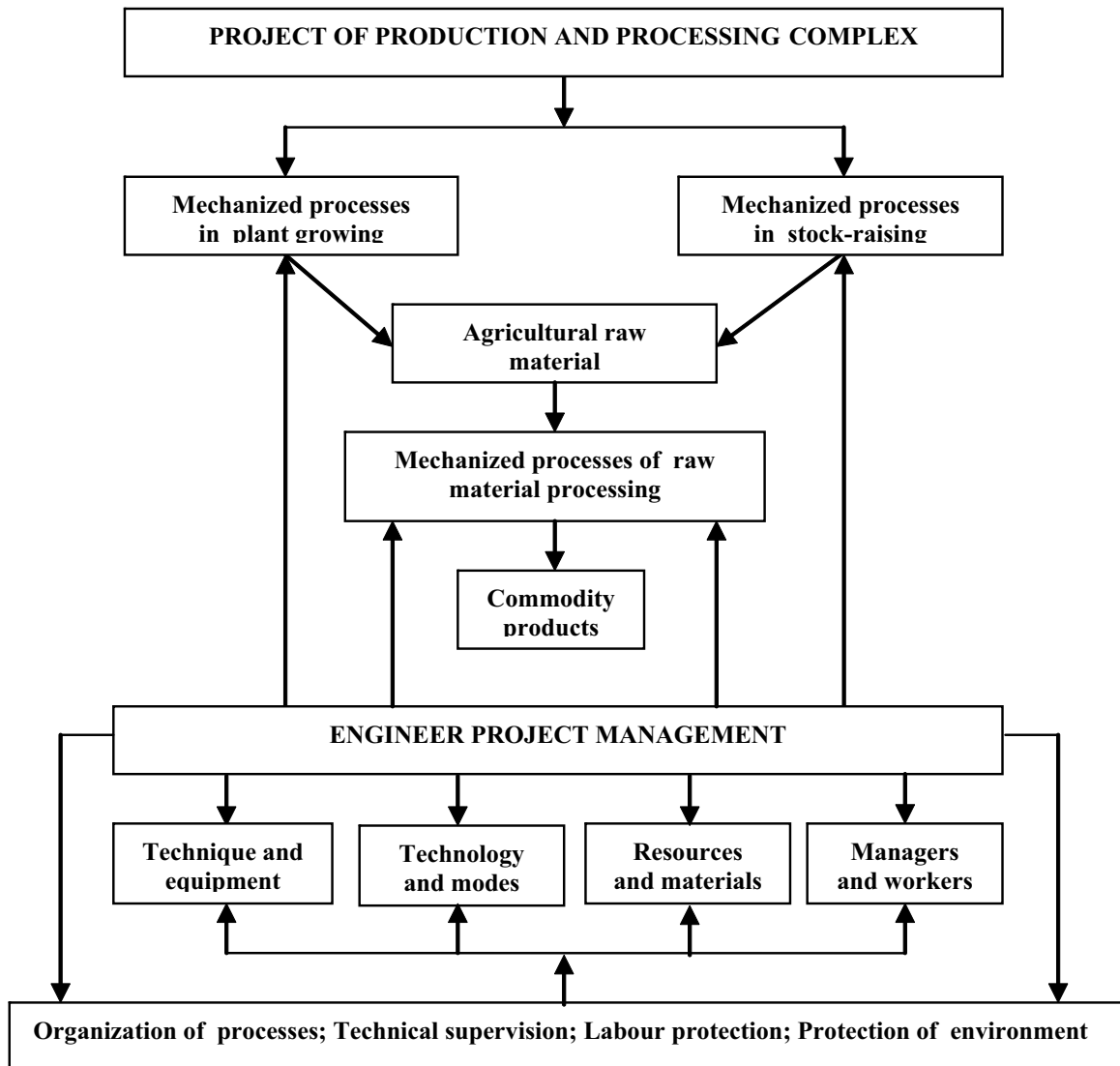


Fig. 1. Engineer project management by production and processing complexes.

To establish the specialization of the organized processing enterprise growing several kinds of raw materials it is necessary to model the kind function on the extremum:

$$f_{i,j}(X) = \sum_{i=1}^m (U_n^{i,j} - Z_n^{i,j}) \times O_n^{i,j} - (U_c^i - Z_c^i) \times B_c \rightarrow \max, \quad (1)$$

where:  $f_{i,j}(X)$  - function, characterizing the additional income of farm – the producer of  $i$ -kind raw material from its processing into  $j$ -kind commodity product, euro;  $\ddot{O}_n^{i,j}$  - selling cost of  $j$ -kind commodity product unit, produced from  $i$ -kind raw material, euro/tons;  $Z_n^{i,j}$  - expenses on production, storing and transporting of  $j$ -kind commodity product unit, produced from  $i$ -kind raw material, euro/tons;  $\hat{I}_n^{i,j}$  - yearly gross production of  $j$ -kind commodity product unit, produced from  $i$ -kind raw material, tons;  $\ddot{O}_c^i$  - realized cost of  $i$ -kind raw material, euro/ tons;  $Z_n^3$  - expenses on production, storing and transporting of  $j$ -kind commodity product unit, euro/ tons;  $\hat{A}_n$  - yearly gross harvesting of  $i$ -kind raw material, tons.

The optimum capacity of a processing enterprise is considered to be such one where expenses on commodity product  $Z_c$  production providing high quality will be lower than its value, meaning :

$$Z_c = C_n + \frac{H_c + B_m + E_n \cdot K}{W} \rightarrow \min, \quad (2)$$

where:  $Z_c$  – total specific gravity expenses, euro/ tons;  $C_n$  – commodity product compensation, euro;  $H_c$  – possible losses of raw material before processing (in money equivalent), euro;  $B_m$  – transport losses on commodity and product transporting in amount  $W$ , euro;  $E_n = 0,10 \dots 0,12$  – the standard coefficient of capital expenses efficiency;  $W$  – annual capacity of a small processing enterprise, tons.

## RESEARCH RESULTS AND THEIR ANALYSIS

According to our researches the economy of West Ukraine region has got sufficient production capacities. Its overall territory embraces a wide range of land farms – from 200 – 300 hectares to 2200 – 3000 hectares. On the area of 100 hectares it accounts for 40.6 hectares of corn area, 22.3 hectares of livestock and 0.08 hectares of pigs.

Table 1. The analysis of the amount of raw material production in tge Western region

Kind of the received raw material	Range of total output	Per 1 hect farm land, tons	
		Range of output	Average output
1. Cereals, hect	410 - 19184	0,23 - 6,06	2,78
2. Milk, tons	38 - 5221	0,09 – 2,99	0,87
3. Cattle beef, tons	26 - 2889	0,07 – 1,03	0,41
4. Pig beef, tons	6 - 907	0,01 – 0,27	0,08

A hectare of farm land produces gross output of cereals of about 2.78 tons, milk – 0.87 tons, meat – 0.4 tons, pigs – 15.08 tons (Table 2).

Table 2. The analysis of the results of Western region farm production activity

Production	Limits of total output	Per 100 hect farm land	
		Total	Math expect
1. Cereals, hect	170 - 1850	21,166- 70,515	40,577
2. Cattle, stock	86 - 1125	8,479 – 44,076	22,346
3. Pigs, stock	50 - 840	6,916 – 30,112	15,077

According to our researches, the square of agricultural facilities of the middle farming in the west of Ukraine is 1000 hec. Such a farm can get to 2700 tons of grain a year from which wheat is to 1500 tons.

Having used the function (1) we determined the total specific expenditures on the meal production in own farm mill, depending on the volumes of produced goods – meal (Table 3).

Table 3. The total specific expenditures of the mill  $Z_c$ 

$W$ , tons/year	$Z_c$ , €/tons
500	31,5
700	23,0
1000	21,1
1100	20,1
1200	19,7
1300	25,1
1400	26,2
1500	27,6

Let us show the rated results as a graphic function (Fig. 2). As the annual mill power  $W$  is being increased from 500 tons to 1500 tons a year, the total specific costs expenditures on 1 ton  $Z_c$  is being changed parabolically, with exactly defined extremum. The minimum of total specific expenditures is due to the annual mill power of 1200 tons/year. Thus, according to researches, the optimal power for separate PRC's mill, which has 1000 hectares of agricultural facilities for land usage, is 1200 tons of meal a year.

Similarly, we have predicted the production capacities of other processing enterprises which will be included in the production and processing complex of separate economy (Table 4).

Analysing Table 4 we came to the conclusion that the potential of an economy unit which has 1000 hectares of agricultural lands is sufficient for the production of necessary raw material to provide for the complex of processing enterprises.

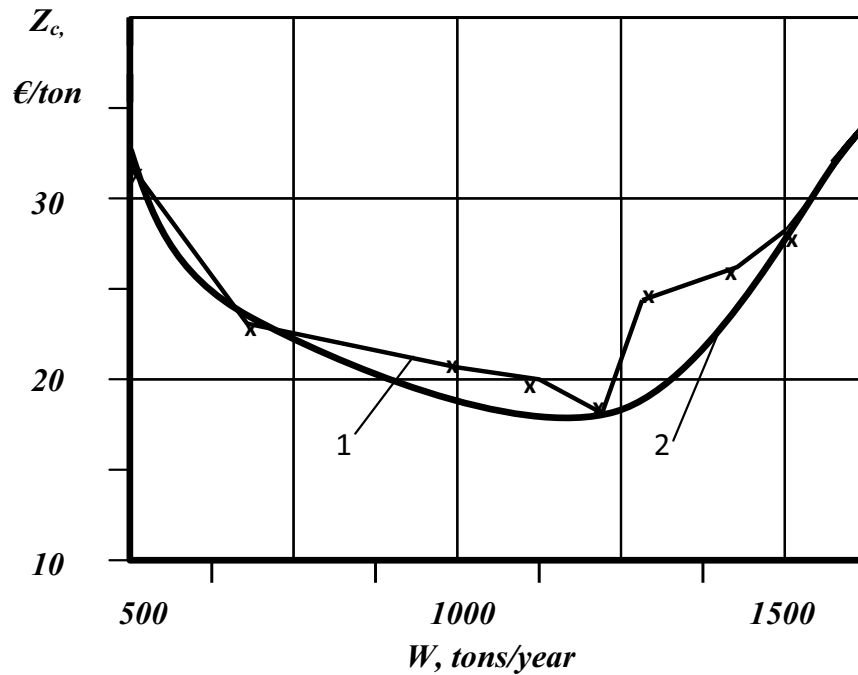


Fig. 2. The dependence of total specific expenditures on the mill power:  
1 – experimental broken line; 2 – smoothing curled line.

Table 4. Results of optimization of the production programs of production and processing complex

Specialization of processing enterprise	Annual power of processing enterprise, tons
Mill	1200
Workshop for making of groats	750
Bakery	182
Macaroni workshop	65
Oily workshop	130
Workshop for processing milk	442
Workshop for processing meat	260

## CONCLUSIONS

1. The agricultural production trend is considered as a prospective one when it provides the effective interaction of three main mechanized processes: the growing of vegetative crops, the production of meat and milk, and processing these types of raw material into goods within a production and processing complex.
2. With the aim to increase substantially the efficiency of agricultural production it is necessary to use the projects of production and processing complexes on the basis of farms, where grown agricultural raw material is processed into commodity products.
3. The role of project management in engineering providing for agricultural production consists in coming up to a general result – the selling not raw material but the production and realization of goods for reaching the maximum profit by a farm.

## REFERENCES

- Флис І.М., Сиротюк С.В.: Вибір обладнання малого переробного підприємства на підставі коефіцієнтів вагомості / Вісник Львівського держ. аграрного у-ту : Агроінженерні дослідження №4. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2000. – С.41-43.
- Флис І.М.: Науково-методичні підходи до обґрунтування спеціалізації і потужності переробного підприємства / Еколого-економічні проблеми розвитку АПК: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-й річниці Конференції ООН з питань охорони навколишнього середовища та розвитку (м. Дубляни, 25-27 вересня 2002р.). – Т.1. – Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 2002. – С. 285-290.
- Сидорчук О.В.: Розвиток теорії функціональних структур матеріального виробництва / Вісник Львівського держ. аграрного у-ту : Агроінженерні дослідження №7. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2003. – С. 3-8.
- Сидорчук О.В., Флис І.М.: Функціональна структура переробних підприємств у їх проектах / Вісник Львів. держ. агр. у-ту: Агроінженерні дослідження №8. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2004. – С. 82-88.
- Флис І.М.: Обґрунтування виробничої програми переробного підприємства / Вісник Львів. держ. агр. у-ту: Агроінженерні дослідження №8. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2004. – С 75-81.
- Флис І.М.: Технологічні особливості формування функціональної структури переробних підприємств / Вісник Львів. держ. агр. у-ту: Агроінженерні дослідження №9. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2005. – С.60-64.
- Флис І.М., Шимонюк Ю.В., Гордіюк О.Г.: Інженерне забезпечення комплексності переробки с.-г. сировини / Вісник Львів. держ. агр. у-ту: Агроінженерні дослідження №9. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2005. – С.65-69.
- Флис І.М.: Формування функціональної структури переробних підприємств у їх проектах / Збірник наукових праць Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип.38. – Мелітополь, ТДАТУ, 2005. - С.128-134.
- Флис І.М., Шимонюк Ю.В., Гордіюк О.Г.: Інженерне забезпечення комплексності переробки с.-г. сировини / Збірник наукових праць Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип.38. – Мелітополь: ТДАТУ, 2005. – С.229-234.
- Шимонюк Ю., Гордіюк О., Флис І.: Інженерне забезпечення комплексності переробки с.-г. сировини // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективна техніка і технології». – Миколаїв: МДАУ, 2005. – С.335-337.
- Флис І.М.: Управління програмами переробних підприємств у їх проектах // Агропромислова ін-женерія у вимірах бережливості / за ред. О.Д.Семковича, О.В.Сидорчука, І.М.Флиса, С.Й.Ко-валишина. – Львів: ЛДАУ, 2006. – 318 с.
- Флис І.М.: Розвиток проектів комплексної переробки сільськогосподарської сировини в господарствах // Вісник аграрної науки. – К. – 2006. – Спеціальний випуск, серпень. – С.121-125.
- Флис І.М.: Управління виробничою програмою малого переробного підприємства у його проекті / Тези міжнародної конференції // Управління проектами у розвитку суспільства. – Тема: Управління програмами організаційного розвитку в конкурентному оточенні: Матеріали IV Міжнародної конференції. – К.:КНУБА, 2007. – С.153-155.
- Flys I., Kupriyenko M.: The engineering management of complex processing of agricultural raw materials in economies / The 31<sup>st</sup> Presentation of Scientific Papers conference at the University in Novi Sad, 19-20.11.2007. – p. 134-139.



- Флис І.М.: Методологія ідентифікації проектів виробничо-переробних комплексів / Тези міжнародної конференції // Управління проектами у розвитку суспільства. – Тема: Професійне управління проектами – шлях до збільшення активів організацій: Матеріали V Міжнародної конференції (м. Київ, 22-23 травня 2008 р.). – К.: КНУБА, 2008. – С.210-212.
- Флис І.М.: Ідентифікація проекту виробничо-переробного комплексу / Вісник Львівського держ. аграрного у-ту : Агроінженерні дослідження №12.- Т1. - Львів: ЛДАУ,2008.– С.46-50.
- Флис І.М.: Розрахунок виробничої програми переробного підприємства // Інженерія агро-промислового виробництва: Вчені факультету механіки та енергетики – виробництву: Колективна монографія. – Вип.2 / за ред. В.В.Снітинського. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008.– С.75-76.
- Флис І.М., Костирко Є.І.: Управління функціональною структурою переробного підприємства в його проекті / Вісник Львівського нац. аграрного у-ту: Агроінженерні дослідження №12.- Т2. - Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008.– С.24-27.
- Флис І.М.: Розвиток проектів комплексної переробки сільськогосподарської сировини в господарствах // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету: Збірник / Під ред. д.т.н., проф. Рибак А.І. – Одеса: Міжнар. гуманіт. ун-т, 2008.–Вип. 10.– С. 92-95.
- Flys I., Kuprijenko M., Kozhushko M.: The grounding of mill production programme for agricultural enterprise / Konferencja Miedzynarodowa.“Problemy inzynierii rolniczej i lesnej”. – Szkoła Głowna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. – Warszawa, 4-5 czerwca 2008. – Warszawa, 2008. – p. 111-115.
- Флис І.М.: Теоретичне обґрунтування проектів виробничо-переробного комплексу / Тези міжнародної конференції // Тези доп. VI Міжнар. конф.«Управління про-ектами у розвитку сус-пільства». Тема: Приско-рення розвитку органі-зації на основі проектно-го управління / Відп. за випуск С.Д.Бушуев. – К.:КНУБА, 2009. – С. 197-199.
- Флис І.М.: Управління виробничими програмами малих переробних підприємств у їх проектах // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету: Збірник / Під ред. д.т.н., проф. Рибак А.І. – Одеса: Міжнародн. гуманіт. ун-т, 2009. – Вип. 16: Серія «Управління проектами та програмами». – С. 28-33.

## ZARZĄDZANIE PROJEKTAMI INŻYNIERSKIMI W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH I PRZETWÓRCZYCH

**Streszczenie.** W wyniku wdrożenia badań, określono profile specjalizacji oraz moc produkcyjną małych przedsiębiorstw przetwórczych w kompleksie gospodarczym. Zaproponowano metodę optymalizacji współpracy gospodarczej w kompleksie przedsiębiorstw.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie, przedsiębiorstwo rolnicze, przedsiębiorstwo przetwórcze, plan produkcji.

## STRUCTURAL PARAMETERS OF A MACHINE FOR APPLE SLICING

Ihor Flys, Andrij Naida, Vitalii Sokoliuk, Oleh Boiko

Lviv National Agrarian University Ukraine

**Summary.** The paper discusses the scientific aspects of a constructional design for an apple shredder. Laboratory equipment for research on the cutting effectiveness has been designed, and on this basis the gear and constructional parameters of a low-powered shredder for fruit slicing in the technological process of dried fruit production have been calculated.

**Key words:** fruit slicing, shredder, parameters, technological process.

### INTRODUCTION.

Lately the domestic market has been actively filled up by new consumer food products. Such a very popular dish as chips is a bright example. They appeared in our country not so long ago but have become very popular among other food products as highly nutritious and valuable food products.

Such dried fruit as dried apples, pears, plums and others are fairly simple, energy-efficient food products, that is why drying is an effective method of raw material preservation based on anabiosis principles.

One of the most important technological operations in the technological process of dried fruit production is the operation of fruit cutting (apples, pears) into even slices. Under conditions of small processing enterprises, the operation of cutting is quite often performed manually, since not every processing enterprise is capable to apply a highly productive, but power-consuming and expensive shredder. A low-productive but effective fruit shredder is the best solution for a small processing farm or private agricultural enterprise. In view of this conclusion, the scientific work considering constructional parameters of a low-powered apple shredder for dried fruit production is valid.

The aim of the research is to establish the constructional scheme and calculate low-powered apple shredder gear for fruit slicing in the technological process of dried fruit production.

The task of the scientific work is the following:

1. To establish the shredder's constructional scheme.
2. To define necessary forces for apple slices cutting.
3. To calculate shredder gear.

## 1. ESTABLISHMENT OF CONSTRUCTIONAL SCHEME OF THE SHREDDER.

To design the shredder's constructional scheme for apple slices cutting in the technological process of dried fruit production we have assumed the following initial conditions:

- low productivity of shredder – 100-150 km/hour,
- wide application – for apples, pears, potatoes, beet and other products,
- small specific consumption of power – 2-5 watt•hours/kl,
- necessary degree and evenness of cutting – slice thickness 1,5-5,0 0,1 mm,
- high ultimate product output – production losses ranging 2,0-2,5%,
- construction simplicity and work guarantee,
- small size and weight.

The designing of shredder constructional scheme is based on the technical idea of reciprocating motion of piston in the working cylinder with plain knives. During idle motion of piston (from low to upper dead point), fruit is taken from vibrating bin to plate-like, unmovable knives, fixed in the cylinder. During the power stroke (from upper to low dead point) the piston transfers its gear efforts on the fruit. Theoretical curve of the dependence of deformation value and fruit shift resulting from the pressure is demonstrated in Figure 1/7/.

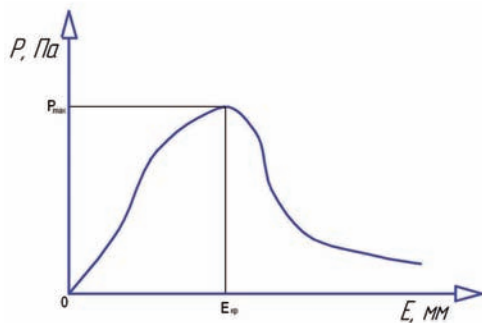


Fig. 1. Theoretical curve of the dependence of fruit deformation  $E$  on pressure  $P$   
 $P_{max}$  – maximum pressure in the process of fruit cutting, Pa  
 $E_{kr}$  – crucial deformation of shift and fruit slicing, mm

Piston forces should be sufficient for initial fruit peeling, the next deformation of its surface layer, and following – shifting and slicing (slices of even and predicted thickness).

The increasing of piston pressure on the fruit causes its full cutting. On the basis of this idea we suggested another constructional scheme of apple slice-shredder shown in Figure 2.

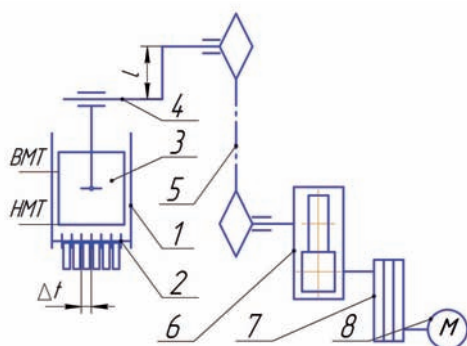


Fig. 2. Constructional scheme of apple slice-shredder:

1. working cylinder,
2. plate-like unmovable knives,
3. piston,
4. crank,
5. chain gear,
6. reducer,
7. belt gear,
8. electromotor,
9. PUDP – piston upper dead point,
10. PLDP – piston low dead point.

The shredder consists of electromotor 8, and its rotation moment is transferred by the gear consisting of belt gear 7, reducer 6 and chain gear onto crank 4. Crank 4 transforms rotation moment from electromotor 8 into reciprocating motion of the piston 3 moving in the working cylinder

1. Under the pressure developed by piston 3, apple or other fruit is pressed to knife cassette 2 composed of several unmovable, vertically fixed, plate-like knives.

During piston power stroke from upper to low dead point, under the compression efforts, the fruit passes through knives and slices are formed.

The thickness of fruit slices  $\delta$  equals to:

$$\delta = \Delta t - \Delta_r \quad (1)$$

where:  $\Delta t$  – distance between plate-like knives, mm,

$\Delta_r$  – value of residual deformation of fruit slice, mm.

## 2. INVESTIGATION OF THE FORCES FOR APPLE CUTTING INTO SLICES.

To define the maximum forces for apple cutting into slices we have designed the laboratory equipment presented in Figure 3.

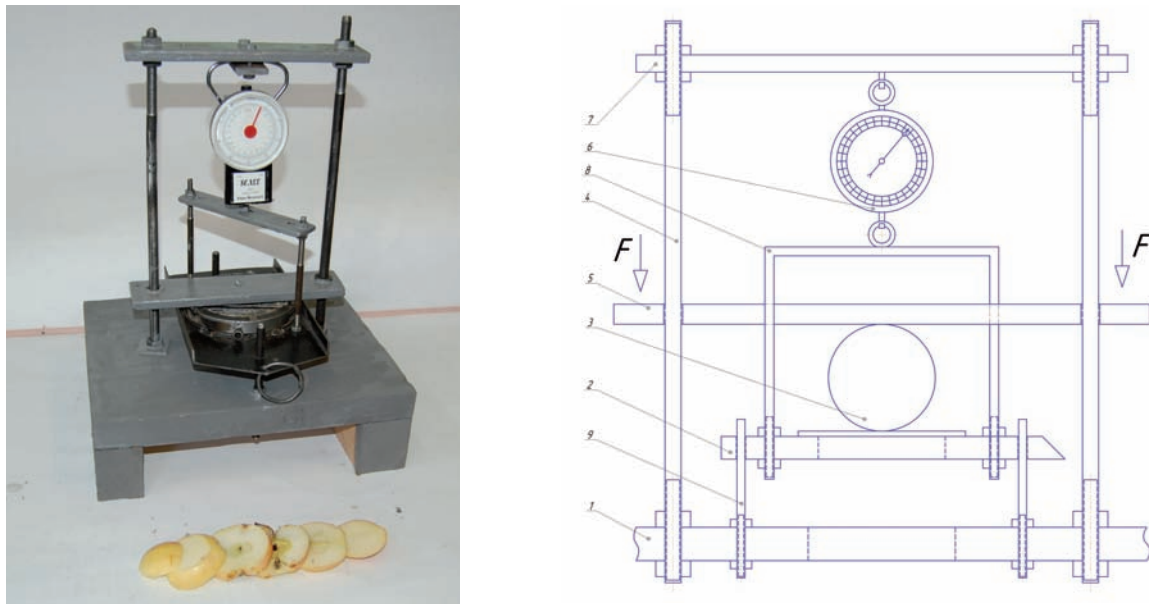


Fig. 3. Laboratory equipment for the definition of maximum forces of apple cutting into slices at the moment of testing.

Laboratory testing equipment for apple cutting consists of a plate, where knife cassette 2 with changeable block of plate-like knives is fixed 1, two main directed rods 4, press plate 5, digital dynamometer 6 with measure points 0,01 kg and bearing plate 7.

Laboratory equipment operates due to: applying forces to press plate 5, which presses on the apple 3 clamping it to knife cassette 2 up to the moment of apple cutting into slices. Knife cassette 2 with the help of plug 8 attached to dynamometer 6 is attached to unmovable bearing plate 7 from the other side. Under the loading, the knife cassette 2 fulfills plate-parallel motion through auxiliary direction rods 9. So, the force affecting the press plate 5 through knife cassette 2 and plug 8 and is transmitted to dynamometer 6, applying the maximum force during apple or other fruit slicing.

During the testing on the constructed laboratory equipment we determined the maximum effort  $F$  necessary for apple slicing. Different sorts of apples were used for testing and 45 differently-sized fruits were tested. As a result, it was revealed that the maximum figure  $F=157H$  is common for winter sort "Snow Calvin", whose fruits are the most solid and hard. On the basis of experimental research results, specific loading through razor length  $q$  calculated by the following formula was defined [1,2]:

$$q = \frac{4 \cdot F}{3 \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot n_i} \quad (2)$$

where  $F$  - is the maximum force applied to the press plate, h,

$l_i$  - working length of the  $i$ -razor, m,

$n$  - quantity of  $i$ -razors.

According to our calculations  $F=157 H$ , a  $\sum_{i=1}^n l_i \cdot n_i = 0,52 m$ . Thus:

$$q = \frac{4 \cdot 157}{3 \cdot 0,52} = 402,6 H/m.$$

### 3. SHREDDER GEAR DESIGN.

Shredder gear design was based on the electromotor choice, and also on the calculation of reducer, belt and chain gears.

Standard methods of machine details were applied for electromotor choice. The calculated necessary electromotor power is equal to 41,9 Watt. The standard electric engine 41,9  $Wt$  was chosen from electric equipment catalogues with the closest parameters. Their technical characteristics were as follows [5]:

- power  $P = 120$  Watt,
- synchronic rotary frequency  $n = 1500$  rot/min,
- synchronic rotary frequency  $n = 1380$  rot/min,
- coefficient of efficiency -0,63,
- weight -3,5 kg.

Calculation of parameters of reducer, belts and chain gears was conducted with the help of software program on the basis of the operational system Kompas 2D SHAFT developed by the department of machine building of LNAU.

### 4. DESCRIPTION OF CONSTRUCTIONAL AND OPERATIONAL PRINCIPLES OF THE SHREDDER.

Fruit slicing shredder consists of : base 1, fixed element 9 and working desk 16 where all the units and details are installed. Electromotor is installed at the base 1. With the help of belt gear, the rotary moment is transferred from electromotor to single-stage cylindrical reducer 5, and next to crank 11 with the help of chain gear.

The electromotor works as follows: it makes and transfers rotary moment through the belt gear to reducer, and next, with the help of chain gear onto the shaft with crank. The crank is connected with a piston completing reciprocating strokes in the working cylinder. The fruits are

taken by the piece from the vibrating bin into this cylinder through the supply hole. During idle piston stroke the fruit is taken onto the knife cassette, and during the working stroke of piston under its pressure it is cut into slices, whose necessary thickness is provided by the changeable knife cassette, then the slices are transferred to the container.

Slices thickness is given by the distance between unchangeable and strictly vertically fixed plate-like knives with ribbed razor in the knife cassette. To get the necessary thickness slices the shredder must be supplied with parametrical row of knives in the cassette, providing different thickness of slices of the cut fruit.

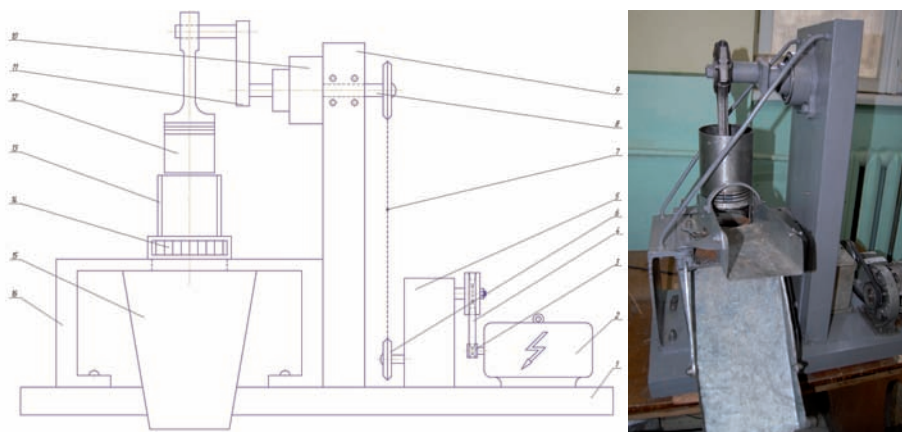


Fig. 7.1. Drawing and general view of the fruit shredder: 1 – base, 2 – electromotor, 3 – drive pulley of belt gear, 4 – belt, 5 – cylindrical reducer, 6 – drive star, 7 – chain, 8 – shaft, 9 – fixed element, 10 – bearing unit, 11 – crank, 12 – piston, 13 – working cylinder, 14 – knife cassette, 15 – container, 16 – working desk.

Following the obtained results of the research, two applications to receive the patents on the invention were submitted.

## 5. CONCLUSIONS

During the scientific work the following engineering tasks were performed:

1. establishment of the shredder constructional scheme;
2. determination of the necessary effort for apple slicing;
3. calculation of shredder gear.

The design of the shredder constructional scheme is based on the technical idea of reciprocating stroke of the piston in the working cylinder containing the plate-like knives in its basis, the distance between the knives provides necessary thickness of slice.

To define the maximum force needed for cutting apples into slices we designed and constructed the laboratory equipment. On the basis of the received results of research, the shredder gear was calculated. The necessary constructional-designing documentation was prepared. On its basis the experimental model of equipment for fruit cutting into slices for application in the technological process of dried fruit production was built in the experimental-mechanical workshop of the student design-technological unit of the Faculty of Mechanics and Power Engineering of LNAU.

**Technical characteristics of the shredder:**

- ✓ consuming power of electroenergy – 120 Watt
- ✓ efficiency 90-120 kg/hour
- ✓ specific energy expenditure -  $(1,0...1,3) \cdot 10^{-3}$  kWt·hour./kg
- ✓ overall dimensions – 0,82x0,38x0,74 m
- ✓ weight 37 kg.

**Perspectives of research:**

- ✓ establishment of parametrical row of knife cassettes for different thickness slices;
- ✓ design of knife cassette for cubes cutting;
- ✓ improvement of vibrating bin for by-the-piece fruit supply inside the working cylinder to reduce fruit deformation;
- ✓ gear change by the method of worm reducer application.

## REFERENCES

- Малашенко В.О., Янків В.В.: Деталі машин. Курсове проектування. – Львів: Новий світ, 2004. – 267 с.
- Токарський Ю.М., Янків В.В.: Механічні передачі, розрахунок та конструювання. Навчальний посібник.– Львів: Новий Світ, 2008. – 149 с.
- Токарський Ю.М., Янків В.В., Сірик З.М., Гошко М.О., Косенко І.Є.: Розрахунок механічних передач на ЕОМ / Навч. Посіб. – Львів: ЛДАУ, 2003. – 160 с.
- Флис І.М.: Обґрунтування виробничої програми переробного підприємства // Вісник Львів. держ. агр. у-ту: Агроінженерні дослідження №8. – Львів: Львів держ. агр. ун-т, 2004. – С. 48-52.
- Калайда В.В.: Деталі машин і основи конструювання. – К.: Видавничий центр НАУ, 1998. – 453 с.
- Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / за ред. І.С.Гулого. – Вінниця, 2001. – 576 с.
- Писаренко Г.С.: Опір матеріалів. – К.: Вища школа, 1993. – 665 с.
- Сиротюк С.В.: Механізація пробки та зберігання продукції рослинництва / Курс лекцій. – Львів: ЛДАУ, 1999. – 251 с.

## PARAMETRY BUDOWY MASZYNY DO KROJENIA JABŁEK

**Streszczenie.** Omówiono naukowo-techniczne aspekty projektu budowy maszyny do krojenia jabłek. Zaprojektowano sprzęt laboratoryjny do badań nad efektywnością krojenia i zastosowano go do obliczenia parametrów trybologicznych i konstrukcyjnych maszyny do krojenia owoców, o niskim stopniu zasilania, która może być używana w procesie technologicznym suszenia owoców.

**Słowa kluczowe:** krojenie owoców, krajalnica, parametry, proces technologiczny.

## ANALIZA JAKOŚCI PRACY ŁUSZCZARKI DO BOBU ŁB-2

Józef Kowalczyk, Franciszek Bieganowski

Katedra Maszyn i Urządzeń Ogrodniczych. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Streszczenie.** Stwierdzono duże zróżnicowanie wskaźników jakości pracy łuszcarki spowodowane wielkością szczeliny roboczej. Wraz ze wzrostem wielkości szczeliny roboczej w badanym zakresie (2,0-4,2 mm) rosła wydajność łuszczenia, przy jednoczesnym obniżaniu się jakości nasion. Z punktu widzenia wydajności łuszczenia i jakości nasion bobu odmiany Windsor Biały najbardziej zbliżoną do optymalnej jest szczelina robocza wielkości 3,0 mm. Przy tej szczelinie wydajność łuszczenia była około ośmiokrotnie wyższa od stwierdzonej przy ręcznym łuszczeniu strąków. Wielkość szczeliny roboczej powinna być tak dobrana aby między wałkami były zaciskane a następnie przeciągane tylko strączyzny, a nie nasiona

**Słowa kluczowe:** bób, łuszcarka do nasion, uszkodzenia i straty nasion, wydajność.

### WSTĘP

Bób (*Vicia faba*) należy do najstarszych roślin uprawnych. Był on uprawiany od niepamiętnych czasów w basenie Morza Śródziemnego, Indiach i Afganistanie [Grudzień 2001, Kołota i in. 2007].

W Polsce warzywo to jest uprawiane na niewielką skalę. Większość plantacji bobu zlokalizowanych jest na żyznych glebach nad Zalewem Wiślanym, na Lubelszczyźnie oraz na południu kraju. W Europie największymi producentami bobu, uprawianego na zielone nasiona, są Hiszpania i Włochy, gdzie roczna produkcja wynosi powyżej 100 tys. ton, a także Wielka Brytania, Francja i Niemcy [Dobrakowska-Kopecka 1999, Łabuda 2000, 2004].

Bób jest jednym z najwartościowszych warzyw pod względem odżywczym [Kołota i in. 2007]. Najczęściej wykorzystuje się zielone nasiona bobu do bezpośredniej konsumpcji oraz jako surowiec do mrożenia i konserwowania. Zawierają one dużo białka i węglowodanów (w tym błonnik), sole mineralne oraz witaminę C i karoten (prowitaminę A). Wchodzi on w skład diet dla ludzi chorych na wątrobę, nerki i jelita. Bób jest również cenioną rośliną jako przedplon, ponieważ pozostawia stanowisko w dobrej strukturze, wzbogacone w substancję organiczną i azot, wolną od chwastów oraz o dużej aktywności drobnoustrojów glebowych. Przy użytkowaniu tego warzywa na zielone nasiona na polu pozostaje około 80% masy roślinnej w postaci łodyg, liści i okryw strąków, czyli do 30 ton biomasy z hektara o wysokiej wartości paszowej i nawozowej [Łabuda 2000, Grudzień 2001].

W technologii produkcji bobu szczególnie uciążliwe i pracochłonne jest ręczne wyłuskiwanie zielonych nasion ze strąków. Zmechanizowanie tego procesu wpłynęłoby na obniżenie nakładów robocizny i wzrost wydajności, co przyczyniłoby się do zwiększenia opłacalności produkcji



i powierzchni uprawy tego bardzo cennego dla zdrowia warzywa. Ostatnio na polskim rynku pojawiła się łuszcarka do bobu ŁB-2. Wprowadzenie tej maszyny do produkcji na większą skalę wymaga przeprowadzenia jej badań w warunkach eksploatacyjnych, w celu określenia właściwych parametrów roboczych oraz wydajności mechanicznego łuszczenia zielonych nasion ze strąków.

## MATERIAŁ I METODY

Celem badań było przeprowadzenie analizy jakości pracy i wydajności łuszcarki bobu ŁB-2, produkowanej w Zakładzie Mechanicznym Usługowo-Produkcyjnym w Tomaszowie Lubelskim.

Przedmiotem badań była łuszcarka do bobu ŁB-2 (Fot. 1, 2).



Fot. 1. Łuszcarka do bobu ŁB-2 (widok z przodu): 1–stoły podawcze, 2–zsypy na wyłuszczoney bób, 3–stoły robocze, 4–wałki łuszczące, 5–kratki zabezpieczające, 6–rama

Fot. 1. The sheller of vicia faba ŁB-2 (front view): 1–passing table, 2–seed chute, 3– working tables, 4–shelling rolls, 5–protect grate, 6–frame

Zakres badań obejmował określenie wielkości uszkodzeń i strat nasion bobu odmiany Windsor Biały w procesie łuszczenia strąków świeżo zerwanych z roślin oraz przepustowości i wydajności maszyny. Badania przeprowadzono w gospodarstwie uprawiającym bób, zlokalizowanym w Dysie k/Lublina, przy czterech wielkościach szczeliny roboczej między wałkami łuszczącymi (2,0, 2,6, 3,0 i 4,2 mm).

Łuszcarka (rys. 1,2) zbudowana jest z ramy, na której w prowadnicach umieszczone są dwa oddzielne zespoły wałków łuszczących o średnicy 51,5 mm i długości 300 mm, pokrytych gumą. Wałki usytuowane są jeden nad drugim i obracają się w przeciwnych kierunkach ze stałą prędkością 193 obr·min<sup>-1</sup>. Dolne wałki otrzymują napęd od silnika elektrycznego poprzez przekładnię ślimakową, umieszczoną centralnie względem wałków. Górne wałki napędzane są od dolnych za pomocą stałej przekładni zębatej. Centralny układ napędowy i dwa zestawy wałków dzielą maszynę na dwa, niezależne od siebie stanowiska robocze. Przed każdą parą wałków znajduje się stół roboczy, wyposażony w prowadnice strąków oraz osłonę zabezpieczającą obsługę przed wciągnięciem palców rąk przez wałki. Każda z osłon steruje, niezależnie od siebie, wyłącznikiem

krańcowym, zmieniającym kierunek obrotów wałków na przeciwny. Pod stołami roboczymi, od strony wałków łuszczących, umieszczone są zsypy na wydzielone nasiona, natomiast z tyłu maszyny (za wałkami) – zsypy na strączyny. Po lewej i prawej stronie maszyny znajdują się stoły, na które podawane są sukcesywnie strąki bobu przeznaczone do łuszczenia [Mazurek 2008].



Fot. 2. Łuszcarka do bobu ŁB-2 (widok z tyłu): 1–silnik elektryczny, 2–zsypy na wyłuszczone strąki  
Fot. 2. The sheller of vicia faba ŁB-2 (rear view): 1 – electric motor, 2 – pods chute

Proces łuszczenia nasion polega na mechanicznym otwieraniu szwów strąków, wskutek zaciśnięcia, a następnie przeciągnięcia ich strączyn między parą współbieżnie obracających się wałków.

Przy każdej przyjętej do badań wielkości szczeliny roboczej między wałkami łuszczącymi określano mechaniczne uszkodzenia i straty nasion bobu oraz przepustowość i wydajność łuszcarki. Pomiary przeprowadzono na próbach strąków bobu o masie 5 kg, w pięciu powtórzeniach.

Do uszkodzeń zaliczano nasiona zgniecione, bez okrywy i z widocznymi jej pęknięciami, zaś do strat ilościowych nasiona nie wydzielone ze strąków i nasiona luzem znajdujące się w strączynach. Uszkodzenia i straty nasion określano w procentach, w stosunku do całkowitej masy wyłuszczonych nasion w próbie.

Przepustowość zespołu łuszczącego określano dzieląc masę próby przez czas łuszczenia, zaś wydajność maszyny dzieląc masę wyłuszczonych nasion całych przez czas łuszczenia. W celu porównania wyników określano również wydajność ręcznego wydzielania nasion bobu ze strąków. Pomiary przeprowadzono na próbie strąków o masie 5 kg, w pięciu powtórzeniach.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą programu Microsoft Office Excel, stosując analizę wariancji jednoczynnikowej, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę strąków i nasion badanej odmiany bobu.

Tabela 1. Charakterystyka strąków i nasion bobu odmiany Windsor Biały  
 Table 1. The characteristics of pods and seeds of vicia faba Windsor Biały variety

Wyszczególnienie	Jed. miary	Wartość średnia
Wymiary geometryczne strąków: -długość (a) -szerokość (b) -grubość (c) -wskaźnik kształtu (c/b)	mm	139,9 24,8 18,2 0,73
Wymiary geometryczne nasion: -długość (a <sub>1</sub> ) -szerokość (b <sub>1</sub> ) -grubość (c <sub>1</sub> ) -wskaźnik kształtu (c <sub>1</sub> /b <sub>1</sub> )	mm	25,9 20,5 11,4 0,56
Liczba strąków w próbie o masie 5 kg	szt.	141,5
Rozkład liczebności strąków w próbie o masie 5 kg 1-nasienne 2-nasienne 3-nasienne 4-nasienne 5-nasienne	%	3,5 6,5 20,00 58,00 12,00
Rozkład liczebności (kształtu) strąków w próbie o masie 5 kg: -proste -krzywe (łukowate)	%	74,00 26,00
Masa części słomistej w próbie 5 kg strąków	kg	3,24
Masa nasion w próbie 5 kg strąków	kg	1,76
Masa 1000 zielonych nasion bobu	kg	3,40

Z tabeli 1 wynika, że długość strąków bobu odmiany Windsor Biały wynosiła około 140 mm, szerokość około 25 mm i grubość około 18 mm i odpowiednio nasion: 26, 20 i 11 mm. W badanej próbie o masie 5 kg znajdowało się średnio 142 strąków, w tym 26% stanowiły strąki łukowato zakrzywione. Strąki takie są niekorzystne z punktu widzenia mechanicznego łuszczenia, ponieważ utrudnione jest ich zaciskanie i wciąganie przez wałki łuszczące, co znacznie wydłuża czas łuszczenia.

Uzyskane wyniki wskazują, że wraz ze wzrostem szczeliny roboczej w zakresie 2,0-4,2 mm rosną wartości badanych wskaźników jakości pracy łuszcarki. Wzrost wielkości szczeliny roboczej w zakresie 2,0-2,6 mm spowodował stosunkowo niewielki przyrost uszkodzeń i strat nasion oraz nieco większą przepustowość i wydajność łuszczenia. Po przekroczeniu tego zakresu wielkości szczeliny stwierdzono prawie dwukrotny wzrost wydajności łuszczenia oraz znaczny wzrost uszkodzeń, a zwłaszcza strat nasion, które przy szczelinie roboczej 4,2 mm były siedmiokrotnie wyższe od stwierdzonej przy szczelinie 2,6 mm.

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań wpływu wielkości szczeliny roboczej na wskaźniki jakości pracy łuszcarki wykazała, że istotne różnice między uszkodzeniami nasion bobu wystąpiły przy szczelinach roboczych 2,0 i 4,2 mm; 2,6 i 4,2 mm i 3,0 i 4,2 mm, zaś przy szczelinach w zakresie 2,0-3,0 wartości tego wskaźnika nie różniły się istotnie.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań łuszcarki ŁB-2 wraz z ich analizą statystyczną.

Tabela 2. Wpływ wielkości szczeliny roboczej między wałkami łuszczącymi na uszkodzenia i straty nasion bobu oraz przepustowość i wydajność łuszcarki ŁB-2  
Table 2. The effect of the working gap between shelling rolls on damages and losses of vicia faba seeds as well as an efficiency and capacity of the sheller ŁB-2

Szczelina robocza [mm]	Uszkodzenia nasion [%]	Straty nasion [%]	Przepustowość zespołu łuszczącego [kg·s <sup>-1</sup> ]	Wydajność łuszczenia nasion [kg·h <sup>-1</sup> ]
2,0	2,9 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	0,020 <sup>a</sup>	23,85 <sup>a</sup>
2,6	3,2 <sup>b,a</sup>	2,1 <sup>b,a</sup>	0,033 <sup>b</sup>	39,27 <sup>b</sup>
3,0	4,5 <sup>c,a,b</sup>	5,2 <sup>c</sup>	0,056 <sup>c</sup>	63,37 <sup>c</sup>
4,2	6,9 <sup>d</sup>	14,8 <sup>d</sup>	0,059 <sup>d,c</sup>	63,45 <sup>d,c</sup>

\* różne litery w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie  $\alpha=0,05$

W przypadku strat nasion statystycznie istotne różnice wartości tego wskaźnika stwierdzono przy szczelinach roboczych 2,0 i 3,0 mm; 2,0 i 4,2 mm; 2,6 i 3,0 mm oraz 3,0 i 4,2 mm, a nie istotne przy szczelinach 2,0 i 2,6 mm.

W przypadku przepustowości i wydajności łuszcarki istotne różnice między wartościami tych wskaźników stwierdzono przy szczelinach roboczych 2,0 i 2,6 mm, 2,0 i 3,0 mm; 2,0 i 4,2 mm; 2,6 i 3,0 mm oraz 2,6 i 4,2 mm, a nie istotne różnice przy szczelinach 3,0 i 4,2 mm.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy szczelinie roboczej w zakresie 2,0-3,0 mm różnice między uszkodzeniami nasion nie są statystycznie istotne. Natomiast wzrost szczeliny roboczej z 2,6 do 3,0 mm spowodował istotny (prawie dwukrotny) wzrost wydajności łuszczenia. Wnioskować stąd można, że z punktu widzenia wydajności łuszczenia i jakości nasion bobu odmiany Windsor Biały najbardziej zbliżoną do optymalnej jest szczelina robocza 3,0 mm. Przy tej wartości szczeliny wydajność łuszczenia była prawie ośmiokrotnie wyższa od wydajności ręcznego łuszczenia strąków, która jak wykazały badania wynosiła 6,4 kg·h<sup>-1</sup>.

## WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań i ich analizy statystycznej można sformułować następujące wnioski:

1. Stwierdzono duże zróżnicowanie wskaźników jakości pracy łuszcarki spowodowane wielkością szczeliny roboczej.
2. Wraz ze wzrostem wielkości szczeliny roboczej w badanym zakresie rosła wydajność łuszczenia, przy jednoczesnym obniżaniu się jakości nasion.
3. Z punktu widzenia wydajności łuszczenia i jakości nasion bobu odmiany Windsor Biały najbardziej zbliżoną do optymalnej jest szczelina robocza wielkości 3,0 mm.
4. Przy szczelinie roboczej 3,0 mm wydajność łuszczenia była około ośmiokrotnie wyższa od wydajności stwierdzonej przy ręcznym wydzielaniu nasion ze strąków.

5. Przy doborze wielkości szczeliny roboczej należy uwzględnić wymiary geometryczne strąków bobu, a szczególnie ich grubość. Wielkość szczeliny powinna być tak dobrana aby między wałkami były zaciskane a następnie przeciągane tylko strączyzny, a nie nasiona.

## PIŚMIENNICTWO

- Chroboczek E.: Praca zbiorowa. 1977. Odmianoznawstwo roślin warzywnych. PWRiL, Warszawa.
- Dobrakowska-Kopecka Z. 1999.: Warzywnictwo. PWRiL, Warszawa.
- Grudzień K. 2001.: Uprawa bobu na zbiór wczesny. *Hasło Ogrodnicze*, 12, 39-41.
- Kołota E., Ostrowski M., Biesiada A. 2007.: Warzywnictwo. Wyd. UP we Wrocławiu.
- Łabuda H. 2000.: Uprawa bobu. *Hasło Ogrodnicze*, 3, 54-55.
- Łabuda H. 2001.: Uprawa bobu na świeże nasiona. *Owoce*, 40(5), 18-20.
- Łabuda H. 2004.: Bób. Zdrowe strączkowe. *Działkowiec*, 64, 34-40.
- Mazurek Z. 2008.: Łuszcarka bobu ŁB-2. Instrukcja obsługi. Zakład Mechaniczny Usługowo-Produkcyjny. Tomaszów Lubelski.

## THE WORKING QUALITATIVE ANALYSE OF VICIA FABAE SHELLER ŁB-2

Department of Horticultural Machinery, University of Life Sciences in Lublin

**Summary.** The much differentiation of quality indicators for sheller which was resulting of working gap was found. Together with the increase of working gap size in research range of 2.0-4.2 mm increase the efficiency of shelling at concurrently decreasing of seed quality. In the point of view the efficiency and seed quality of vicia faba Windsor Biały variety the working gap of size of 3.0 mm is very similar for rationale. At this size of working gap the efficiency was by about eight times higher than by manually shelling of pods. The size of working gap should be so well-chosen that the gap between the rolls was clamping and next pulling only the pods without seeds.

**Key words:** vicia faba, seed sheller, damages and losses, efficiency.

## EKONOMICZNA OCENA PRODUKCJI CZERWONEJ PORZECZKI W WYBRANYM GOSPODARSTWIE JAGODOWYM

Józef Kowalczyk, Tomasz Figiel

Katedra Maszyn i Urządzeń Ogrodniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Streszczenie.** Przeprowadzono ocenę ekonomiczną produkcji czerwonej porzeczki w wybranym rodzinnym gospodarstwie jagodowym w latach 2008-2009. Dochód z produkcji w poszczególnych latach badań zależał głównie od jednostkowej ceny sprzedaży owoców. Koszty ponoszone na produkcję w 2008 r. wynosiły 6499,0 zł·ha<sup>-1</sup> i odpowiednio w 2009 r. – 6783,0 zł·ha<sup>-1</sup>. Wskaźnik opłacalności produkcji w 2008 roku wyniósł 211% i odpowiednio w 2009 roku – 142%.

**Słowa kluczowe:** czerwona porzeczka, koszty produkcji, współczynnik efektywności ekonomicznej.

### WSTĘP

Polska należy do największych producentów porzeczki na świecie. Wynika to m.in. z tego, że występują u nas bardzo korzystne warunki klimatyczno-glebowe do uprawy porzeczki. Na znacznej powierzchni użytków rolnych można uprawiać podstawowe gatunki owoców. Produkcja czerwonej porzeczki w naszym kraju szacowana jest na około 50 tys. ton. Eksport świeżych owoców czerwonej porzeczki waha się od 3 do 4 tys. ton, natomiast eksport owoców jagodowych mrożonych oscyluje na poziomie 18 tys. ton. W latach 2004-2006 dostawy mrożonek owoców jagodowych z naszego kraju pokrywały blisko 25% importu unijnego [Nosecka 2008].

Wielkość produkcji i ponoszonych na nią nakładów oraz kosztów w znacznym stopniu zależy od czynników ekonomiczno-przyrodniczych, warunkujących organizację i przebieg procesu produkcji w gospodarstwie. Przede wszystkim dotyczy to warunków klimatycznych, jakości gruntów, powierzchni upraw, technologii produkcji i zasobów siły roboczej. Produkcja każdego rodzaju owoców powinna dążyć do zwiększenia wydajności stosowanych zabiegów technologicznych oraz jej opłacalności poprzez wzrost pozyskiwanych plonów. Nie jest to jednak proste, ze względu na stale rosnące ceny środków ochrony roślin, paliwa oraz nakładów na pracę ludzką. Wprowadzenie nowoczesnej technologii produkcji umożliwi znaczne ograniczenie kosztów przeznaczanych na utrzymanie pracowników [Nosecka 2008, Rabcewicz 2006, Wawrzyńczak 2003].

Celem badań było przeprowadzenie analizy nakładów i kosztów oraz oceny ekonomicznej produkcji czerwonej porzeczki na przykładzie wybranego gospodarstwa w latach 2008-2009.

## MATERIAŁ I METODY

Do badań wybrano rodzinne gospodarstwo położone we wsi Buchałowice, w województwie lubelskim. Gospodarstwo prowadzą rodzice z synem. W okresie zbiorów zatrudnianych jest 4-5 osób. Grunty gospodarstwa zajmują 44 ha o przewadze klas II i IIIa, na których uprawiana jest czerwona i czarna porzeczka, agrest i fasola szparagowa.

Uprawa czerwonej porzeczki prowadzona jest na 7,5 ha. Badaniami objęto 4,2 ha plantacji czerwonej porzeczki odmiany Rondon.

Przy sporządzaniu kalkulacji nakładów pracy i kosztów bezpośrednich ponoszonych na produkcję czerwonej porzeczki uwzględniono:

- ilość i koszty zakupu stosowanych w produkcji środków (nawozy, środki ochrony roślin),
- wielkość uzyskanego plonu czerwonej porzeczki,
- koszty eksploatacji maszyn,
- koszty transportu,
- nakłady na pracę ludzką.

Dla materiałów pochodzących spoza gospodarstwa (nawozy mineralne, środki ochrony roślin, paliwo), usług, pracy rolnika i najemnej, przyjęto aktualne ich ceny. Opłacalność produkcji określono na podstawie wskaźnika opłacalności produkcji. Przy obliczaniu kosztów pracy ciągników i maszyn korzystano z fachowej literatury [Lorencowicz 2004, Muzalewski 2004].

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

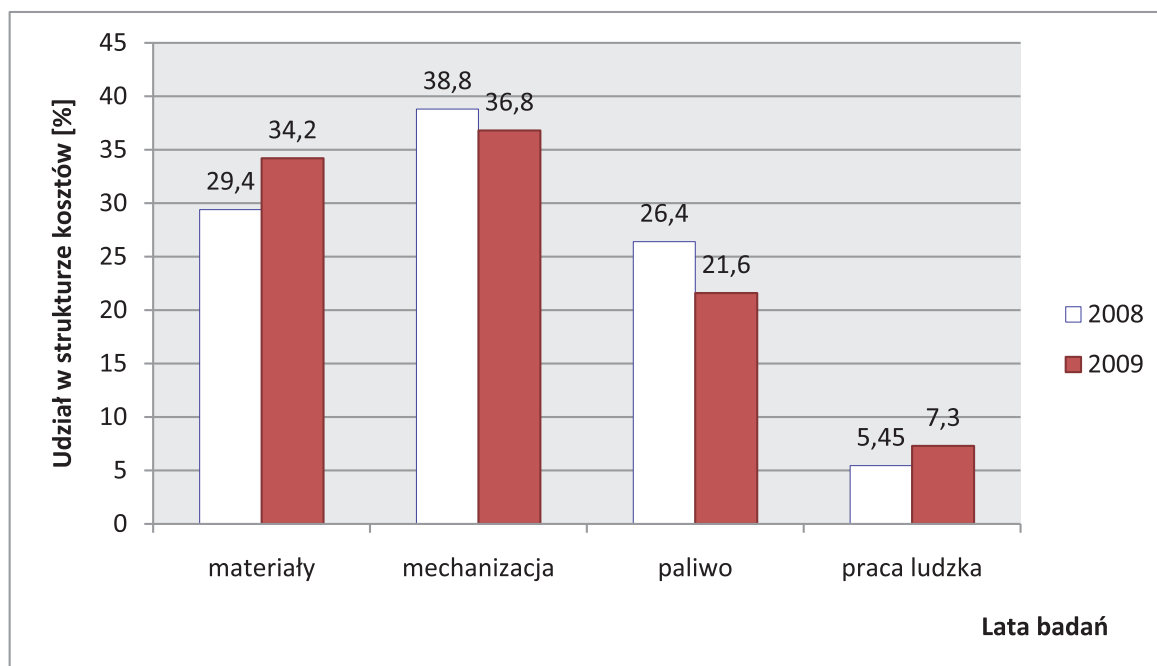
W tabeli 1 zamieszczono koszty produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie jagodowym w latach 2008-2009.

Tabela 1. Koszty produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie w latach 2008-2009  
Table 1. The cost production of redcurrant in analyzed farm for the years 2008- 2009

Rok badań	Koszty				
	materiałów i surowców	eksploatacji agregatów	paliwa	pracy ludzkiej	Razem
	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>
2008	1909,5	2520,0	1715,0	354,5	6499,0
2009	2319,5	2500,0	1465,0	498,5	6783,0
Średnia	2114,5	2510,0	1590,0	426,5	6641,0

Z rysunku 1 wynika, że w bezpośrednich kosztach produkcji czerwonej porzeczki największy udział miały koszty mechanizacji, które stanowiły 36,8-38,8% (średnio 37,8%) oraz koszty materiałowe wynoszące 29,4-34,2% (średnio 31,8%).

Na rysunku 1 przedstawiono procentowy udział w strukturze kosztów poszczególnych składników.



Rys. 1. Udział poszczególnych składników w strukturze kosztów produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie w latach 2008-2009  
 Fig. 1. The share of individually component in the cost structure of redcurrant production in analyzed farm for the years 2008-2009

W tabeli 2 przedstawiono koszty eksploatacji stosowanych maszyn i ciągników, natomiast na rysunku 2 strukturę kosztów w odniesieniu do realizowanych zabiegów.

Tabela 2. Koszty eksploatacji maszyn i ciągników (bez paliwa) oraz robocizny w produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie w latach 2008-2009

Table 2. The working expenses of machines and tractors (without fuel) and wage cost in production of redcurrant in analyzed farm for the years 2008 – 2009

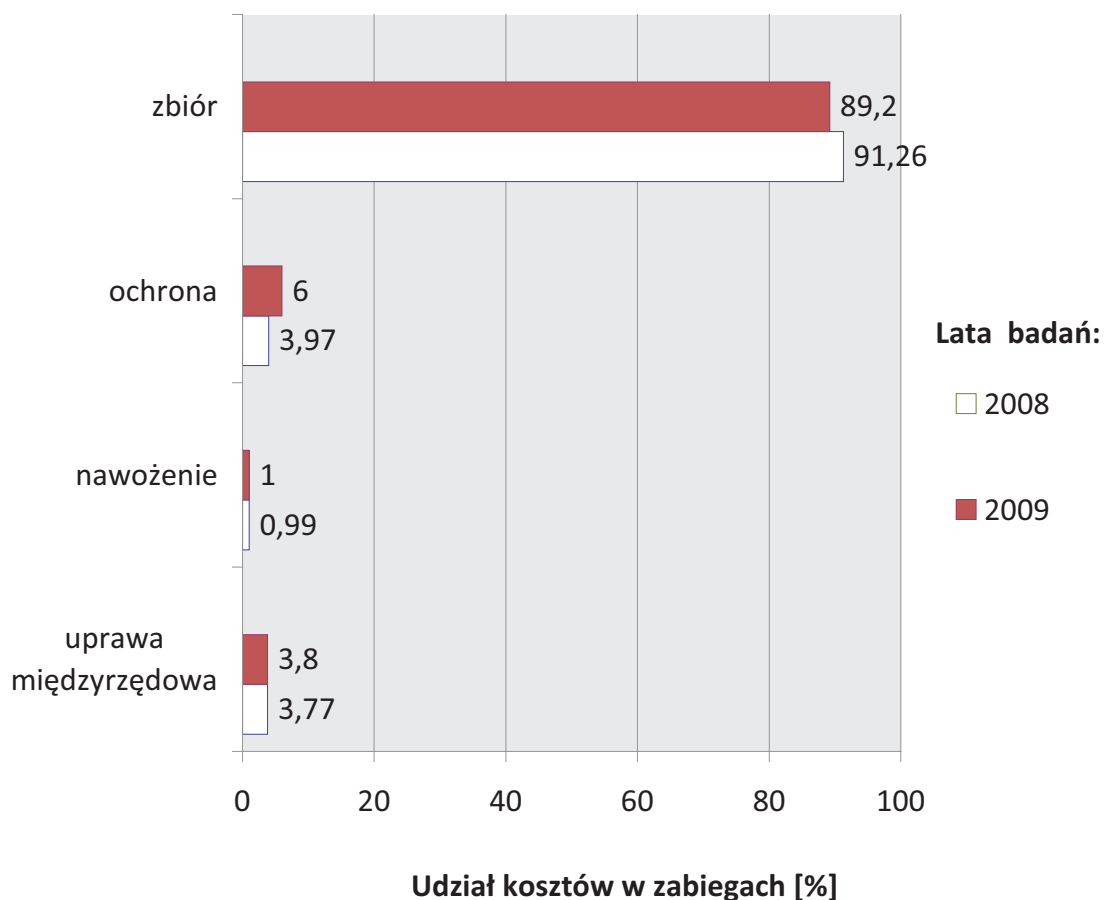
Rok badań	Koszty				
	uprawa międzyrzędowa	nawożenie	ochrona	zbiór	Razem
	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>
2008	95	25	100	2300	2520
2009	95	25	150	2230	2500
Średnia	95	25	125	2265	2510

Z tabeli 2 i rysunku 2 wynika, że największy udział w kosztach eksploatacji stanowiły koszty związane ze zbiorem porzeczki - średnio 2265 zł·ha<sup>-1</sup> oraz koszty ochrony plantacji - średnio 125 zł·ha<sup>-1</sup>.

Z tabeli 3 wynika, że uzyskany plon owoców czerwonej porzeczki z 1 ha oraz koszty produkcji owoców w badanych latach są zbliżone. Istotne różnice wystąpiły natomiast w wielkości dochodu z produkcji. W 2008 roku wyniósł on bowiem 7221 zł·ha<sup>-1</sup>, natomiast w 2009 jedynie



2580 zł·ha<sup>-1</sup>. Oznacza to, iż decydujący wpływ na wartość wskaźnika opłacalności produkcji miała cena jednostkowa sprzedaży owoców czerwonej porzeczki w analizowanych latach.



Rys. 2. Struktura kosztów produkcji czerwonej porzeczki w odniesieniu do realizowanych zabiegów  
Fig. 2. The cost structure of redcurrant production in reference to working operation

W tabeli 3 przedstawiono wskaźniki ekonomiczne produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie w latach 2008-2009.

Tabela 3. Wskaźniki ekonomiczne produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie w latach 2008-2009

Table 3. The economic indicator in production of redcurrant in analyzed farm for the years 2008-2009

Rok badań	Plon	Koszty bezpośrednie produkcji	Wartość produkcji	Dochód z produkcji	Wskaźnik opłacalności produkcji
	t·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	zł·ha <sup>-1</sup>	%
2008	9,8	6499	13720	7221	211
2009	10,7	6783	9630	2580	142
Średnia	10,25	6641	11675	5175,5	176

## WNIOSKI

Największy udział w strukturze kosztów produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie, w latach 2008-2009, miały koszty użytkowania ciągników i maszyn oraz koszty materiałowe.

Dochód z produkcji czerwonej porzeczki zależał głównie od ceny sprzedaży owoców i wynosił w latach 2008 i 2009 odpowiednio: 7221 zł·ha<sup>-1</sup> i 2580 zł·ha<sup>-1</sup>.

Wskaźnik opłacalności produkcji czerwonej porzeczki w analizowanym gospodarstwie wynosił w 2008 roku – 211% i odpowiednio w 2009 roku –142%.

## PIŚMIENNICTWO

- Lorencowicz E. 2002.: Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. Wyd. APRIa, Bydgoszcz.
- Muzalewski A. 2004.: Koszty eksploatacji maszyn, 19. Wyd. IBMER, Warszawa.
- Nosecka B. 2008. Sytuacja na polskim rynku owoców jagodowych i prognozy na najbliższe lata. Innowacje w uprawie krzewów jagodowych. Pracownia Wydawnictw ISK, 5.
- Rabcewicz J. 2006.: Mechanizacja zbioru owoców jagodowych. Hasło Ogrodnicze, 7, 82-83.
- Wawrzyńczak P. 2003.: Mechanizacja produkcji a jakość owoców. Owoce Warzywa Kwiaty, 11, 16-19.

## ECONOMICAL EVALUATION OF REDCURRANT PRODUCTION IN CHOSEN BERRY FARMING

Department of Horticultural Machinery, University of Life Sciences in Lublin

**Summary.** Economical evaluation of redcurrant production in chosen family berry farming for the years 2008-2009 was found. The income of production in individually years of research was depended on unit price of sale of commodities. The bear of charges for production in year of 2008 amount of 6499.0 zł·ha<sup>-1</sup> and respectively in year of 2009 – 6783.0 zł·ha<sup>-1</sup>. The indicator of profitability in year of 2008 amount of 211% and respectively in year of 2009 – 142%.

**Key words:** redcurrant, cost production, indicator of production profitability.

## ENERGIA OTWARCIA STRĄKÓW FASOLI A WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH ELEMENTÓW ICH BUDOWY

Piotr Kuźniar, Stanisław Sosnowski

Uniwersytet Rzeszowski, Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej,  
Ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów, pkuzniar@univ.rzeszow.pl

**Streszczenie.** Praca przedstawia charakterystykę cech geometrycznych strąków fasoli odmian Narew, Nida i Warta, właściwości wytrzymałościowych wybranych elementów ich budowy, oraz ich korelacje z energią otwarcia strąków. Stwierdzono, że bardziej podatne na pękanie są strąki; o bardziej płaskim przekroju (szersze i cieńsze); o mniejszej grubości warstwy włókien i stosunku grubości parenchymy i warstwy włókien; których warstwa włókien i łupina ulegają mniejszym odkształceniom i są mniej wytrzymałe na rozrywanie; których wiązki sklerenchymatyczne szwu grzbietowego są mniej wytrzymałe, a szwu brzuszego bardziej.

**Słowa kluczowe:** strąk fasoli, elementy budowy, właściwości wytrzymałościowe, energia otwarcia,

### WSTĘP

Jedną z niekorzystnych cech roślin strączkowych jest skłonność do pękania ich strąków i osypywania się nasion, przed jak i w trakcie zbioru [Furtak, Zaliwski 1986, Kuźniar, Sosnowski 2003, Szot, Tys 1979 i 1987].

Podatność strąków na pękanie jest cechą odmianową i jest uwarunkowana ich budową anatomiczno-morfologiczną. Główną cechą ułatwiającą pękanie strąka jest struktura jego endokarpium, w którym występuje warstwa włókien zbudowana z silnie zgrubiałych komórek sklerenchymatycznych ułożonych ukośnie do osi owocu. W wyniku różnego ułożenia mikrofibryli w ścianach komórkowych, w trakcie wysychania kurczą się w różnych kierunkach i dochodzi do pękania strąka wzdłuż szwu brzuszego i grzbietowego. Z elementów budowy wewnętrznej strąków największe znaczenie ma zawartość i struktura włókna w wiązках przewodzących i ściankach ich łupin [Dorna, Ducznal 1994, Esau 1973, Hejnowicz 1985, Kuźniar, Strobel 2000, Strobel 2003, Tomaszewska 1954].

Podatność strąków na pękanie jest także uwarunkowana ich kształtem w płaszczyźnie przekroju poprzecznego [Kuźniar, Sosnowski 2002, Szwed i in. 1997].

Celem pracy było wyznaczenie cech geometrycznych oraz właściwości wytrzymałościowych wybranych elementów budowy strąka i porównanie ich z podatnością na pękanie tych owoców, których miarą jest energia otwarcia wyznaczona metodą ciśnieniową.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na strąkach fasoli uprawianej na suche nasiona odmian Narew, Nida i Warta.

Wymiary strąków wyznaczono za pomocą suwmiarki elektronicznej z dokładnością do 0,01 mm. Długość mierzono od początku szypułki do dzióbka, zaś szerokość i grubość w płaszczyźnie przekroju prostopadłej do osi głównej owocu, przechodzącej przez jego środkową część.

Współczynnik kształtu  $w_k$  określono jako stosunek szerokości strąka i jego grubości:

$$w_k = \frac{d}{e}, \quad (1)$$

gdzie:

$w_k$  – współczynnik kształtu,

$d$  - szerokość strąka [mm],

$e$  - grubość strąka [mm].

Badania wytrzymałościowe objęły takie elementy budowy strąka jak:

- warstwa włókien,
- łupina (warstwa miękiszowa łącznie z warstwą włókien),
- wiązki sklerenchymatyczne szwów; brzuszego i grzbietowego.

Badania te przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej ZWICK, za pomocą której określono dla wyżej wymienionych elementów budowy strąka naprężenie niszczące, moduł sprężystości i odkształcenie względne [Woźniak, Grundas 2006]. W celu oddzielenia warstwy włókien i wiązek sklerenchymatycznych szwów od pozostałych tkanek, strąki umieszczano na 15 minut we wrzącej wodzie. Tak zmacerowane tkanki miękiszowe usunięto (zeskrobano) następnie tępą stroną skalpela, tak aby nie uszkodzić sklerenchymy. Do badań wytrzymałościowych wycinano z łupiny i warstwy włókien paski równoległe do kierunku ułożenia włókien o szerokości 3 mm. Grubość: łupiny, warstwy włókien, parenchymy, wiązek szwów mierzono zegarowym czujnikiem elektronicznym z dokładnością do 0,001 mm. Powierzchnię przekroju poprzecznego badanych elementów budowy strąka obliczono jako iloczyn ich szerokości i grubości.

Energię potrzebną do otwarcia strąka wyznaczono metodą ciśnieniową [Kuźniar, Sosnowski 2007, Szwed i in. 1999] z zależności:

$$E = \frac{3}{2} pV, \quad (2)$$

gdzie:

$E$  - energia otwarcia strąka [J],

$p$  - ciśnienie powietrza w strąku w momencie jego pęknięcia [Pa],

$V$  - objętość powietrza w strąku [m<sup>3</sup>].

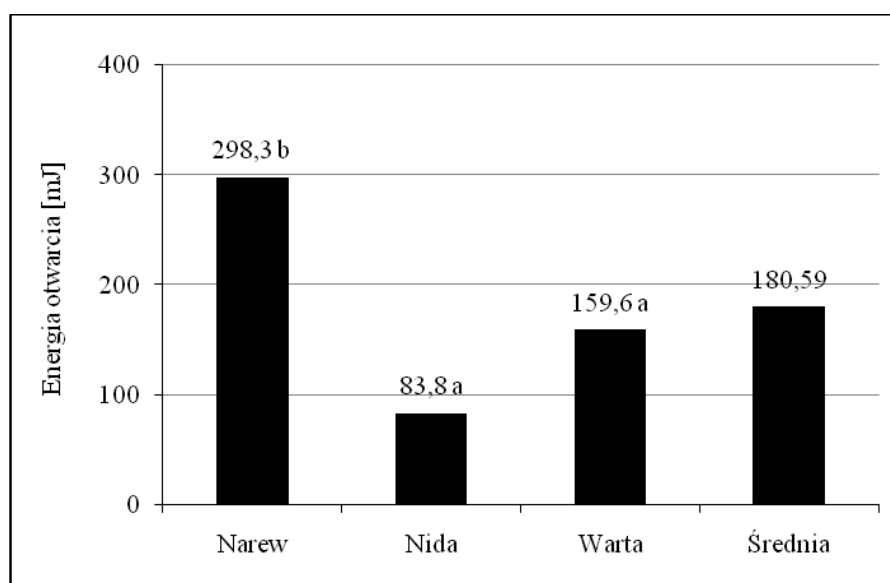
Objętość powietrza w strąku wyznaczono modyfikowaną metodą piknometryczną [Kuźniar, Sosnowski 2007, Kuźniar 2008].

Pomiary wykonano na 20 strąkach dla każdej odmiany, przy ich wilgotności mieszczącej się w przedziale 12,5-14%.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica 6.0, którym wykonano analizę wariancji i test istotności NIR.

## WYNIKI BADAŃ

Najmniej podatne na pęknięcie (rys. 1) były strąki odmiany Narew, które wymagały do otwarcia energii wynoszącej średnio prawie 300 mJ. Najwyższą podatnością charakteryzowały się zaś strąki odmiany Nida, które otwierały się przy energii wynoszącej średnio niecałe 84 mJ. Wykonany test NIR wykazał, że tylko średnia wartość energii otwarcia strąków odmiany Narew statystycznie różniła się od pozostałych.



Rys. 1. Energia otwarcia strąków badanych odmian fasoli

Fig. 1. Energy of pods opening on bean varieties

Strąki odmiany Warta (tab.1) były statystycznie istotnie najdłuższe (119,1mm), ale najwęższe (9,8mm) i najcieńsze (9,1mm). Odmiana Nida charakteryzowała się strąkami o najmniejszej długości (100,2mm) i największym współczynniku kształtu (1,18). Zaś największą szerokość (15,5mm) i grubość (14,4mm) miały strąki odmiany Narew. U owoców tej odmiany odnotowano natomiast najmniejszy współczynnik kształtu (1,05).

Tabela 1. Cechy biometryczne strąków badanych odmian fasoli i współczynniki ich korelacji z energią otwarcia.

Table 1. Biometric characteristics of bean pods and their correlation coefficient with opening energy

Wyszczególnienie	Wymiary strąka [mm]			Współczynnik kształtu strąka
	Długość	Szerokość	Grubość	
Narew	107,8b	15,5c	14,4b	1,05a
Nida	100,2a	11,0b	9,4a	1,18b
Warta	119,1c	9,8a	9,1a	1,09a
Współczynniki korelacji z energią otwarcia	0,2403	0,8516	0,9180	-0,9129

\* różne litery w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$

Wymiary strąków były skorelowane dodatnio z energią otwarcia, z tym że: długość słabo (0,2403), szerokość bardzo wysoko (0,8516) a grubość prawie pełnie (0,9180). Oznacza to, że odmiany fasoli, których strąki są większe są mniej podatne na pękanie. Współczynnik kształtu strąka skorelowany był prawie pełnie i ujemnie z energią otwarcia (-0,9129), co oznacza że odmiany fasoli o bardziej płaskim przekroju poprzecznym strąków (szersze i cieńsze) są mniej odporne na pękanie. Prawidłowość ta nie potwierdza wniosku Szweda i innych [1997, 1999], że strąki o większych wypukłościach łatwiej się otwierają, gdyż mniejszy promień krzywizny powoduje zwiększanie ramienia momentu zginającego łupinę strąka w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ułożenia włókien warstwy pergaminowej. Oznacza to, że o zróżnicowaniu podatności na pękanie strąków badanych odmian decydują w większym stopniu jeszcze inne elementy ich budowy niż ich kształt [Kuźniar, Sosnowski 2002].

Analizując wyniki zawarte w tabeli 2 należy stwierdzić, że wiązki szwu grzbietowego charakteryzowały się większymi wymiarami i polem przekroju. Energia otwarcia strąków była skorelowana słabo z odkształceniem wiązek szwów brzuszno i grzbietowego, wysoko z modułem sprężystości i prawie pełnie z naprężeniem niszczącym. Współczynniki korelacji energii otwarcia z naprężeniem i modułem wiązek szwu brzuszno były dodatnie, a dla wiązek szwu grzbietowego nieznacznie wyższe i ujemne. Uzyskane wartości współczynników korelacji wskazują, że do otwarcia strąków, których wiązki sklerenchymatyczne szwu grzbietowego są mniej wytrzymałe, a szwu brzuszno bardziej potrzeba większej energii.

Największą grubość łupiny (193,5 $\mu$ m), parenchymy (122,9 $\mu$ m) i warstwy włókien (70,6 $\mu$ m) oraz największy stosunek grubości parenchymy i warstwy włókien (1,742) odnotowano u strąków odmiany Narew (tab.4). Najcieńszymi zaś łupinami (162,9 $\mu$ m), parenchymą (99 $\mu$ m) oraz stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien charakteryzowały się strąki Nidy, a najcieńszą warstwą włókien (63,1 $\mu$ m) strąki Warty. Energia otwarcia strąków była skorelowana bardzo wysoko z grubością warstwy włókien i prawie pełnie z grubością łupiny, parenchymy oraz ze stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien

Tabela 2. Średnie wartości wymiarów wiązek szwu brzuszno (B) i grzbietowego (G) strąków badanych odmian fasoli

Table 2. Average values of sclerenchematic of abdominal (B) and dorsal (G) seam bundles on bean pods

Wyszczególnienie	Wiązki szwów	Narew	Nida	Warta	Średnia
Szerokość [ $\mu$ m]	B	607,8b	569,3ab	528,8aI	568,6
	G	600,0a	571,0a	606,8aII	593,6
Grubość [ $\mu$ m]	B	113,1b	103,7b	90,2aI	102,3I
	G	118,3b	110,4ab	103,3aII	110,7II
Pole przekroju poprzecznego [ $\text{mm}^2$ ]	B	0,070c	0,059b	0,048aI	0,059I
	G	0,072a	0,064a	0,063aII	0,066II

\*różne litery w wierszach i cyfry rzymskie w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie  $\alpha=0,05$

Energia otwarcia strąków była skorelowana słabo z odkształceniem wiązek szwów brzuszno i grzbietowego, wysoko z modułem sprężystości i prawie pełnie z naprężeniem niszczącym. Współczynniki korelacji energii otwarcia z naprężeniem i modułem wiązek szwu brzuszno były dodatnie, a dla wiązek szwu grzbietowego nieznacznie wyższe i ujemne. Uzyskane wartości współczynników korelacji wskazują, że do otwarcia strąków, których wiązki sklerenchymatyczne szwu grzbietowego są mniej wytrzymałe, a szwu brzuszno bardziej potrzeba większej energii.

Tabela 3. Średnie wartości parametrów wytrzymałościowych wiązek szwu brzuszego (B) i grzbietowego (G) strąków badanych odmian fasoli, oraz współczynniki korelacji z energią otwarcia strąka  
 Table 3. Strength properties of sclerenchematic of abdominal (B) and dorsal (G) seam bundles of bean pods and correlation coefficients of the energy of opening pods

Wyszczególnienie	Wiązki szwów	Narew	Nida	Warta	Średnia	Współczynnik korelacji
Napężenie niszczące [MPa]	B	112,99bI	100,72aI	147,39cI	120,36I	0,9392
	G	167,87II	179,62II	178,69II	175,39II	-0,9597
Odkształcenie względne [%]	B	5,36I	5,17I	5,84I	5,46I	0,1066
	G	7,45II	7,45II	7,27II	7,39II	0,1671
Moduł sprężystości [MPa]	B	2407,03b	1969,66aI	2576,09b	2317,59	0,5694
	G	2307,39	2465,33II	2595,95	2456,23	-0,6788

\*różne litery w wierszach i cyfry rzymskie w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie  $\alpha=0,05$

Największą grubość łupiny (193,5 $\mu\text{m}$ ), parenchymy (122,9 $\mu\text{m}$ ) i warstwy włókien (70,6 $\mu\text{m}$ ) oraz największy stosunek grubości parenchymy i warstwy włókien (1,742) odnotowano u strąków odmiany Narew (tab.4). Najcieńszymi zaś łupinami (162,9 $\mu\text{m}$ ), parenchymą (99 $\mu\text{m}$ ) oraz stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien charakteryzowały się strąki Nidy, a najcieńszą warstwą włókien (63,1 $\mu\text{m}$ ) strąki Warty. Energia otwarcia strąków była skorelowana bardzo wysoko z grubością warstwy włókien i prawie pełnie z grubością łupiny, parenchymy oraz ze stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien.

Tabela 4. Średnie wartości grubości warstwy włókien, łupiny strąków badanych odmian fasoli i stosunku ich grubości, oraz współczynniki korelacji energii otwarcia strąka z wartościami tych cech  
 Table 4. Average thickness values of fibre layer, shell pods, the ratio of parenchyma thickness and fibre layer, and correlation coefficients of the energy of opening pods

Wyszczególnienie	Grubość [ $\mu\text{m}$ ]			Stosunek grubości parenchymy i warstwy włókien
	łupiny strąka	warstwy włókien	parenchymy	
Narew	193,5b	70,6b	122,9b	1,74b
Nida	162,9a	63,9ab	99,0a	1,55a
Warta	166,0a	63,1a	102,9ab	1,63ab
Średnia	174,13	65,85	108,3	1,64
Współczynniki korelacji z energią otwarcia strąka	0,9654	0,8960	0,9799	0,9957

\*różne litery w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie  $\alpha=0,05$

Dodatnia korelacja energii otwarcia strąków badanych odmian fasoli z grubością warstwy włókien wskazuje, że im jest ona cieńsza to strąki łatwiej się otwierają. Natomiast łatwiejsze

otwieranie się strąków z grubszą warstwą włókien, stwierdzono w badaniach nad strąkami łubinu [Tomaszewska1954, Tomaszewski 1953] i komonicy zwyczajnej [Moś 1983], oraz łuszczynami rzepaku [Tomaszewska 1964]. Może to oznaczać, że o podatności na pękanie strąków badanych odmian fasoli decydują w większym stopniu inne ich cechy, np. budowa komórek tej warstwy - im są one delikatniejsze i o cieńszych ścianach, tym pękanie jest słabsze [Tomaszewska1954]. Prawie pełna korelacja energii otwarcia z grubością parenchymy i ze stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien potwierdza wnioski wymienionych badaczy, że im grubsza jest ta część łupiny strąka w stosunku do grubości warstwy włókien, to owoce te trudniej pękają.

Porównując zawarte w tabeli 5 średnie wartości parametrów wytrzymałościowych łupiny i warstwy włókien strąków badanych odmian fasoli należy stwierdzić, że warstwa włókien była bardziej wytrzymała na rozrywanie (ok. 37%), ulegała mniejszym odkształceniom (35%) i charakteryzowała się ponad dwukrotnie większym modułem sprężystości niż łupina.

Łupiną i warstwą włókien o największej wytrzymałości na rozerwanie największym modułem sprężystości charakteryzowały się strąki Warty. Najmniej wytrzymałe na rozerwanie omawiane elementy budowy strąka odnotowano u odmiany Nida. Warstwa włókien i łupina strąków odmiany Narew miała najmniejszy moduł sprężystości i ulegała największym wydłużeniom, a strąków Nidy najmniejszym.

Tabela 5. Średnie wartości parametrów wytrzymałościowych warstwy włókien i łupiny strąków badanych odmian fasoli, oraz ich współczynniki korelacji z energią otwarcia strąka  
Table 5. Strength properties of fibre layer and shell bean pods and correlation coefficients of the energy of opening pods

Odmiana	Naprężenie niszczące [MPa]	Odkształcenie względne [%]	Moduł sprężystości [MPa]
Łupina			
Narew	46,25a	4,75c	1061,17a
Nida	46,00a	3,39a	1452,60ab
Warta	68,24b	4,20b	1894,48b
Średnia	53,50	4,11	1412,74
Współczynniki korelacji z energią otwarcia strąka	-0,1572	0,9617	-0,6104
Warstwa włókien			
Narew	80,01a	2,86	2867,79a
Nida	71,79a	2,54	2948,67a
Warta	103,86b	2,65	3994,15b
Średnia	85,22	2,68	3270,20
Współczynniki korelacji energią otwarcia strąka	0,0813	0,9999	-0,2302

\*różne litery w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie  $\alpha=0,05$



Na podstawie obliczonych współczynników korelacji między energią otwarcia strąków badanych odmian fasoli a wyznaczonymi parametrami wytrzymałościowymi ich łupin i warstwy włókien można stwierdzić, że mniej podatne na pękanie są strąki których łupina wymaga do rozerwania mniejszego naprężenia, a warstwa włókien większego. Trudniej otwierają się strąki, których omawiane elementy budowy charakteryzują się większym odkształceniem i mniejszym modułem sprężystości. Należy tu zaznaczyć również, że z wyznaczonych parametrów wytrzymałościowych najlepiej (prawie pełnie) skorelowane z energią otwarcia strąka było odkształcenie łupiny (0,9617) i warstwy włókien (0,9999).

## WNIOSKI

1. Strąki najmniej podatne na pękanie odnotowano u odmiany Narew. Wymagały one do otwarcia istotnie największej energii wynoszącej 298,3mJ. Najbardziej podatnymi na pękanie strąkami charakteryzowała się zaś odmiana Nida, które otwierały się przy energii wynoszącej średnio 83,8mJ.
2. Wymiary strąków były skorelowane dodatnio z energią otwarcia, z tym że: długość słabo (0,2403), szerokość bardzo wysoko (0,8516) a grubość prawie pełnie (0,9180). Współczynnik kształtu strąka skorelowany był prawie pełnie i ujemnie z energią otwarcia (-0,9129), co oznacza że strąki o bardziej płaskim przekroju (szersze i cieńsze) są bardziej podatne na pękanie.
3. Wiązki szwu grzbietowego charakteryzowały się większymi wymiarami i polem przekroju niż wiązki szwu brzuszego, za wyjątkiem jedynie odmiany Narew. Za wyjątkiem szerokości wiązki szwu grzbietowego największe wymiary i pole przekroju poprzecznego odnotowano z wiązek strąków odmiany Narew a najmniejsze u strąków Warty.
4. Wiązki szwu grzbietowego odznaczały się istotnie wyższym naprężeniem niszczącym, odkształceniem i modułem sprężystości od wiązek szwu brzuszego, z wyjątkiem odmiany Narew. Wiązki sklerenchymatyczne strąków odmiany Warty charakteryzowały się największą wytrzymałością na rozerwanie i odkształceniem (za wyjątkiem szwu grzbietowego) oraz modułem sprężystości. Najmniejsze naprężenie, odkształcenie i moduł sprężystości wiązek szwu brzuszego odnotowano u strąków Nidy. Zaś najmniejsze naprężenie i moduł dla wiązek szwu grzbietowego stwierdzono u strąków odmiany Narew. Największym odkształceniom ulegały wiązki szwu grzbietowego strąków odmian Narew i Nida, a najmniejszym odmiany Warty.
5. Do otwarcia strąków, których wiązki sklerenchymatyczne szwu grzbietowego są mniej wytrzymałe, a szwu brzuszego bardziej potrzeba większej energii.
6. Największą grubość łupiny (193,5 $\mu$ m), parenchymy (122,9 $\mu$ m) i warstwy włókien (70,6 $\mu$ m) oraz największą wartość stosunku grubości parenchymy i warstwy włókien (1,74) odnotowano u strąków odmiany Narew. Najcieńszymi zaś łupinami (162,9 $\mu$ m), parenchymą (99 $\mu$ m) i stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien (1,15) charakteryzowały się strąki Nidy, a najcieńszą warstwą włókien (63,1 $\mu$ m) strąki Warty.
7. Strąki z grubszą warstwą włókien, łupiną i parenchymą oraz z większym stosunkiem grubości parenchymy i warstwy włókien wymagały do otwarcia większej energii.
8. Warstwa włókien była mniej podatna na rozrywanie o 37%, ulegała mniejszym odkształceniom o 35% i charakteryzowała się ponad dwukrotnie większym modułem sprężystości niż łupina
9. Najbardziej wytrzymałą łupiną (68,24MPa) i warstwą włókien (103,86 MPa) charakteryzowały się strąki Warty, zaś najmniej wytrzymałe na rozerwanie omawiane elementy

budowy strąka odnotowano u odmiany Nida (46,0 i 71,8MPa). Łupina i warstwa włókien strąków odmiany Narew ulegała największym odkształceniom (4,75 i 2,86%), a strąków Nidy najmniejszym (3,39 i 2,65%).

10. Parametry wytrzymałościowe łupiny są słabiej skorelowane z energią otwarcia strąka niż te parametry wyznaczone dla warstwy włókien. Mniej podatne na pękanie są strąki których łupina wymaga do rozerwania mniejszego naprężenia, a warstwa włókien większego. Trudniej otwierają się strąki, których omawiane elementy budowy charakteryzują się większym odkształceniem i mniejszym umownym modułem sprężystości.

## PIŚMIENNICTWO

- Dorna H., Duczmal K. W. 1994.: Wpływ warunków klimatycznych na formowanie włókna w szwach strąków fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.). I Ogóln. Konf. Nak. Strączkowe Rośliny Białkowe. FASOLA, Lublin 25.11.1994, 135-138.
- Esau K. 1973.: Anatomia roślin. PWRiL, Warszawa, 1973.
- Furtak J., Zaliwski A. 1986.: Badania nad zbiorem mechanicznym nasion fasoli. Roczniki. Nauk Rolniczych, ser. Technika Rolnicza, 2, 127-140.
- Hejnowicz Z. 1985.: Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. PWN, Warszawa.
- Kuźniar P., Sosnowski S. 2002.: Relation between the bean pod shape factor and force required for pod opening. International Agrophysics, 16(2), 129-132.
- Kuźniar P., Strobel W. 2000.: Określenie wpływu grubości sklerenchymy strąków fasoli na ich podatność na pękanie. Acta Agrophysica, 37, 113-117.
- Kuźniar P., Sosnowski S. 2003.: Podatność strąków na pękanie a wielkość strat nasion fasoli podczas mechanicznego zbioru. Acta Agrophysica, 2(1), 113-118.
- Kuźniar P., Sosnowski S. 2007.: The attempt of measuring the air volume in bean pods. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture, 7A, 68-72
- Kuźniar P. 2008.: The energy of bean-pod opening and the method of determining air volume therein. MOTROL- Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 10, 73-77.
- Moś M. 1983.: Zmienność morfologicznych i anatomicznych cech strąka, jej wpływ na skłonność do pękania i plon nasion komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.). Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 258, 197-203.
- Strobel W. 2003.: Porównanie cech fizycznych strąków różnych gatunków łubinu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 495, 73-80.
- Szot B., Tys J. 1979.: Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska. Problemy Agrofizyki, 29.
- Szot B., Tys J. 1987.: Metodyka badań mechanicznych właściwości łuszczyń i łodyg rzepaku. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 321, 193-202.
- Szwed G., Strobel W., Tys J. 1997.: Mechanizmy rządzące procesami pękania strąków łubinu. Mat. Konf. Łubin we współczesnym rolnictwie, Olsztyn 25-27.06.1997, 107-112.
- Szwed G., Tys J., Strobel W. 1999.: Pressurized methods for grading the vulnerability of pods splitting. International Agrophysics, 13, 391-395.
- Tomaszewska Z. 1954.: Wstępne badania nad anatomią strąków łubinu. Acta Agrobotanica, 2, 151-171.
- Tomaszewska Z. 1964.: Badania morfologiczne i anatomiczne łuszczyń kilku odmian rzepaku i rzepiku ozimego oraz przyczyny i mechanizm ich pękania. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 2, 147-180.
- Tomaszewski Z. 1953.: Hodowla łubinu żółtego o strąkach niepękających i nieopa-dających. Acta Agrobotanica, 1, 89-104.

---

Woźniak W. Grundas S. 2006.: Porównanie właściwości mechanicznych ziarna pszenicy i jęczmienia przed oraz po nawilżaniu i suszeniu. MOTROL, 8, 261-269.

### ENERGY OF OPENING BEAN PODS AND SELECTED ELEMENTS OF THEIR STRUCTURE

**Summary.** The study presents geometric characteristics of bean pods, namely Narew, Nida and Warta varieties, strength properties of selected elements of their construction as well as their correlation with energy of opening the pods. It has been found that more susceptible to cracking are pods which are flatter (wiser and thinner), whose thickness of fibre layer and the ratio of parenchyma thickness and fibre layer is smaller, whose fibre layer and shell are subject to less intense deformations and are less resistant to tear, whose sclerenchematic bundles of dorsal seam are less resistant and bundles of abdominal seam are more resistant.

**Key words:** bean pod, energy of pod opening, strength properties.

## WPLYW SKŁADU PALIWA MIKROEMULSYJNEGO WĘGLOWODOROWO-ESTROWO-ETANOLOWEGO NA EFEKTYW- NE WSKAŹNIKI PRACY SILNIKA PERKINS-1104C-44

Ryszard Lipski, Stanisław Orliński

Prywatna Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska w Radomiu.

Politechnika Radomska, Wydział WMTiW

Wyższa Szkoła Biznesu w Radomiu. Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny.

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących zastosowania ekologicznych paliw naturalnych, roślinnych oraz ich mieszanin z etanolem. Paliwa te charakteryzują się różnymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych, powodują one występowanie różnic w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz procesie ich spalania w przestrzeni nadłokowej silnika o zapłonie samoczynnym.

Badania eksperymentalne dotyczyły oceny wpływu zasilania silnika PERKINS-1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach zewnętrznej charakterystyki prędkościowej na proces spalania. Dokonano oceny ekonomicznego aspektu stosowania estrów olejów roślinnych i ich mieszanin z alkoholem etylowym i paliwem naturalnym. Rozpatrzono możliwość zmniejszenia kosztów ich wytwarzania i dystrybucji poprzez dotacje państwowe, tak aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia węglowodorowego.

**Słowa kluczowe:** silniki spalinowe, diagnostyka, paliwo ekologiczne, środowisko, procesy wtrysku i spalania.

### WPROWADZENIE

Od końca lat osiemdziesiątych obserwuje się duży wzrost zapotrzebowania, na paliwa alternatywne. Celem zastosowania do zasilania silników tych paliw jest zapewnienie własnej dla danego kraju możliwie największej bazy paliwowej. Jedną z dróg służących do rozwiązania tego problemu jest wykorzystanie paliw ekologicznych: niskosiarkowych olejów napędowych, olejów roślinnych i ich estrów oraz ich mieszanin z etanolem. Daje to możliwość rozwoju w danym kraju nowych technologii produkcji paliw, dodatkowe miejsca pracy i pozytywne efekty ekologiczne.

Ekologiczne paliwa naturalne, roślinne i ich mieszaniny z etanolem charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych, powodują one występowanie różnic w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz procesie ich spalania w przestrzeni nadłokowej silnika o zapłonie samoczynnym (ZS) [1].

Lepkość paliwa wpływa na takie parametry wtrysku jak [2]:

- wielkość dawki wtryskiwanego paliwa,

- wznios iglicy rozpylacza,
  - ciśnienie i czas trwania wtrysku, które istotnie wpływają na proces rozpylenia paliwa.
- Paliwo przeznaczone do zasilania szybkoobrotowych silników o ZS powinno zapewniać [2]:
- prawidłowe funkcjonowanie całego układu zasilania, w tym szczególnie aparatury wtryskowej,
  - prawidłowy efektywny proces rozpylania i spalania,
  - tworzenie możliwie jak najmniejszej ilości szkodliwych składników spalin.

## CEL BADAŃ

Zamierzeniem autorów było przeprowadzenie i analiza badań eksperymentalnych oraz symulacyjnych, wybranych problemów związanych z zastosowaniem zasilania silników o zapłonie samoczynnym (o ZS) paliwami pochodzenia: naturalnego, roślinnego oraz ich mieszanin z etanolem, bez dokonywania modernizacji konstrukcyjnej i bez zmian regulacyjnych badanego silnika.

Badania eksperymentalne dotyczyły oceny wpływu zasilania silnika PERKINS-1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika od 1000 ÷ 2200 obr/min, na proces spalania tj.: wyznaczenie maksymalnego ciśnienia spalania ( $P_{c,max}$ , MPa) oraz na wskaźniki efektywne tj.: moment obrotowy ( $M_o$ , Nm), moc efektywną ( $N_e$ , kW) oraz ciśnienie efektywne ( $P_e$ , MPa).

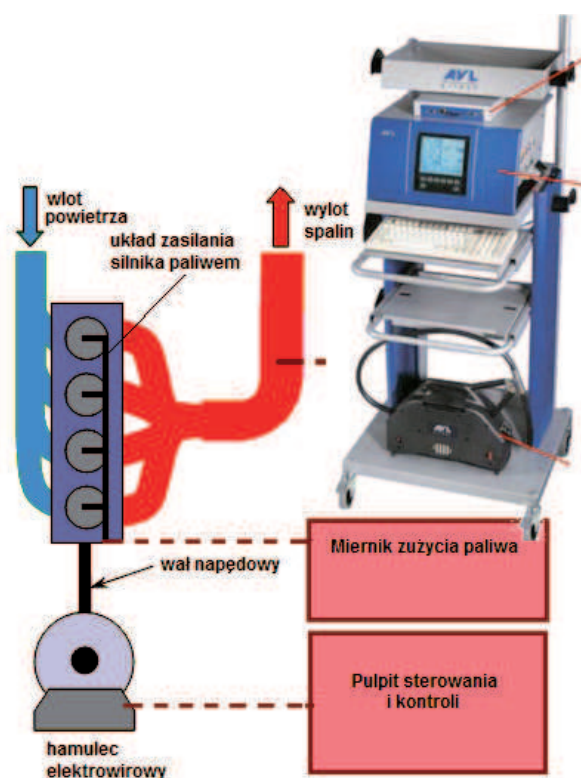
## STANOWISKO BADAWCZE, CHARAKTERYSTYKA BADANYCH PALIW ORAZ OPIS METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono na stanowisku hamownianym wyposażonym w silnik o zapłonie samoczynnym typu PERKINS-1100 z wtryskiem bezpośrednim paliwa. Stanowisko wyposażone było w system pomiarowy umożliwiający pomiar parametrów i ciśnień szybkozmiennych.

Schemat stanowiska badawczego na rysunku 1. W tabeli 1 przedstawiono porównanie wybranych właściwości fizykochemicznych zastosowanych do badań paliw.

Podczas badań silnik zasilany był trzema rodzajami paliw ekologicznych tj.: mikroemulsją węglowodorowo-estrowo-etanolową (MECHEE) oraz porównawczo: węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B (ON) i estrem metylowym kwasów oleju rzepakowego BODIESEL FAME-100B. Mikroemulsja węglowodorowo-estrowo-etanolowa (MECHEE) zastosowana w badaniach to mieszanina objętościowa: 34% etanolu, 33% niskosiarkowego oleju napędowego EKODIESEL PLUS 50B i 33% estru metylowego kwasów oleju rzepakowego BODIESEL FAME-100B.

Wyboru badanych paliw dokonano ze względu na ich dostępność na rynku oraz na niejednorodne właściwości fizykochemiczne, które wywierają istotny wpływ na przebieg procesu wtrysku tj. gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe [2].



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [3]  
Fig. 1. Diagram of the test stand [3]

Tabela 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych paliw [4, 5]  
Table 1. Selected physicochemical properties of fuel [4, 5]

Właściwości Fizykochemiczne	Ester metylowy oleju rzepakowego BIODIESEL FAME-100B (FAME)	Mikroemulsja węglowodorowo-estrowo-etanolowa (MECHEE)	Olej napędowy EKODIESEL PLUS-50B
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	878	837,3	848
Lepkość kinematyczna [mm <sup>2</sup> /s]	4,70	2,12	3,12
Wartość energetyczna [MJ/kg]	38,4	36,1	43,0

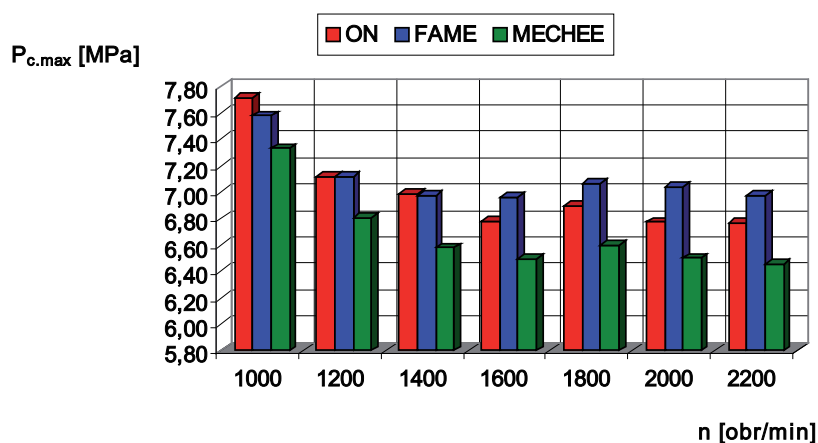
Badania przeprowadzono dla danych regulacyjnych silnika określonych wg. zaleceń producenta. Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika rejestrowano, co 200 obr/min: obciążenie i zużycie paliwa. Na podstawie wyników badań hamownianych i ich rejestracji dokonano wyznaczenia i obliczeń następujących efektywnych wskaźników pracy silnika:

- maksymalne uśrednione ciśnienie spalania z 200-cykli pracy ( $P_{c,max}$ , MPa),
- moment obrotowy ( $M_o$ , Nm),
- moc efektywna ( $N_e$ , kW),
- ciśnienie efektywne ( $P_e$ , MPa).

Wyznaczenie maksymalnego ciśnienia spalania ( $P_{c,max}$ , MPa) dokonano za pomocą systemu pomiarowego wielkości szybkozmiennych. Wskazania momentu obrotowego i mocy efektywnej w czasie badań odczytywano z modułu pomiarowego stanowiska hamownianego zaś ciśnienie efektywne zostało obliczone.

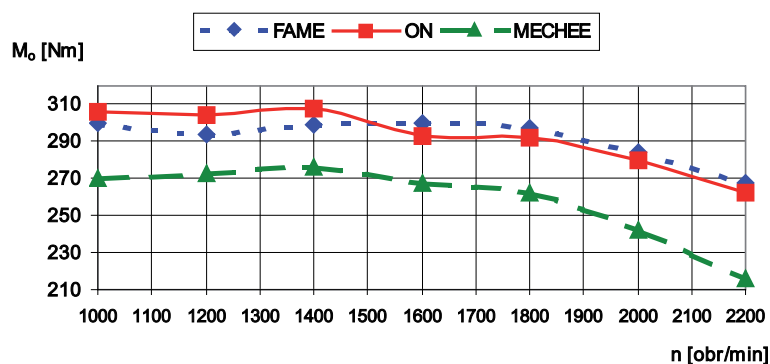
## GRAFICZNE PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ ORAZ ICH ANALIZA

Na rys. 3 pokazano zbiorcze porównanie maksymalnych ciśnień spalania silnika PERKINS zasilanego badanymi paliwami na bazie prędkościowej charakterystyki zewnętrznej w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 do 2200 obr/min. Rys. 4 przedstawia zbiorcze porównanie momentu obrotowego ( $M_o$ , Nm) badanego silnika zasilanego 3-paliwami. Rysunek 5 przedstawia zbiorcze porównanie mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) badanego silnika zasilanego 3-paliwami zaś rys.6 porównanie ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa)



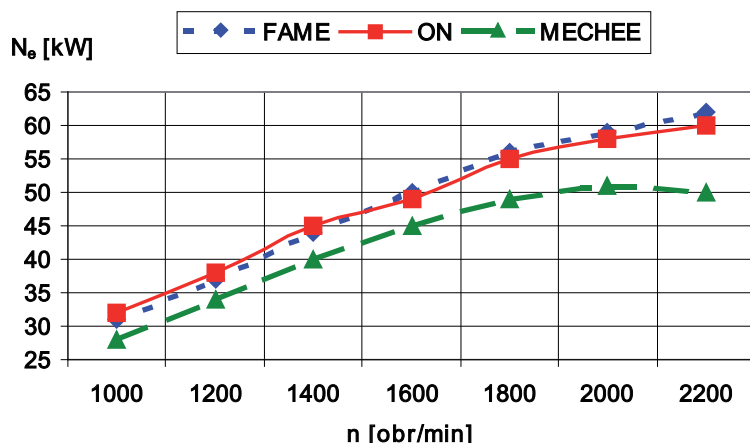
Rys. 3. Zbiorcze porównanie maksymalnych ciśnień spalania  $P_{c,max}$  silnika PERKINS zasilanego badanymi paliwami

Fig. 3. Overall comparison of the maximum burning pressures  $P_{c,max}$  of the engine Perkins fed with the examined fuels



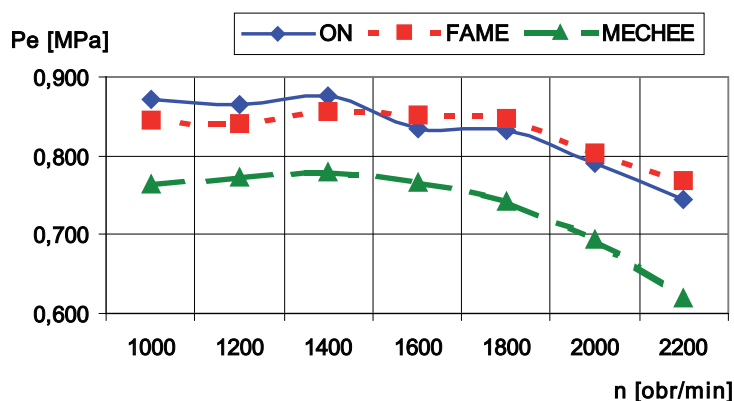
Rys. 4. Zbiorcze porównanie mocy efektywnej ( $M_o$ , Nm) silnika zasilanego badanymi paliwami w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika  $n= 1000-2200$  obr/min

Fig. 4. Overall comparison of the brake horsepower ( $M_o$ , Nm) of the engine fed with the examined fuels in the crankshaft rotation speed range  $n= 1000-2200$  rpm



Rys. 5. Zbiorcze porównanie mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) silnika zasilanego badanymi paliwami w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika  $n = 1000-2200$  obr/min

Fig. 5. Overall comparison of the brake horsepower ( $N_e$ , kW) of the engine fed with the examined fuels in the crankshaft rotation speed range  $n = 1000-2200$  rpm



Rys. 6. Zbiorcze porównanie ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa) silnika zasilanego badanymi paliwami w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika  $n = 1000-2200$  obr/min

Fig. 6. Overall comparison of the effective pressure ( $P_e$ , MPa) of the engine fed with the examined fuels in the crankshaft rotation speed range  $n = 1000-2200$  rpm

Na podstawie w/w graficznego zbiorczego porównania wartości maksymalnych ciśnień spalania  $P_{c,max}$  [MPa] i wskaźników efektywnych pracy silnika tj.:  $M_o$ ,  $N_e$  i  $P_e$  można zauważyć, że największe wartości tych wskaźników występują w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-1600 obr/min dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON), a od 1600-2200 obr/min dla paliwa BIODIESEL FAME-100B. Spowodowane to jest wpływem wartości opałowej badanych paliw przy dużych obciążeniach oraz tym, że zmniejszeniem obciążenia paliwa roślinne posiadają tlen chemiczny, od 5-8% dlatego też wzrosły ciśnienia spalania, co ma wpływ na wskaźniki efektywne pracy badanego silnika.

Efektywne wskaźniki pracy silnika w bezpośredni sposób zależą od właściwości fizykochemicznych badanych paliw oraz od przebiegu wykresu indykatorowego, a ten z kolei zależy od procesu spalania ocenianego za pomocą charakterystyk wydzielania ciepła.



Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski.

- podczas badań zarejestrowane uśrednione maksymalne ciśnienia spalania  $P_{c,max}$  silnika PERKINS od 1000 do 1600 obr/min były większe dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B obr/min zaś od 1600–2200 obr/min nastąpił wzrost  $P_{c,max}$  dla paliwa FAME B-100, natomiast paliwo MECHEE wykazało najmniejsze  $P_{c,max}$  wskazania w całym przedziale prędkości obrotowych od 1000-2200 obr/min,
- wyznaczone wskaźniki efektywne pracy silnika tj.:  $M_o$ ,  $N_e$  i  $P_e$  wykazały największe wartości w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-1600 obr/min dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON), natomiast od 1600-2200 obr/min wskazania te były większe dla paliwa BIODIESEL FAME-100B,
- Porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) wartości momentu obrotowego ( $M_o$ ,  $N_m$ ) wykazało jego zwiększenie dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON) w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000-1600 obr/min  $R_p =$  do 1,9 do 3,2% w stosunku do paliwa BIODIESEL FAME-100B. Od prędkości obrotowej od 1600-2200 obr/min nastąpił wzrost momentu obrotowego na korzyść paliwa BIODIESEL FAME-100B w przedziale  $R_p =$  od 1,4 do 2,3% w stosunku do paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON). Natomiast pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mikroemulsją MECHEE występuje spadek momentu obrotowego w całym przedziale prędkości obrotowych silnika 1000-2200 obr/min na korzyść paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON)  $R_p =$  od 7,6 do 17,6%.
- W przedziale prędkości obrotowych silnik  $n =$  1000-16000 obr/min bezwzględna różnica procentowa ( $R_p$ , %) mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) była większa dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON)  $R_p =$  od 2,2-do 3,1% w stosunku do paliwa BIODIESEL FAME-100B. Natomiast od prędkości obrotowej od 1600-2200 obr/min nastąpił wzrost mocy efektywnej na korzyść paliwa BIODIESEL FAME-100B w przedziale  $R_p =$  od 1,7 do 3,2%. Natomiast pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mikroemulsją MECHEE występuje spadek mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) dla w całym przedziale prędkości obrotowych silnika 1000-2200 na korzyść paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON)  $R_p =$  od 8,1 do 16,6%.
- Bezwzględnej różnica procentowa ( $R_p$ , %) ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa) wykazała większe wartości w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000-1600 obr/min dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON)  $R_p =$  od 2,2 do 3,0% w stosunku do paliwa BIODIESEL FAME-100B. W przedziale prędkości obrotowej silnika od 1600-2200 obr/min nastąpił wzrost ciśnienia efektywnego na korzyść paliwa BIODIESEL FAME-100B  $R_p =$  od 1,9 do 3,1% w stosunku do paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON). Pomiedzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mikroemulsją MECHEE występuje spadek ciśnienia efektywnego w całym przedziale prędkości obrotowych silnika 1000-2200 obr/min na korzyść paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON)  $R_p =$  od 8,1 do 16,6%.
- przedstawiona metodyka badań umożliwia analizę rzeczywistych wykresów indykatorowych z uwzględnieniem ciśnień spalania pomiędzy czynnikiem roboczym, a ściankami komory spalania,
- zmiany ciśnień podczas procesu spalania zależały od wielkości obciążenia silnika oraz właściwości fizykochemicznych badanych paliw w tym od zawartości tlenu chemicznego w paliwie roślinnym FAME, co ma wpływ na wskaźniki efektywne pracy silnika.
- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego jak i roślinnego oraz ich mieszaninami z etanolem na efektywne, ekonomiczne, energetyczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika,
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania estrów olejów roślinnych i ich mieszanin z alkoholem etylowym i paliwem naturalnym, jest zmniejszenie kosztów ich wytwarzania

i dystrybucji poprzez dotacje państwowe, tak, aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia węglowodorowego.

## PIŚMIENNICTWO

- Kruczyński S., Orliński P., Orliński S. 2008.: „Wpływ właściwości paliw naturalnych i roślinnych na proces rozpylania paliwa w silniku o zapłonie samoczynnym”, Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa.
- Łuksa A., Kruczyński S., Orliński P., Orliński S. 2009.: Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo - estrowo - etanolowego na wskaźniki pracy silnika o zapłonie samoczynnym. Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa.
- Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Politechnika Warszawska, Warszawa 2008.
- Zakład Produktów naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska Świadectwa jakości paliw, 2010. PKN ORLEN S.A. i Rafineria Trzebinia, *Świadectwa jakości paliw*, 2010.

## INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF MICROEMULSION HYDROCARBON-VEGETABLES-ETHANOL FUEL ON THE EFFECTIVE WORK PARAMETERS OF THE PERKINS-1104C-44 ENGINE

**Summary.** The article presents results of research concerning the application of eco-friendly natural, plant fuels and their mixtures with ethanol. With respect to hydrocarbon fuels, these fuels are characterized by a variety of physicochemical properties and they cause an appearance of differences in the process of fuel pressing and spraying as well as during its burning in the space above the ZS (self-ignition) engine piston. Experimental examinations concerned the assessment of the influence of the way of PERKINS-1104C-44 engine feeding on the burning process parameters. The investigations aimed at the assessment of the economic aspect of applying esters of vegetable oils and their mixtures with ethyl alcohol and natural fuel and evaluation of the possibility of diminishing the costs of eco-fuels production by state financial support, in order to make the costs of eco-fuels and traditional fuels production comparable.

**Keywords:** diesel engine, investigation, engine diagnostics, ecological fuels, environment, combustion processes.

## WPLYW KINEMATYKI ŁADUNKU NAPŁYWAJĄCEGO DO KOMORY SPALANIA NA EFEKTYWNOŚĆ PORCESU SPALANIA W SILNIKACH TŁOKOWYCH

Piotr Piątkowski, Ryszard Lewkowicz

Politechnika Koszalińska, ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki analizy literatury na temat możliwości technicznej realizacji pracy silnika z uwagi na ograniczenie emisji spalin oraz zmniejszenie zużycia paliwa w odniesieniu do wzrostu wartości parametrów użytkowych silnika. Przedstawiono zagadnienia związane z możliwością wykorzystania zjawiska zawirowania ładunku na tle uzyskiwanych wartości parametrów pracy oraz emisji składników spalin.

**Słowa kluczowe:** układ zasilania, silnik, rozwój.

### 1. WPROWADZENIE

Od dawna priorytetem w konstruowaniu silników spalinowych jest wzrost efektywności jego pracy, przy jednoczesnym zmniejszeniu jego oddziaływania na środowisko naturalne. Zagadnienia te stały się niezwykle ważne w dzisiejszych czasach, gdzie wszechobecna intensyfikacja transportu powoduje wzrost zanieczyszczenia powietrza, a dążenie do wzrostu gospodarczego zwiększa intensywność zużycia paliw. Kierunek rozwoju silników z zapłonem iskrowym (ZI) oparty był na rozwoju rynku motoryzacyjnego i związanym z tym wprowadzaniem coraz to nowszych technologii oraz zwiększając różnorodność produktów.

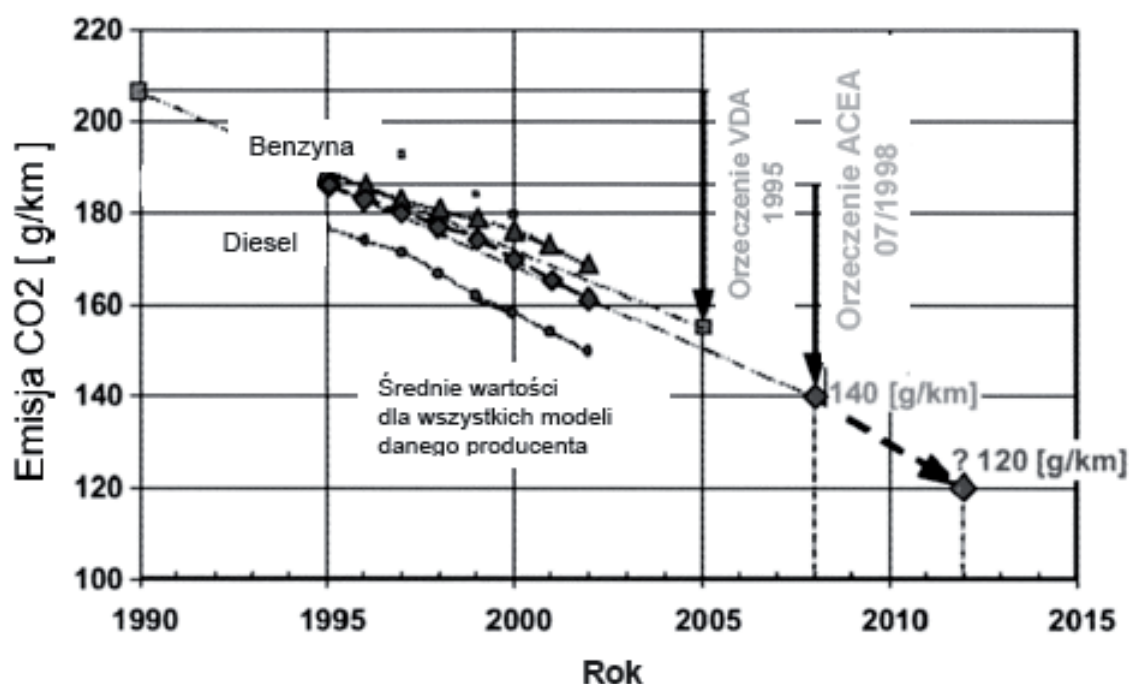
Współcześnie jednymi z najważniejszych celów w projektowaniu silników jest spełnianie coraz bardziej surowych norm dotyczących emisji toksycznych składników spalin oraz zmniejszanie zużycia paliwa i związanej z tym, emisji dwutlenku węgla. „Normalnym” zjawiskiem jest powstawanie nad miastami smogu fotochemicznego, będącego efektem reakcji chemicznych pod wpływem promieniowania słonecznego szczególnie w obrębie dużych i uprzemysłowionych miast. W większości krajów zostały administracyjnie ustalone limity najbardziej szkodliwych związków, jakie mogą być emitowane przez pojazd do atmosfery. Związkami tymi są głównie[6]:

- węglowodory ( $C_n H_m$ ),
- tlenki azotu ( $NO_x$ ),
- tlenek węgla (CO),
- dwutlenek węgla ( $CO_2$ ),
- cząstki stałe (PM),
- związki siarki (S głównie jej zawartość związana jest z zanieczyszczeniem paliwa).

Na świecie, najważniejszymi regulacjami prawnymi dotyczącymi ograniczenia szkodliwej emisji spalin samochodowych są;

- Przepisy USA , CAAA'90 (Clean Air Act Amendments).
- Federalne – CFR (Code of Federal Regulations).
- Kalifornijskie – CCR (California Code of Regulations).
- Przepisy Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ, regulamin ECE.
- Przepisy Unii Europejskiej, dyrektywa EC.
- Przepisy japońskie 10.15 i 11 Mode.

Coraz większy nacisk jest kładziony na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla, co osiągnąć można przez zmniejszenie zużycia paliwa. Skutkiem realizacji tych działań jest to, że od 2008 roku średni limit emisji CO dla samochodów osobowych danego producenta wynosi 140 g/km, a od 2012 r. będzie wynosił 120 g/km (rys.1).



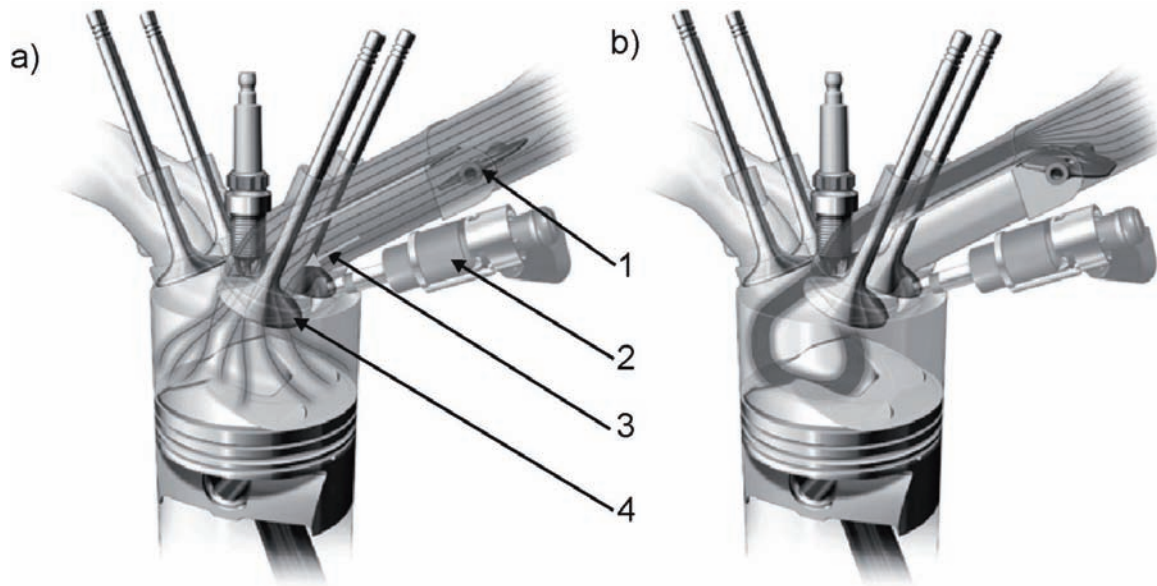
Rys. 1. Wyznaczone średnie limity emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) we flocie pojazdów produkowanych przez europejskich producentów samochodów [3]

Fig. 1. Average limits of carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>) by the cars produced at Europeans factories [3]

## 2. TENDENCJE ROZWOJOWE W BUDOWIE SILNIKÓW SPALINOWYCH

Obecnie w fazie ciągłego rozwoju są następujące systemy prowadzące do zmniejszenia zużycia paliwa przez silniki ZI oraz polepszające parametry energio-ekologiczne [5,6];

- bezpośredni wtrysk paliwa - GDI ( DGI ) (Gasoline Direct Injection) tworzący ładunek);
  - uwarstwiony;
    - tworzony przez wir wspomagany oddziaływaniem ścianek - wall/air guided
    - tworzony przez strugę - spray guided
  - homogeniczny (rys. 2),



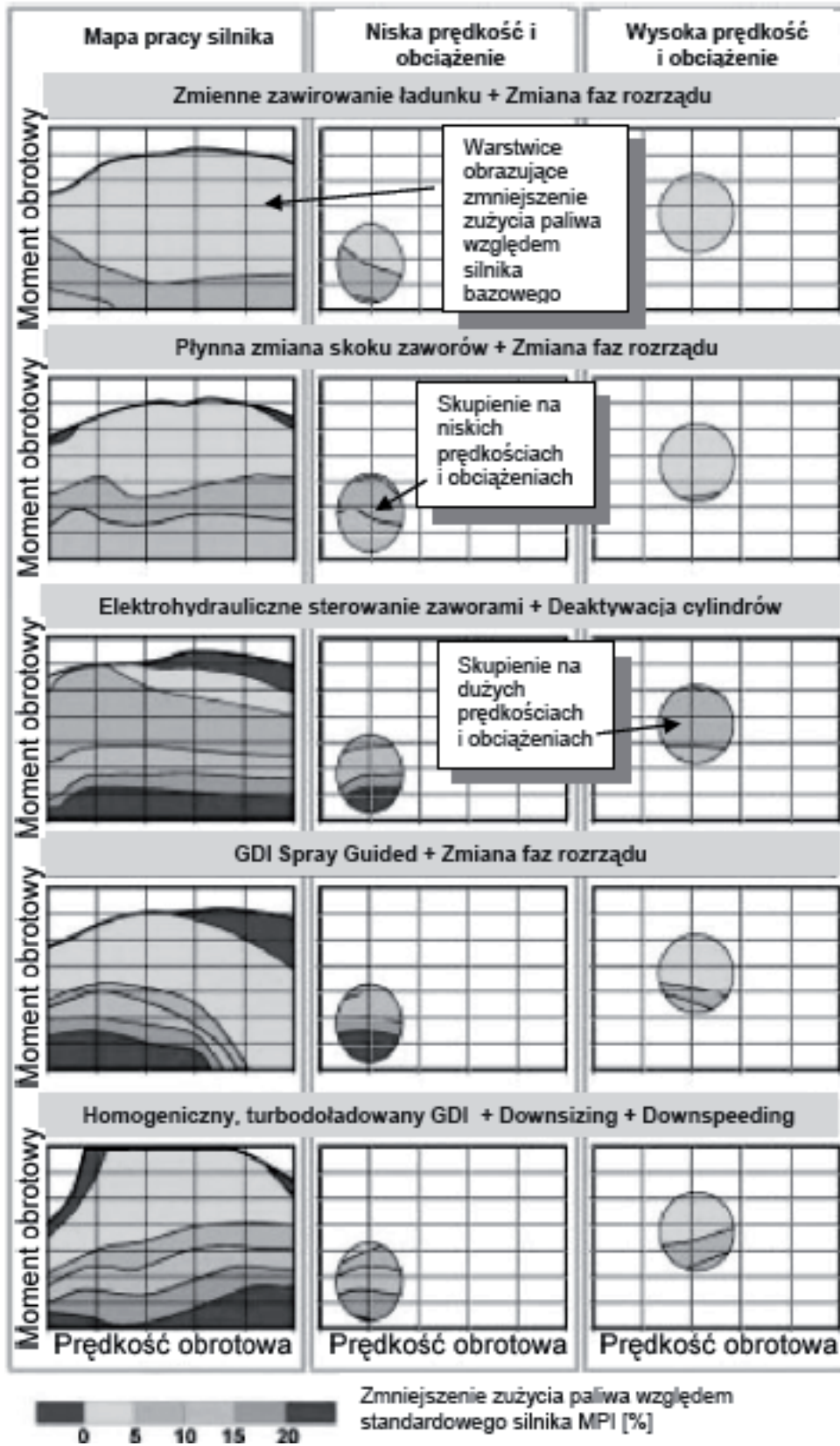
Rys. 2. Dopływ ładunku w silniku GDI w zależności od trybu pracy; a - mieszanka homogeniczna, b - mieszanka uwarstwiona, 1 - przepustnica kierująca, 2 - wtryskiwacz, 3 - linie obrazujące kierunek przepływu świeżego ładunku, 4 - zawór dolotowy [7]

Fig. 2. The charge combustion inflow in the GDI engine by the type of work; a - homogenous charge, b - stratified charge, 1 - steering throttle, 2 - injector, 3 - charge inflow directions line, 4 - intake valve

- kontrolowany samozapłon - CAI / HCCI (Controlled Auto Ignition / Homogenous Charge Compression Ignition),
- zmienny przepływ ładunku – VCM (Variable Charge Motion),
- zmienne fazy rozrządu – VVT (Variable Valve Timing),
- zmienne sterowanie zaworami - VVA (Variable Valve Actuation),
- turbodoładowanie,
- zmienny stopień sprężania - VCR (Variable Compression Ratio),
- zmienna objętość skokowa silnika - VD (Variable Displacement).

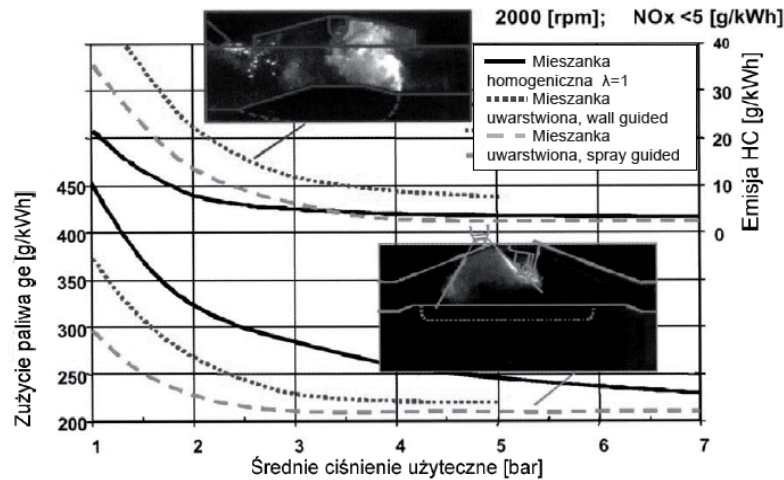
Na rysunku 3 przedstawiono obszary możliwych modernizacji silników w zakresie wzrostu ich efektywności energio-ekologicznej, natomiast na rysunku 4 przedstawiono charakterystyki obrazujące wyniki zastosowania nowoczesnego systemu zasilania i sterowania pracą silnika.

Na rysunku 5 przedstawiono zależność czasu spalania mieszanki LPG-powietrze oraz benzykowo-powietrznej w silniku o klinowej komorze spalania i zapłonie iskrowym.



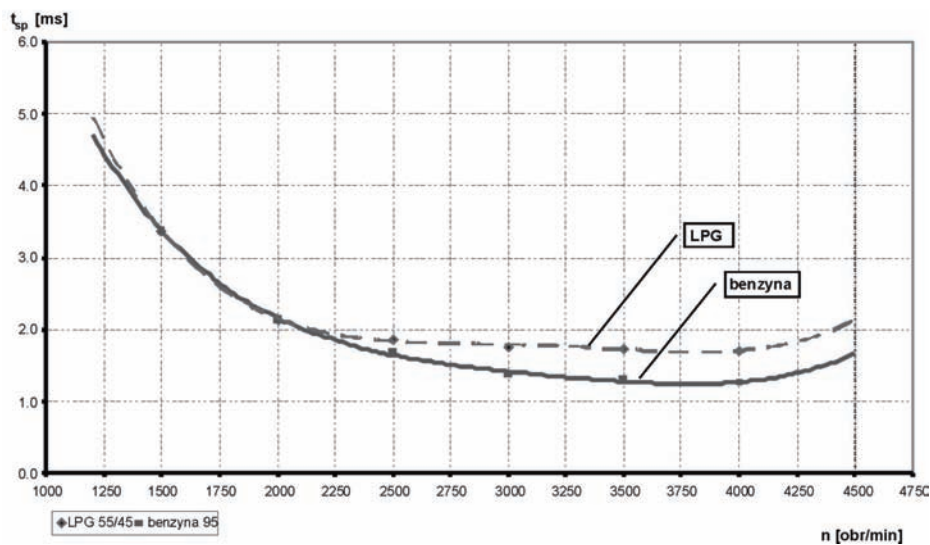
Rys. 3. Możliwości zmniejszenia zużycia paliwa w silnikach ZI [1]

Fig. 3. Technical possibilities of decrease of fuel consumption in SI engines [1]



Rys. 4. Porównanie jednostkowego zużycia paliwa i poziomu emisji węglowodorów w zależności od składu mieszanki i sposobu realizacji wtrysku dla silnika typu GDI[2]

Fig. 4. Comparison of elementary fuel consumption and hydrocarbons emission by fuel ratio and type of injection in GDI engine [2]



Rys. 5. Przebieg zmiany czasu spalania t<sub>sp</sub> w funkcji prędkości obrotowej n silnika dla mieszanek benzynowo-powietrznej oraz LPG-powietrze [4]

Fig. 5. The graph of burning time t<sub>sp</sub> by engine speed for the petrol-air mixture and LPG-air mixture [4]

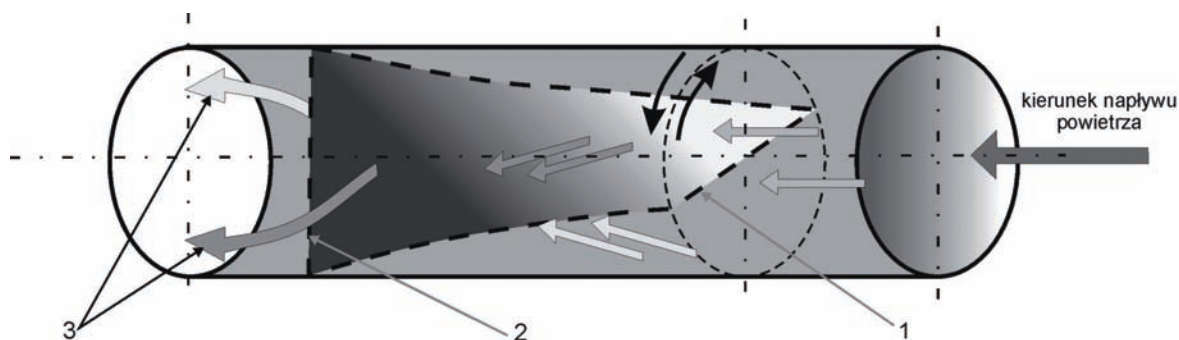
### 3. INTENSYFIKACJA KINEMATYKI ŁADUNKU

Analizując rysunki 3 i 4 można postawić wniosek, że na stosowanie bezpośredniego wtrysku paliwa oraz odpowiednie sterowanie fazami napełniania i opróżniania przestrzeni roboczej wspomagana odpowiednio modelowanymi parametrami ładunku napływającego do przestrzeni roboczej, pozwalają na odpowiednio wysoką powtarzalność procesu spalania oraz jego wysoką efektywność. Bezpośrednią miarą tych zabiegów, jest uzyskiwanie możliwie niskiego zużycia paliwa oraz poziomu emisji składników szkodliwych spalin przy równoczesnym wzroście parametrów

pracy silnika takich jak moc czy moment obrotowy. W pracach badawczych rzadko wspomniana jest możliwość intensyfikacji wstępnego zawirowania ładunku w kanale dolotowym silnika. Intensyfikacja tak jest szczególnie ważna w następujących przypadkach;

- tworzenia mieszanki homogenicznej,
- przy pracy w zakresie niskich prędkości obrotowych silnika,
- silników pojazdów użytkowych o stosunkowo dużych pojemnościach skokowych jednego cylindra,
- stosowania paliw niekonwencjonalnych stosowanych do zasilania tradycyjnych tłokowych silników spalinowych.

Wynikiem analizy rozwiązań technicznych oraz literaturowych jest propozycja związana z dynamicznym modelowaniem przepływu ładunku na dolocie poprzez zastosowanie elementu podatnego geometrycznie w kanale dolotowym silnika. Konceptcję tego rozwiązania przedstawiono na rysunku 6. Rozwiązanie to pozwoli uzyskać zmienny stopień zawirowania ładunku na dolocie (zmienny kręt) w zależności od chwilowych warunków pracy silnika, nie wpływając na zmniejszenie wartości współczynnika napełniania ze powodowanego wzrostem oporów przepływu.



Rys. 6. Idea zastosowania kanału podatnego geometrycznie; 1 – ruchoma krawędź natarcia taśmy stalowej, 2 – stała krawędź zejścia, 3 – przepływ ładunku z nadanym krętem (celem intensyfikacji tworzenia mieszanki palnej)

Fig. 6. The idea of geometrically flexible canal; 1 – the moving side of the direction strip, 2 – fixed end of the strip, 3 – charge inflow with the axis swirl direction (for the intensification of burning mixture forming)

#### 4. WNIOSKI

Współczesne wymogi czystości spalin oraz efektywności pracy silników wymagają poszukiwania nowych technik sterowania przebiegiem spalania w tłokowych silnikach spalinowych.

Zastosowanie zawirowania osiowego i możliwość oddziaływania na jego intensywność umożliwia przygotowanie bardziej homogenicznej mieszanki palnej przy jednoczesnym minimalizacji wpływu elementu podatnego na zmniejszenie współczynnika napełniania ze względu na opory przepływu.



## LITERATURA

- Bandel W., Fraidl G.K., Freidl H., Kapus P. E.: – *Gasoline Engine Technologies Focused on Multiple Benefit*, MTZ 02/2006
- Friedl H., Kapus P.: *Kierunki Rozwoju Silników ZI* Silniki Spalinowe 2/2002,
- Fraidl G. K., Piock W. F., Furhapter A., Unger E. M., Kammerdiener T.: – *Homogenous Auto-Ignition- the Future of Gasoline Direct Injection?* MTZ 10/2002
- Piątkowski P. 2007.: *Wpływ parametrów zasilania w układach dwupaliwowych na efektywność energetyczną tłokowego silnika spalinowego*, Rozprawa doktorska, Koszalin 2007,
- Stan C.: – *Future Trends in Development of Spark Ignition Engines* MTZ 10/2002
- Wajand J.A., Wajand J.T. 2005.: *Tłokowe silniki spalinowe średnio i szybkoobrotowe*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, WNT Warszawa 2006.
- [www.automobilesreview.com](http://www.automobilesreview.com)

## THE IMPACT OF KINEMATIC CHARGE INFLOW TO COMBUSTION CHAMBER ON THE BURNING PROCESS EFFICIENCY IN PISTON ENGINES

**Summary.** The literature analysis and technical possibility of piston engine modernization of burning processes were described. These analyses gave information about possibilities of decrease of fuel consumption and exhaust gases emission. The effects of manifold swirl on engine parameters and amount of emissions were discussed. Also, a new form of manifold swirl technical solution was proposed.

**Key words:** analyses, engine, emissions, fuel.

## ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ВЫСЕВАЮЩЕМ АППАРАТЕ

Volodymir Bulgakov\*, Sergiy Pylypaka\*, Wojciech Przystupa\*\*

\* Украинская академия аграрных наук, Киев

\*\* Университет естественных наук, Люблин

**Аннотация.** Теоретически рассмотрено относительное движение материальной точки по цилиндрической лопатке центробежного высевающего аппарата, прикрепленной к диску в радиальном направлении. Составлена система дифференциальных уравнений движения точки с применением сопроводительного трехгранника переносной траектории, которым является окружность и формул Френе. Осуществлено численное интегрирование составленной системы дифференциальных уравнений.

**Ключевые слова:** центробежный высевающий аппарат, движение материальной точки, формулы Френе, моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Для внесения минеральных удобрений путем рассева используются центробежные высевающие аппараты с лопатками разных конструкций. Лопатка крепится к горизонтальному диску в радиальном направлении, который вращается вокруг вертикальной оси. Закономерности движения минеральных удобрений с достаточной для практики точностью можно аналитически описать, рассматривая движение отдельных материальных точек (частиц). При этом, как показали результаты предыдущих исследований, движение указанных частиц можно аналитически описывать, не учитывая их размеры и форму. Материальная частица под действием центробежной силы движется по поверхности лопатки и одновременно вращается вместе с ней вокруг вертикальной оси, т.е. фактически находится в сложном движении. Если кинематика частицы в центробежных высевающих аппаратах с прямолинейными лопатками достаточно хорошо изучена, то для аппаратов с криволинейными лопатками в виде цилиндрического желоба она требует дальнейших исследований.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ПУБЛИКАЦИЙ

Изучению теоретических основ сложного движения материальной точки (частицы) по поверхности шероховатого диска, который вращается вокруг вертикальной оси, посвящены фундаментальные работы [1, 2]. В них рассмотрено движение частицы при наличии

и отсутствии лопаток. В работе [3] рассмотрен случай, когда частица после соскакивания с диска попадает на прямолинейную лопатку с Г-подобным поперечным сечением, установленную под определенным углом к горизонтальной плоскости. Частица под действием центробежной силы движется по лопатке вверх от оси вращения и в момент соскакивания с лопатки имеет такой же угол, который обеспечивает большую дальность ее полета по сравнению с горизонтальными лопатками. В [4] рассмотрено движение материальной частицы по криволинейной лопатке, когда в момент попадания частицы на нее угол наклона равен нулю, и в процессе движения возрастет, достигая при соскакивании с лопатки заданной величины. В работе [5] исследованы относительная и абсолютная траектории частицы при наклоне диска с прямолинейными лопатками под определенным углом к горизонту, который обеспечивает полет частицы в момент соскакивания с диска вверх при условии, что частица попадает в расчетный сектор диска. В некоторых центробежных высевающих аппаратах применяются горизонтально установленные цилиндрические лопатки в виде желоба. Чтобы составить дифференциальные уравнения движения частицы по такой лопатке, целесообразно применять известные формулы Френе, которые играют большую роль не только в дифференциальной геометрии поверхностей, но и в кинематике материальной точки, что детально описано в работе [6].

Поскольку траекторией движения материальной точки (частицы) вдоль криволинейной цилиндрической лопатки является пространственная кривая, то нужно исследовать ее кинематические характеристики и выяснить в дальнейшем закономерности перемещения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Составление математической модели движения материальной точки (частицы) по лопатке центробежного высевающего аппарата начнем с построения эквивалентной схемы. Закрепим цилиндрический желоб на горизонтальном диске, как это показано на рис. 1, а). При вращении диска в направлении, показанном стрелкой, концы нижней прямолинейной образующей желоба будут описывать окружности, из которых больший будет окружность на периферии диска, а меньшая окружность будет иметь кривизну  $k = 1/r$ , где  $r$  – ее радиус. В точке на меньшей окружности расположим сопроводительный трехгранник Френе, как это показано на рис. 1, а). Сопроводительный трехгранник и желоб прикреплены к диску жестко, следовательно, желоб по отношению к трехграннику будет неподвижным, а сам трехгранник при вращении диска с угловой скоростью  $\omega$  будет сопроводительным для окружности  $k = 1/r$ . Уравнения цилиндрического желоба на орты трехгранника запишутся таким образом:

$$\begin{aligned}\rho_\tau &= -R \sin \alpha, \\ \rho_n &= -u, \\ \rho_b &= -R \cos \alpha + R,\end{aligned}\tag{1}$$

где:  $R$  – радиус окружности – основания цилиндрического желоба;  $\alpha$  и  $u$  – переменные параметры поверхности, причем  $\alpha$  – угол поворота точки вокруг оси цилиндра,  $u$  – длина прямолинейной образующей цилиндра.

При вращении диска частица, которая попадает на цилиндрический желоб, начинает по нему двигаться под действием центробежной силы по определенной траектории. Чтобы получить уравнение траектории, необходимо две независимые переменные  $\alpha$  и  $u$  связать между собой некоторой зависимостью. В нашем случае целесообразно сделать их функциями длины дуги  $s$  направляющей окружности  $k = 1/r$  (это дает возможность использовать

формулы Френе). Таким образом,  $\alpha = \alpha(s)$  и  $u = u(s)$  – неизвестные функции, которые нужно найти, чтобы построить траекторию движения частицы по желобу и определить другие кинематические характеристики.

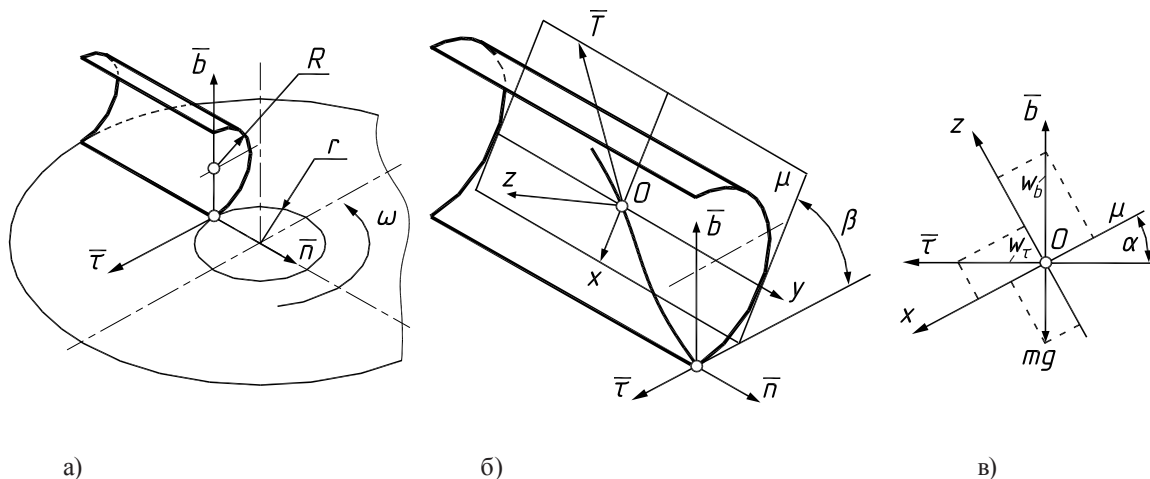


Рис. 1. Эквивалентная схема центробежного высевающего аппарата: а) горизонтальный диск с цилиндрическим желобом, б) цилиндрический желоб и проведенная к нему в точке нахождения частицы касательная плоскость  $\mu$ , в) взаимное положение двух систем: трехгранника Френе и системы координат  $Oxyz$  с касательной плоскостью  $\mu$

Fig. 1. The equivalent schema of the centrifugal fertilizer distributor a) flat disc with cylindrical vane, b) cylindrical vane and plane  $\mu$  tangent to vane in the point of particle position, c) mutual position of two coordinate systems: the Frenet trihedron and the system of coordinates  $Oxyz$  with tangent plane  $\mu$

Дифференциальное уравнение движения частицы в векторном виде запишется так:

$$m\bar{a} = \bar{F}, \quad (2)$$

где:  $m$  – масса материальной частицы,  
 $\bar{a}$  – вектор ее абсолютного ускорения,  $\bar{F}$  – вектор прилагаемых к частице сил.

Если траектория движения материальной точки в системе трехгранника Френе задана проекциями  $\rho_\tau$ ,  $\rho_n$  и  $\rho_b$  на его орты, то абсолютное ускорение на эти же орты имеет вид [6, 7]:

$$\begin{aligned} a_\tau &= V^2(\rho_\tau'' - k^2\rho_\tau - 2k\rho_n'), \\ a_n &= V^2(\rho_n'' - k^2\rho_n + 2k\rho_\tau' + k), \\ a_b &= V^2\rho_b'', \end{aligned} \quad (3)$$

где:  $k = 1/r$  – кривизна направляющей окружности,  
 $V$  – скорость движения вершины трехгранника по направляющей окружности.

Дифференцированием по  $s$  уравнений (1) найдем первые и вторые производные выражений, которые входят в (3):

$$\begin{aligned} \rho'_\tau &= -R\alpha' \cos \alpha, & \rho''_\tau &= -R(\alpha'' \cos \alpha - \alpha'^2 \sin \alpha), \\ \rho'_n &= -u', & \rho''_n &= -u'', \\ \rho'_b &= R\alpha' \sin \alpha; & \rho''_b &= R(\alpha'' \sin \alpha + \alpha'^2 \cos \alpha). \end{aligned} \quad (4)$$

Векторное уравнение (2) нужно записать в проекциях на оси некоторой системы координат (неподвижной или подвижной). Движение частицы в некоторой точке цилиндра можно рассматривать, как движение в касательной плоскости. Поэтому целесообразно провести касательную плоскость  $\mu$  к поверхности цилиндра в точке  $O$  нахождения частицы (рис. 1, б) и составить уравнение движения частицы в этой плоскости (при этом угол между касательной и горизонтальной плоскостями  $\beta = \beta(s)$  является переменным). Оси прямоугольной системы  $Oxyz$  расположим так, чтобы ось  $Oy$  была направлена вдоль образующей цилиндра, ось  $Ox$  расположим перпендикулярно к оси  $Oy$  в касательной плоскости, тогда ось  $Oz$  будет направлена перпендикулярно к касательной плоскости, то есть по нормали к поверхности цилиндра.

Подставив (4) в (3), получим проекции абсолютного ускорения частицы на орты трехгранника:

$$\begin{aligned} a_\tau &= V^2 \left[ R(\alpha'^2 + k^2) \sin \alpha - R\alpha'' \cos \alpha + 2ku \right], \\ a_n &= V^2 \left[ k(1 + ku) - 2Rk\alpha' \cos \alpha - u'' \right], \\ a_b &= V^2 R(\alpha'' \sin \alpha + \alpha'^2 \cos \alpha). \end{aligned} \quad (5)$$

Можно показать, что угол в между касательной плоскостью  $\mu$  и горизонтальной плоскостью  $Oxy$  равен углу  $\alpha = \alpha(s)$ . Учитывая это, можно спроектировать составляющие абсолютного ускорения  $a$  из ортов трехгранника на оси системы  $Oxyz$  (рис. 1, в):

$$\begin{aligned} a_x &= a_\tau \cos \alpha - a_b \sin \alpha, \\ a_y &= a_n, \\ a_z &= a_\tau \sin \alpha + a_b \cos \alpha. \end{aligned} \quad (6)$$

Подставим (5) в (6) и получим абсолютное ускорение частицы в проекциях на оси системы  $Oxyz$ :

$$\begin{aligned} a_x &= V^2 (Rk^2 \sin \alpha \cos \alpha + 2ku' \cos \alpha - R\alpha''), \\ a_y &= V^2 (k + k^2u - 2Rk\alpha' \cos \alpha - u''), \\ a_z &= V^2 (R\alpha'^2 + Rk^2 \sin^2 \alpha + 2ku' \sin \alpha). \end{aligned} \quad (7)$$

Вес частицы  $mg$ , где  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>, в проекциях на оси системы координат  $Oxyz$  запишем (рис. 1, в):

$$\left\{ mg \sin \alpha, 0, -mg \cos \alpha \right\}. \quad (8)$$

Найдем координаты вектора  $\bar{T}$  касательной к относительной траектории. Его проекции на орты трехгранника равны первым производным (4). Приведем его к единичному вектору, получим:

$$\left\{ -\frac{R\alpha' \cos \alpha}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}; \quad -\frac{u'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}; \quad \frac{R\alpha' \sin \alpha}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}} \right\}. \quad (9)$$

Применив формулы перехода (6) от системы трехгранника к системе  $Oxyz$ , получим проекции вектора (9) на оси системы  $Oxyz$ :

$$\left\{ -\frac{R\alpha'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}, \quad -\frac{u'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}, \quad 0 \right\}. \quad (10)$$

Зная вектор абсолютного ускорения частицы, приложенные силы и направление ее движения в системе  $Oxyz$ , можно составить дифференциальное уравнение (2) в проекциях на оси системы координат  $Oxyz$ :

$$\begin{aligned} ma_x &= mg \sin \alpha - (fP)_x, \\ ma_y &= -(fP)_y, \\ ma_z &= P - mg \cos \alpha, \end{aligned} \quad (11)$$

где:  $(fP)_x$  и  $(fP)_y$  – составляющие силы трения на оси  $Ox$  и  $Oy$  соответственно,  
 $P$  – сила давления поверхности лопатки на частицу,  
 $f$  – коэффициент трения.

Из последнего уравнения (11) находим:

$$P = m(a_z + g \cos \alpha). \quad (12)$$

С учетом направляющих косинусов (10) составляющие силы трения на оси  $Ox$  и  $Oy$  запишутся так:

$$\begin{aligned} (fP)_x &= -\frac{fmR\alpha'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}(a_z + g \cos \alpha), \\ (fP)_y &= \frac{fmu'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}(a_z + g \cos \alpha). \end{aligned} \quad (13)$$

Путем подстановки (13) в (11) получим систему из двух уравнений:

$$\begin{aligned} ma_x &= mg \sin \alpha + \frac{fmR\alpha'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}(a_z + g \cos \alpha), \\ ma_y &= -\frac{fmu'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}}(a_z + g \cos \alpha). \end{aligned} \quad (14)$$

Оба уравнения (14) сократим на массу частицы  $m$ , подставим в них выражения (7), и после сокращений и превращений получим (имея в виду, что  $V = \omega/k$ ):

$$\alpha'' = k^2 \sin \alpha \cos \alpha - 2 \frac{k}{R} u' \cos \alpha - \frac{gk^2}{R\omega^2} \sin \alpha - \frac{fgk^2 \alpha' \cos \alpha}{\omega^2 \sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}} - \frac{f \alpha'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}} (R\alpha'^2 + Rk^2 \sin^2 \alpha - 2ku' \sin \alpha), \quad (15)$$

$$u'' = k^2 u - k + 2Rk\alpha' \cos \alpha - \frac{fgk^2 u' \cos \alpha}{\omega^2 \sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}} - \frac{fu'}{\sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}} (R\alpha'^2 + Rk^2 \sin^2 \alpha - 2ku' \sin \alpha).$$

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Система дифференциальных уравнений (15) была решена численными методами с помощью пакета *Simulink* системы *MatLab*. Были выяснены некоторые закономерности кинематических параметров материальной частицы в зависимости от радиуса  $R$  цилиндрической лопатки и угловой скорости  $\omega$  вращения диска. Подставив зависимости  $\alpha = \alpha(s)$  и  $u = u(s)$ , полученные в результате численного интегрирования системы (15), в выражения (1), получена относительная траектория частицы по поверхности цилиндрического желоба. На рис. 2, а) построены относительные траектории движения частицы по цилиндрическому желобу радиуса  $R = 0,05$  м и его длине 0,3 м при различных угловых скоростях вращения диска. Частица попадает на цилиндрическую поверхность на расстоянии 0,95 м от оси вращения ( $r = 1/k = 0,05$  м).

Из рис. 2, а) видно, что при увеличении угловой скорости частица все выше поднимается вверх по цилиндру, при том, что соскакивает с него приблизительно на одинаковой высоте, немного ниже образующей, которая отвечает углу поворота  $\alpha = 90^\circ$ . Исследования показали, что высота подъема материальной частицы по цилиндру ограничена. Например, при угловой скорости  $\omega = 50$  рад/с высота подъема частицы ограничена углом  $\alpha = 105^\circ$  (одно деление на цилиндре отвечает углу  $15^\circ$ ). При увеличении угловой скорости максимальная высота подъема частицы растет медленно к определенной границе, не доходя до верхней образующей.

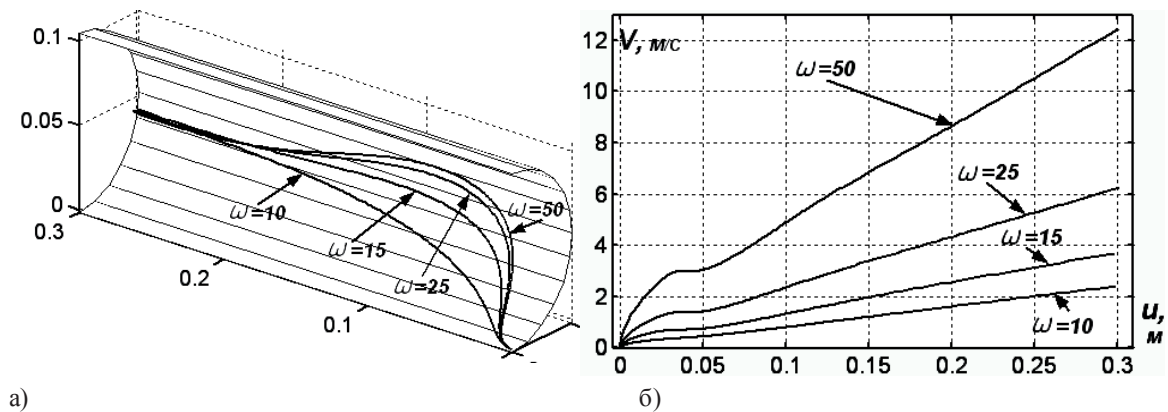


Рис. 2. Кинематические характеристики относительного движения частицы по поверхности цилиндрической лопатки при  $R = 0,05$  м;  $r = 1/k = 0,05$  м;  $f = 0,3$  и разных угловых скоростях вращения диска: а) относительные траектории движения частицы, б) соответствующие относительные скорости движения частицы

Fig. 2. Kinematic characteristics of the relative movement of particle over the cylindrical surface vane for  $R=0,05$  m,  $r=1/k=0,05$ m,  $f=0,3$  and for a variation of the angular velocity of the disc: a) relative trajectory of the particle motion, b) suitable relative velocities of the particle motion

Найдем далее относительную скорость движения материальной частицы из выражения  $V = dL/dt$ ,

где:  $L$  – длина относительной траектории,  
 $t$  – время.

Элемент длины траектории находим по известным формулам определения длины дуги с учетом (4):

$$\frac{dL}{ds} = \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2 + \rho_b'^2} = \sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}. \quad (16)$$

Поскольку независимой переменной в выражении (16) является длина дуги  $s$  окружности переносной траектории, то при определении относительной скорости тоже перейдем к этой переменной:

$$V = \frac{dL}{dt} = \frac{dL}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = V_n \frac{dL}{ds}, \quad (17)$$

где:  $V_n = \frac{ds}{dt}$  – переносная скорость движения вершины трехгранника Френе по окружности радиуса  $r$ .

При заданной угловой скорости  $\omega$  вращения диска переносная скорость известна:  $V_n = \omega \cdot r = \omega/k$ . Следовательно, выражение (17) с учетом (16) запишется так:

$$V = \frac{\omega}{k} \sqrt{R^2 \alpha'^2 + u'^2}. \quad (18)$$

На рис. 2, б) построены графики изменения относительных скоростей в зависимости от угловой скорости вращения диска  $\omega$ . Все же, эти графики построены не для зависимости  $V = V(s)$ , а для зависимости  $V = V(u)$ , где  $u$  – длина прямолинейной образующей цилиндра. Такая зависимость является нагляднее, поскольку дает возможность определить скорость движения материальной частицы в любой точке по длине лопатки и ее легко получить в системе *MatLab* исключениям переменной из зависимостей  $V = V(s)$  и  $u = u(s)$ . Из рис. 2, б) видно, что скорость частицы растет в момент разгона, далее по мере подъема к верхней точке на цилиндре она уменьшается, а затем стабилизируется и дальше растет за законом, близким к линейному.

На рис. 3 показаны графики относительных траекторий и скоростей частицы при ее попадании на поверхность лопатки в разных точках. На рис. 3, а) вверху построены траектории при попадании частицы на поверхность лопатки в разных точках по высоте (через каждые  $30^\circ$  начального значения угла  $\alpha_\circ$ ). По мере подъема к середине цилиндра изменение относительной скорости цилиндра все больше приближается к линейному закону. Например, при  $\alpha_\circ = 60^\circ$  и  $\alpha_\circ = 90^\circ$  графики скоростей совпадают (на верхнем рис. 3, б) они обозначены штриховой линией). На нижнем рис. 3, построены траектории относительного движения при попадании частицы в разные точки нижней образующей цилиндра через 0,05 м, и соответствующие графики относительных скоростей.



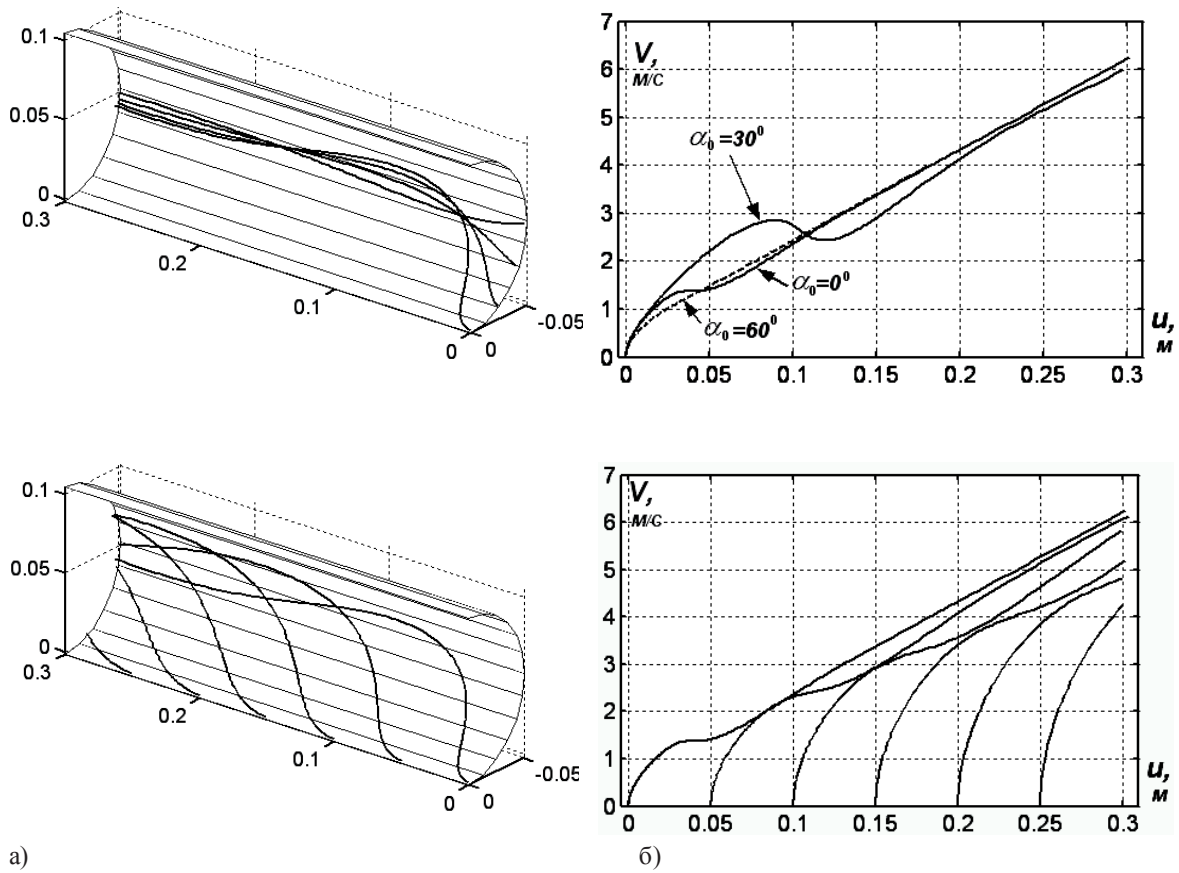


Рис. 3. Кинематические характеристики относительного движения частицы по поверхности цилиндрической лопатки при  $R = 0,05$  м;  $r = 1/k = 0,05$  м;  $f = 0,3$ ;  $\omega = 25$  рад/с и разных точках попадания частицы на поверхность: а) относительные траектории движения частицы при разных точках попадания ее на поверхность по высоте (наверху) и по длине (внизу), б) графики соответствующих относительных скоростей движения частицы

Fig. 3. Kinematic characteristics of the relative movement of particle over the cylindrical surface vane for  $R=0,05$  m,  $r=1/k=0,05$ m,  $f=0,3$ ,  $\omega = 25$  rad/s and for a variation of the initial particle position on the disc: а) relative trajectories of the particle motion for a variation of the initial particle position on vane, б) graphs of suitable relative velocities of the particle

Найдем влияние на форму траектории материальной частицы величины радиуса  $R$  поперечного сечения цилиндрической лопатки. На рис. 4 представлены траектории движения частицы по цилиндрической лопатке с радиусом поперечного сечения  $R = 0,15$  м. В этом случае возможно вполне неожиданное поведение частицы при ее движении по поверхности цилиндра. На рис. 4, а) показано изменение траектории частицы при увеличении угловой скорости при равных других условиях. Если при  $\omega = 10$  рад/с траектория является ожидаемой (как, например, на рис. 2, а), то при  $\omega = 15$  рад/с и тем более при  $\omega = 25$  рад/с частица начинает двигаться – к центру диска, дненным углом наклона.

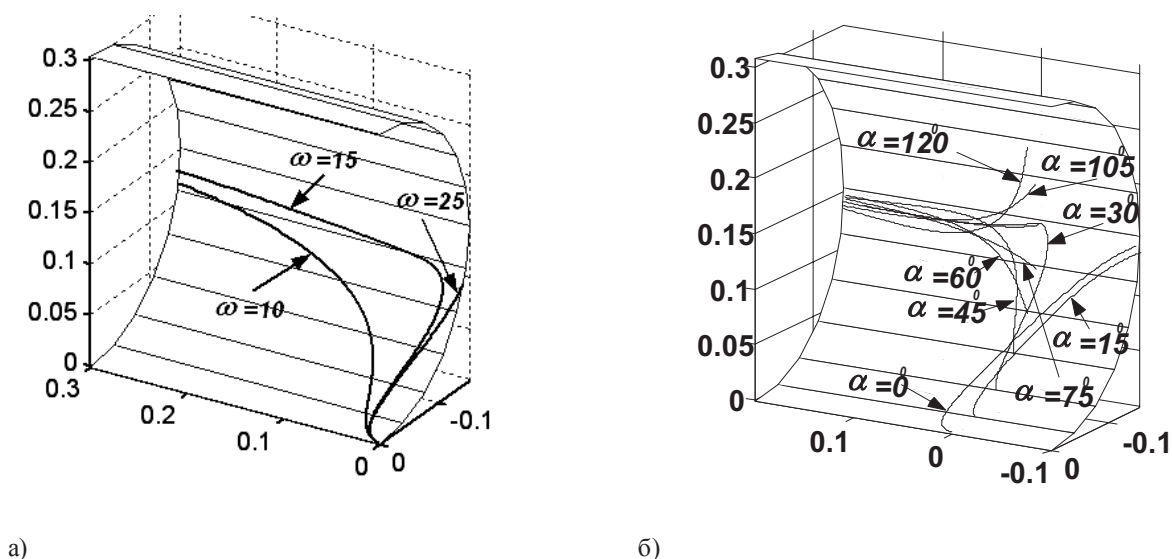


Рис. 4. Относительные траектории движения частицы по поверхности цилиндрической лопатки с радиусом поперечного сечения  $R = 0,15$  м ( $f = 0,3$ ): а) форма траектории в зависимости от величины угловой скорости  $\omega$ , б) форма траектории в зависимости от точки поступления частицы на поверхность лопатки ( $\omega = 25$  рад/с)

Fig. 4. Relative trajectories of the movement of particle over the cylindrical surface vane for  $R = 0,05$  м ( $f = 0,3$ ): а) a shape of trajectory in dependence of angular velocity  $\omega$ , б) a shape of trajectory in dependence of the initial particle position on vane ( $\omega = 25$  rad/s)

На рис. 4, б) изображен отсек цилиндрической лопатки, удлиненный на 0,1 м в противоположную сторону. Это дает возможность наблюдать траектории движения частицы при разных точках ее поступления на лопатку по высоте. Угловая скорость  $\omega = 25$  рад/с;  $f = 0,3$ ; высота изменяется через каждые  $15^\circ$  поворота точки вокруг оси цилиндра. Как видно из рис. 4, б), при  $\alpha_0 = 0^\circ$  и  $\alpha_0 = 15^\circ$  частица разворачивается и движется в противоположную сторону, а при увеличении высоты поступления этого уже не происходит.

Проведенные исследования показывают, что при поступлении частицы на самый низ лопатки при определенных условиях возможен ее разворот и движение в противоположную сторону. Это зависит от предельной величины радиуса  $R$  поперечного сечения лопатки. Например, для  $f = 0,3$  и  $R < 0,1$  м разворот частицы невозможен при любых угловых скоростях вращения диска. Гарантировано предотвратить разворот также можно при поступлении частицы на среднюю образующую цилиндра по высоте (при  $\alpha_0 = 90^\circ$ ). На практике это означает, что желоб нужно делать не из половины цилиндрической поверхности, а из четверти, используя верхнюю часть цилиндра.

## ВЫВОДЫ

Движение материальной точки (частицы) по цилиндрической лопатке центробежного высевающего аппарата вначале имеет колебательный характер, как по относительной траектории, так и по величине относительной скорости. Со временем происходит стабилизация движения: частица движется возле средней прямолинейной образующей лопатки с относительной скоростью, которая растет по закону, близкому к линейному. Увеличение угловой скорости вращения диска с лопаткой приводит к росту относительной скорости.

Точка поступления частицы на лопатку по высоте практически не влияет на величину относительной скорости при ее соскоке с лопатки. При разных точках поступления частицы вдоль оси лопатки относительная скорость отличается несущественно. При увеличении радиуса поперечного сечения лопатки и при поступлении частицы на нижнюю образующую возможен разворот частицы в желобе по спиралеподобной кривой. При любых режимах работы и конструктивных размерах лопатки материальная частица при движении по ее поверхности не поднимется к верхнему краю лопатки.

## ЛИТЕРАТУРА

- Василенко П.М., 1960.: Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Изд-во УАСХН, КИЕВ.
- Заика П.М., 1992.: Избранные задачи земледельческой механики. Изд-во УСХА, КИЕВ.
- Адамчук В.В., 2003.: Исследование общего случая разгона минеральных удобрений центробежным рассеивающим органом. Вестник аграрной науки. – К., – № 12. – С. 51-57.
- Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф., 2006.: Теоретическое исследование движения материальных частиц в центробежных аппаратах с криволинейными лопатками и переменным углом их подъема. Труды Таврической государственной агротехнической академии. – Мелитополь: ТДАТА., – Выпуск 39. – С. 11-20.
- Адамчук В.В., Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф., 2008.: Исследование движения частицы по плоскому диску, который вращается вокруг перпендикулярной оси, наклоненной к горизонту. Вестник Львовского национального аграрного университета: агроинженерные исследования. – Львов: Львовский нац. аграр. ун-т,– № 12 (2). – С. 189-197.
- Линник Н.К., Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф., 2005.: Трехгранник и формулы Френе в задачах кинематики и динамики материальной частицы в сложном движении. Научный вестник Национального аграрного университета. – К.: НАУ, – Выпуск 80. – С. 271-287.
- Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., 2008.: Нахождение относительной траектории движения груза в кузове автомобиля, который опускается или поднимается по криволинейному участку дороги. Техничко-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины: Сборник научных трудов / УкрНДИПИТ им. Л. Погорелого. – Исследовательское,– Выпуск 12(26). – С. 308-321.

## THEORY OF PARTICLE FLOW ON A CENTRIFUGAL FERTILIZER DISTRIBUTOR

**Summary.** The theory of a particle motion in the radial direction along a cylindrical blade of centrifugal distributor was presented. The Frenet formulas were used to obtain the equations of the particle motion.

**Key words:** centrifugal fertilizer spreader, single particle trajectory, Frenet formulas, simulations.

## OCENA ZBIORU SŁOMY NA PODSTAWIE WYBRANYCH TECHNOLOGII

Artur Przywara, Magdalena Kachel-Jakubowska, Janusz Nowak

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań oraz analizę efektywności ekonomicznej na podstawie kosztów wykonania prac maszynowych. Badania technologii zbioru słomy przeprowadzono w gospodarstwach rolniczych na terenie województwa lubelskiego oraz województwa pomorskiego. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono iż najniższe jednostkowe koszty formowania bel odnoszą się do pracy przyczepianej prasy wielkogabarytowej (technologie 5 i 6), której wykorzystanie w okresie trwania maszyny jest równe normatywnemu.

**Słowa kluczowe:** słoma, prasy zwijające, koszty zbioru.

### WSTĘP

Podstawowym warunkiem umożliwiającym odpowiednią jakość słomy jest przestrzeganie terminu i warunków zbioru. Zbiór ten bazuje na maszynach formujących zbierany materiał w duże bele cylindryczne lub prostopadłościennie zapewniając dobre wykorzystanie ładowności środków transportowych oraz pomieszczeń magazynowych [Miłosz 1994, 1997, Olszewski 1980, Engler 2000, Frolov i in. 2002, Wilmer 1994]. Technologię zbioru słomy możemy podzielić na dwie podstawowe grupy wydzielone na podstawie końcowej formy zebranego materiału. Pierwsza dotyczy rozwiązań, w których materiał zebrany występuje w postaci luźnej, wykorzystując przyczepy zbierające. Pomimo licznych zalet maszyny zbierające nie znajdują wielkiego zastosowania. Decyduje o tym forma zebranego materiału, która utrudnia realizację dalszych operacji technologicznych tj.: składowanie lub pobieranie materiał [Gieroba i in. 1992]. Drugą grupą są technologie zbioru słomy w formie prasowanej poprzez wykorzystanie pras zbierających oraz formujących materiał w bele prostopadłościennie lub cylindryczne ze zmiennym i stałym przekroju komory roboczej. Mają one wiele zalet dotyczących między innymi lepszego wykorzystania ładowności środków transportowych oraz pomieszczeń magazynowych [Bujak 2007, Gieroba i in. 1992, Kutzbach 1992,].

## CEL I METODYKA BADAŃ

Celem badań było określenie efektywności ekonomicznej poprzez obliczenie kosztów wykonania prac maszynowych. Badania technologii zbioru słomy przeprowadzono w pięciu gospodarstwach rolniczych na terenie województwa lubelskiego (2 gospodarstwa - Class Rolland 46, Big Pack 120-70) oraz województwa pomorskiego (3 gospodarstwa - Krone Vario Pack 1800, Z-279 Farma, Power Press 120H).

Badania eksploatacyjne zestawów maszyn w technologii zbioru z pola prowadzono bezpośrednio po zakończeniu badań pras zbierających. Charakterystykę warunków prowadzonych badań podzielono na 7 technologii i zamieszczono w tabeli 1. Najkrótsza odległość przemieszczania bel dotyczyła technologii nr 4 (1,2 km), w której maszyną wiodącą była samozaładowcza przyczepa Dromader T150. Jest to wartość o około 20% mniejsza w zestawieniu ze średnią odległością pierwszego zakresu drogi transportowania bel (około 1,5 km). Najdłuższa droga przemieszczania bal odnosi się również technologii nr 4 (3,4 km). Podana wartość jest tylko o 6% wyższa w porównaniu do średniej odległości drugiego zakresu transportowania bel słomy (około 3,2 km). Najmniejszy przyrost drogi transportowania bel względem odległości z pierwszego zakresu odnosi się do technologii 3, w której stosowano dwie przyczepy Typu A (z 1,5 km do 2,9 km).

te zostały opracowane na podstawie analizy literatury oraz obowiązujących dokumentów normatywnych Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie [Metodyka..., 1978]. Materiałem do badań były próby słomy pokombajnowej zbierane prasami do formowania bel, pobranych zgodnie z zasadą postępowania normy PN-75/R-64769 oraz odpowiedniej ich liczebności według wzoru 1 [Oktaba, 1980].

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot s^2}{d^2}, \quad (1)$$

gdzie:

$t_{\alpha}$  – wartość graniczna rozkładu zmiennych t-Studenta odczytana z tablic tego rozkładu dla współczynnika ufności  $1-\alpha$  i dla  $n_0-1$  stopni swobody,

$s^2$  – wariancja z próby wstępnej o liczebności  $n_0$ ,

$d$  – wymagana dokładność (max. błąd szacunku).

Koszty eksploatacji maszyn (K) wchodzących w skład badanych technologii zbioru słomy liczone według następującej zależności:

$$K = K_{\text{utr}} + K_{\text{uż}} + K_{\text{epc}} + K_{\text{użc}} \quad [\text{zł/h}], \quad (2)$$

gdzie:

$K_{\text{utr}}$  - koszt utrzymania maszyny [zł/h],

$K_{\text{uż}}$  - koszt użytkowania maszyny [zł/h],

$K_{\text{epc}}$  - koszt utrzymania ciągnika współpracującego z maszyną [zł/h],

$K_{\text{użc}}$  - koszt użytkowania ciągnika współpracującego z maszyną [zł/h].

Kalkulacje godzinowych kosztów utrzymania maszyn (ciągników) liczone według następującej zależności:

$$K_{\text{utr}(epc)} = K_a + K_{p-ub} \quad [\text{zł/h}], \quad (3)$$

gdzie:

$K_a$  – koszt amortyzacji [zł/h],

$K_{p-ub}$  – koszt przechowywania, konserwacji i ubezpieczenia [zł/h].

Tabela 1. Charakterystyka warunków prowadzenia badań kompleksowych technologii zbioru bel z pola  
 Table 1. Characteristics of conditions of complex research technology of collecting bales from field

Technologia (główna maszyna)	Zmiana kontrolna	Rodzaj słomy	Wilgotność względna słomy, %	Plon słomy, t/ha	Średnia masa beli, kg	Średnia odległość transport. bel, km
Dromader T150: zbiór bel formowanych prasą Z-279 Farma	1	pszenna	17	3,7	135	1,4
	2		16	3,9	126	
	1	żytnia	17	3,9	133	3,0
	2		17	4,1	135	
Przyczepy platformy Typ A: zbiór bel formowanych prasą Z 279 Farma	1	żytnia	17	3,9	132	1,6
	2		14	4,1	129	
	1		13	3,9	126	3,3
	2		16	4,1	130	
Przyczepy platformy Typ A: zbiór bel formowanych prasą Rolland 46	1	żytnia	14	3,7	167	1,5
	2	pszenna	13	4,1	165	
	1		17	3,7	172	2,9
	2	13	4,1	167		
Dromader T150: zbiór bel formowanych prasą Vario Pack 1800	1	pszenna	16	4,2	361	1,2
	2		15	3,9	357	
	1		17	3,9	366	3,4
	2		14	4,1	353	
Arcusin E-170: zbiór bel formowanych prasą Big Pack 120-70	1	pszenna	14	4,3	330	1,4
	2		17	3,9	341	
	1		16	3,9	339	3,2
	2		15	4,1	336	
Fasterholt QB 95: zbiór bel formowanych prasą Big Pack 120-70	1	pszenna	13	4,3	330	1,6
	2		16	4,1	339	
	1		14	4,3	333	3,1
	2		17	3,9	340	
Platformy ładunkowe: zbiór bel formowanych prasą Power Press 120H	1	pszenżytnia	14	3,9	352	1,6
	2		15	3,7	355	
	1	pszenna	17	3,9	358	3,2
	2		16	3,7	357	

Koszt amortyzacji liczone ze wzoru:

$$K_a = \frac{C_m}{T_n} [\text{zł/h}], \quad (4)$$

gdzie:

$C_m$  – cena maszyny (ciągnika),

$T_n$  – wykorzystanie maszyny w okresie trwania [h].

Roczny koszt przechowywania, konserwacji i ubezpieczenia  $K_{p-ub}$  przyjęto dla maszyn w wysokości 1% ich ceny oraz dla ciągników rolniczych na poziomie 2%.

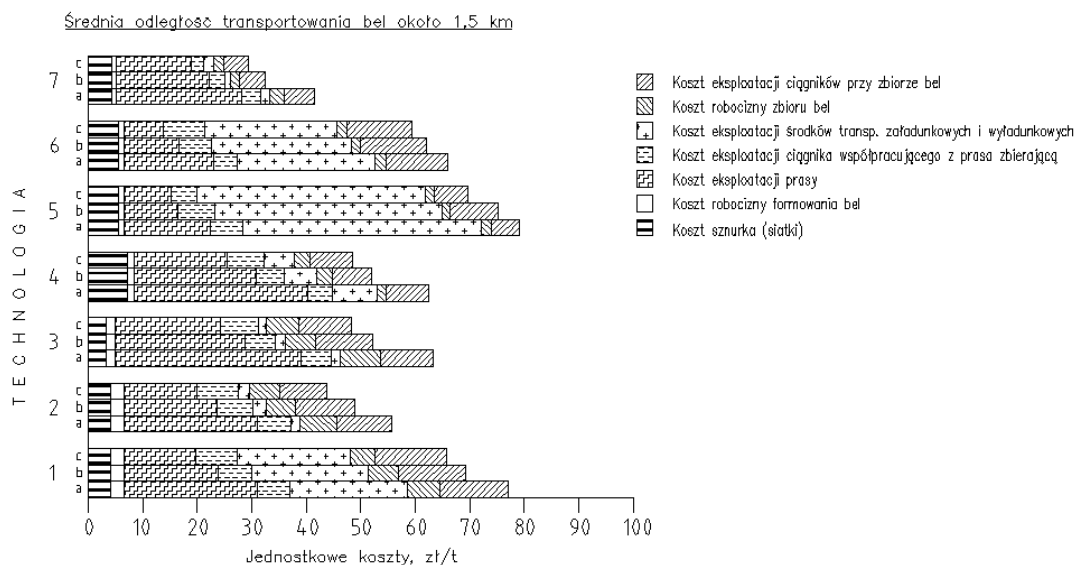
## WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 1 i 2 przedstawiono strukturę jednostkowych kosztów kompleksowych technologii zbioru słomy w formie dużych bel cylindrycznych i prostopadłościennych. Z zależności przedstawionych na rysunkach wynika, że jednostkowe koszty zależą od stosowanego zestawu środków technicznych, rocznego wykorzystania pras zbierających oraz odległości transportowania bel. Najniższe jednostkowe koszty formowania bel odnoszą się do pracy przyczepianej prasy wielkogabarytowej (technologie 5 i 6), której wykorzystanie w okresie trwania maszyny jest równe normatywnemu. Wynoszą one tylko 20.04 zł/t. Podana wartość stanowi tylko 64% jednostkowych kosztów formowania bel cylindrycznych prasą zmiennokomorową Vario Pack 1800 (dla normalnego wykorzystania maszyny). Podobne relacje występują pomiędzy jednostkowymi kosztami formowania bel przyczepianą prasą wielkogabarytową i stałokomorową maszyną Rollant 46.

Z analizy struktury jednostkowych kosztów eksploatacji agregatów do zbioru słomy wynika, że nakłady ponoszone na pracę ludzką stanowią niewielki udział. Jest to szczególnie widoczne na przykładzie samobieżnej prasy zbierającej Power Press 120H (około 1,8%) i prasy zmiennokomorowej Vario Pack 1800 (około 2,2%), których wykorzystanie w okresie trwania maszyn. Nakłady ponoszone na pracę ludzką stanowiły około 10% całkowitych kosztów dotyczących formowania bel cylindrycznych prasą zwijającą Z-279 Farma, której wykorzystanie założono na poziomie wykorzystania normalnego (1300 godzin pracy w okresie trwania maszyny). Wynikało to głównie z małych kosztów amortyzacji i napraw oraz dużej pracochłonności.

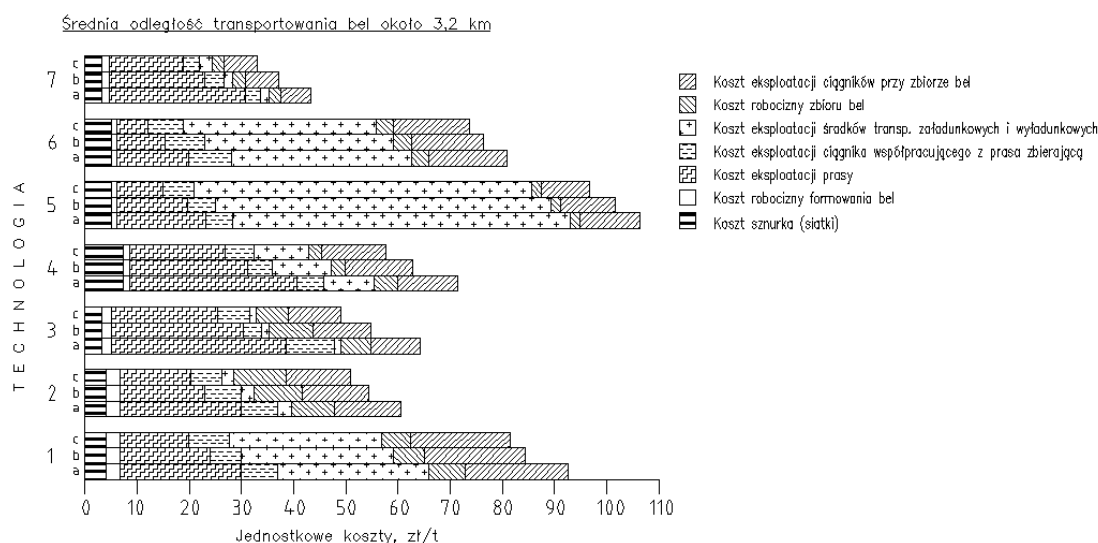
Bardziej znaczącym składnikiem kosztów eksploatacji agregatów przeznaczonych do zbioru słomy z wałów były nakłady ponoszone na materiały stosowane do owijania bel (sznurek, siatka). Stanowiły one ponad 24% kosztów formowania bel maszyną Big Pack 120-70 oraz prasą zwijającą Vario Pack 1800, których wykorzystanie założono na poziomie wykorzystania normalnego. Wynikało to głównie z wysokiej ceny siatki oraz dużego zużycia drogiego sznurka (0,91 kg/t słomy). Najniższy jednostkowy koszt sznurka odnosi się do bel formowanych prasą Rollant 46. Wynosi on tylko 3,16 zł/t.

Wynika to głównie z małego zużycia tego materiału (0,54 kg/t) i jego niskiej ceny w zestawieniu z siatką lub sznurkiem stosowanym w maszynach formujących duże bele prostopadłościenne. Małe zagęszczenie bel cylindrycznych formowanych prasą Z-279 Farma (około 93 kg/m<sup>3</sup>) wpłynęło na znaczny wzrost jednostkowego kosztu sznurka w zestawieniu z pracą maszyny Rollant 46 (o około 33%).



Rys. 1. Struktura jednostkowych kosztów zbioru i transportu słomy: a, b i c – odpowiednio dla 50%, 75% oraz 100% normatywnego wykorzystania prasy zbierającej

Fig. 1. Structure of unit cost of straw harvesting and transport (average distance of bale transporting - 1,5 km): a, b and c – respectively 50%, 75% and 100% of normative balers use



Rys. 2. Struktura jednostkowych kosztów zbioru i transportu słomy: a, b i c – odpowiednio dla 50%, 75% oraz 100% normatywnego wykorzystania prasy zbierającej

Fig. 2. Structure of unit cost of straw harvesting and transport (average distance of bale transporting - 3,2 km) : a, b and c – respectively 50%, 75% and 100% of normative balers use

Najniższe (całkowite) jednostkowe koszty dotyczą technologii 7, w której główną maszyną jest samobieżna prasa Power Press 120H. Wynoszą one od 29,59 zł/t do 40,89 zł/t dla mniejszej odległości transportowania balu. Główną pozycję w tych kosztach zajmuje amortyzacja i nakłady ponoszone na naprawy prasy zbierającej (od 47% do 62%). W wymienionej technologii koszty zbioru, transportu i składowania balu okazały się wyjątkowo niskie. Wynoszą one tylko 8,08 zł/t.



Jest to wartość ponad sześciokrotnie niższa w zestawieniu ze zbiorem bel realizowanym samozaładowniczą przyczepą Arcusin E-170. Wynika to przede wszystkim z wysokich kosztów amortyzacji i napraw wymienionej maszyny (wysoka cena przyczepy oraz małe normatywne wykorzystanie). Jednostkowy koszt zbioru (wraz z transportem i składowaniem) bel prostopadłościennych samozaładowniczą przyczepą Fasterholt QB 95 okazał się również wysoki (38,76 zł/t). Głównym składnikiem tych kosztów była amortyzacja i nakłady ponoszone na remont maszyny (stanowią one 65%).

Na szczególne podkreślenie zasługują jednostkowe koszty zbioru, transportu i sterowania bel cylindrycznych o małym zagęszczeniu (technologia 1). Wynoszą one 39,73 zł/t dla mniejszej odległości transportowania bel. Wynika to przede wszystkim z małej wydajności stosowanej maszyny (niewielka liczba jednorazowo transportowanych bel o małej masie). Głównym składnikiem tych kosztów jest amortyzacja i naprawy przyczepy samozaładowniczej Dromader T150 (stanowią one ponad 50%). Znacznie mniejsze jednostkowe koszty odnoszą się do pracy wymienionej maszyny podczas zbioru bel formowanych maszyną Vario Pack 1800. Stanowią one tylko 42% odpowiadających im kosztów ponoszonych w technologii 1. Decyduje o tym duża masa transportowanych bel, która czyni ową maszynę znacznie wydajniejszą.

Technologia zboru, transport i składowanie bel cylindrycznych z zastosowaniem dwóch platform Typu A oraz dwóch ładownic czołowych okazała się rozwiązaniem korzystnym pod względem jednostkowych kosztów. Wynosiły one tylko 16,94 zł/t dla technologii 3 (bele formowane prasą Rollant 46).

Zwiększenie średniej odległości transportowania zebranego materiału do około 3,2 km znacznie wpłynęło na wzrost jednostkowych kosztów kompleksowych technologii zbioru bel z pola, której obejmują również operacje załadunku, wyładunku i sterowania. Jest to szczególnie widoczne na przykładzie technologii 4 i 5, które bazują na samozaładowniczych przyczepach zbierających (Dromader T150 i Arcusin E-170). Dla wymienionych rozwiązań jednostkowe koszty zbioru bel z pola wzrosły o około 55% w zestawieniu z wynikami odnoszącymi się do mniejszej odległości przemieszczania zebranej słomy. Tak duży przyrost kosztów wynika ze znacznego zwiększenia odległości transportowania bel (średnio z około 1,4 km do 3,3 km). Najmniejszy przyrost jednostkowych kosztów zbioru bel z pola (wynikający ze zwiększonej odległości przemieszczania zebranego materiału) odnosi się do technologii 3, w której stosowano dwa transportery Typu A. Wynosi on około 10% (z 16,94 zł/t do 18,66 zł/t). Wynikało to z dwóch powodów. Pierwszy dotyczy lepszej organizacji pracy – średni czas przestojów środków transportowych zmniejszył się z 3,25 h do 2,15 h. Drugi powód odnosi się do nieco mniejszego wzrostu drogi transportowania bel (z około 1,5 km do 2,9 km) w zestawieniu z innymi zmianami kontrolnymi.

Warto również dodać, że jednostkowy koszt zbioru bel cylindrycznych o małej masie (technologia 1) transportowanymi na większą odległość samozaładowniczą przyczepą Dromader T150 okazał się znacznie wyższy w zestawieniu z technologiami 2,3 i 4, które również odnosiły się do materiału zbieranego prasami zwijającymi (w tym także Z-279 Farma). Zdecydowała o tym głównie mała masa ładunku, która czyni operacje transportu na dalsze odległości mało efektywnymi. Podobne uwagi odnoszą się do drogiej przyczep załadowniczej, które stosują się do zbioru dużych bel prostopadłościennych (technologia 5 i 6). Rozwiązanie bazujące na trzech wyjątkowo tanich platformach ładunkowych okazało się najkorzystniejszym pod względem jednostkowych kosztów zbioru, transportu i składowania bel. Zdecydowała o tym również dobra organizacja pracy, gdzie jeden operator ciągnika obsługiwał wymienione środki transportowe.

Specjalistyczne maszyny przeznaczone do zbioru dużych bel nie znalazły szerszego uznania wśród rolników ze względu na ich wysoką cenę i ograniczone możliwości ich zastosowania w gospodarstwie. Są one produkowane w niewielkim zakresie i przez nieliczne firmy. W ostatnich dziesięcioleciach nie podejmuje się prac nad opracowaniem samobieżnych maszyn do zbioru i transportu bel z pola.

## WNIOSKI

1. Najniższe jednostkowe koszty formowania bel odnoszą się do pracy przyczepianej prasy wielkogabarytowej (technologie 5 i 6), której wykorzystanie w okresie trwania maszyny jest równe normatywnemu.

2. Jednostkowy koszt formowania bel prasą Z-279 Farma okazał się nieznacznie wyższy w zestawieniu z pracą samobieżnej maszyny Power Press 120H (26,76 zł/t oraz 21,51 zł/t).

3. Wskaźnik jednostkowych kosztów zbioru, transportu i składowania bel z zastosowaniem specjalistycznych przyczep Arcusin E-170 (technologia 5), FASTERHOLT QB 95 (technologia 6) oraz DROMADER T150 (technologia 1) okazał się najwyższy. Wynikało to głównie z dużych kosztów utrzymania drogich maszyn produkcji zagranicznej oraz małej wydajności przyczepy Dromader 150, którą jednorazowo transportowano 8 bel.

## PIŚMIENNICTWO

- Bujak T. 2007.: Prasa i owijarka do bel. Dzierżawca, nr 6: 64-66.
- Engler G., Höner G. 2000.: Praxistest Strohhbergung: Wie geht's am schnellsten? Top Agrar, t. 10: 74-76.
- Frolov V.Û., Caplina S.A. 2002.: Obosnovanie proizvoditel'nosti razdatčika-izmel'čitelâ grubyh kormov v rulonah. Tehnika v sel'skom hozâjstve, 1: 34.
- Gieroba J., Nowak J. 1992.: Wybrane zagadnienia rozwoju pras zwijających. Część I – Prasy zwijające o zmiennej komorze prasowania. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 3: 8-10.
- Kutzbach H.D. 1992.: Halmgutverdichtung mit rotierenden werkzeugen. Landtechnik, 1/2: 60-63.
- Metodyka kwalifikacyjna badań maszyn rolniczych. 1978. Część VIII. Badania eksploatacyjne. IBMER Warszawa, Symbol dokumentu XXXVII/135.
- Miłosz T. 1994.: Nowe metody zbioru zbóż i słomy. IBMER Warszawa, Symbol dokumentu XVI/564
- Miłosz T. 1997.: Analiza i ocena kompleksowych technologii zbierania słomy pokombajnowej do różnych form utylizacji. IBMER Warszawa, Symbol dokumentu XXIII/388.
- Oktaba W. 1980.: Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalna. PWN, Warszawa.
- Olszewski T. 1980.: Nowa technologia zbioru pasz objętościowych. Rocznik Naukowy Rolniczych, t. 74-C-2: 103-119.
- Polak T. 2007.: Od pola do komina. Jak zebrać zdrowy i dorodny plon, nr 4: 28-31.
- Wilmer H. 1994.; Strohverkauf: Große Renner. Top Agrar, t. 7: 169-176.

## ESTIMATION OF HARVEST STRAW ON THE BASIS OF SELECTED TECHNOLOGY

**Summary.** The paper presents the results of research and analysis of economic efficiency based on the cost performance of work machine. Straw harvest technology research was conducted on farms in the Lubelskie and Pomorskie provinces. Based on the studies it was found that the lowest unit cost of farming bales relate to the work of the adhering bulky press (technologies 5 and 6), whose use during the machine exploitation time is equal to the normative body.

**Key words:** straw, baler press, harvest costs.

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI I FUNKCJONALNOŚĆ ELEKTRONICZNYCH LICZNIKÓW DYSTRYBUTORÓW PALIW

Sebastian Styła

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska  
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38a; e-mail: s.styla@pollub.pl

**Streszczenie.** W artykule dokonano analizy współczesnych elektronicznych liczników dystrybutorów paliw. Zaprezentowano przykładową infrastrukturę stacji oraz przeprowadzono badania dokładności wskazań liczników porównując je z licznikami starszego typu elektro-mechanicznego. Przedstawiono ponadto procedury pracy, autodiagnostyki oraz sposoby programowania tych urządzeń.

**Słowa kluczowe:** motoryzacja, stacja paliw, dystrybutor paliw, licznik, paliwo.

### WSTĘP

Zmniejszające się zasoby ropy naftowej oraz dbałość o środowisko naturalne sprawia, że koncerny samochodowe prowadzą badania nad alternatywnymi źródłami zasilania pojazdów. Powstają nowe koncepcje samochodów hybrydowych i elektrycznych [Popławski 1994; Chan, Chau 2001; Ehsani, Gao, Gay, Emadi 2005] a nawet na wodór czy sprężone powietrze. Mimo tego wydaje się, że przez najbliższe kilkadziesiąt lat podstawowym źródłem zasilania pojazdów mechanicznych nadal pozostaną paliwa płynne. Należą do nich: olej napędowy, benzyna [Baczewski, Kałdoński 2004; 2005], biopaliwa i paliwa z odpadów [Wandrasz 2006], które powstają podczas skomplikowanych procesów rafineryjnych z ropy naftowej. Równocześnie na szeroką skalę stosuje się płynny gaz LPG i CNG [Majerczyk, Taubert 2003]. Efektem tego jest ciągły rozwój całej infrastruktury i zaplecza paliwowego, w tym także miejsc, w których paliwo jest dystrybuowane i dokładnie odmierzane, czyli stacji paliw.

Szybki rozwój elektroniki i powiązanie jej z technologią informatyczną sprawiło, że współczesne stacje paliw są wysoko wyspecjalizowanymi obiektami spełniającymi wiele różnych funkcji. Zapewniają one zarówno wysoki standard usług jak i bezpieczeństwo użytkownika. Wymuszają to dyrektywy, przepisy i rozporządzenia obowiązujące w Unii Europejskiej jak i w każdym z państw członkowskich.

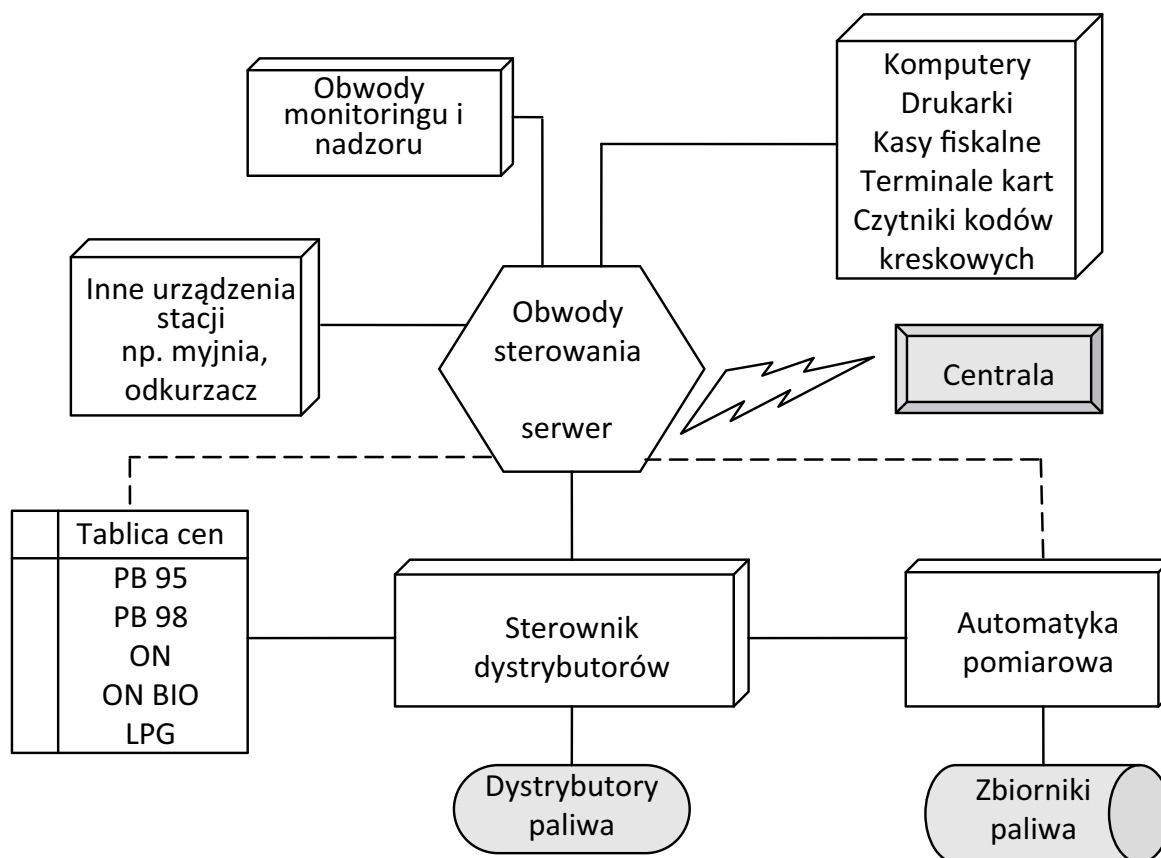
Z punktu widzenia klienta stacja ma zapewnić mu maksymalny komfort tankowania oraz jakość i ilość paliwa jakiej oczekuje, natomiast sprzedającemu bezpieczeństwo oraz prostotę obsługi. Taką rolę spełniać mają współczesne dystrybutory współpracujące z całą infrastrukturą stacji paliw.

## INFRASTRUKTURA STACJI PALIW

Elementy stacji paliw pod względem funkcjonalnym można podzielić na:

- instalację paliwową (zbiorniki, dystrybutory),
- system zarządzania i sprzedaży,
- urządzenia automatyki i monitoringu,
- urządzenia przeciwpożarowe i chroniące środowisko naturalne,
- infrastrukturę budowlaną, usługową i komunikacyjną.

W zależności od przeznaczenia zastosowane są różne technologie i wyposażenie. Mimo tego wszystkie urządzenia muszą spełniać bardzo ostre wymagania dotyczące zarówno bezpieczeństwa użytkownika jak i ochrony środowiska. Wymusza to stosowania ciągłego monitoringu i niezawodnego sterowania elementami stacji, szczególnie dotyczącymi instalacji paliwowej. Na rysunku 1 przedstawiono przykładową infrastrukturę sieci teleinformatycznej spełniającą powyższe wymagania.



Rys. 1. Przykładowa konfiguracja sieci teleinformatycznej stacji benzynowej

Fig. 1. Example of ICT network configuration of gas station

Urządzeniem, z którym ma do czynienia każdy na stacji paliw jest dystrybutor. Zadaniem jego nie jest tylko doprowadzanie paliwa znajdującego się w zbiornikach magazynowych do baku samochodu ale także wykonanie pomiarów oraz wyświetlenie ceny jednostkowej i całkowitej zatankowanego produktu. Ponadto dystrybutor musi kontrolować stopień wypełnienia baku oraz dbać o czystość i jakość paliwa (odprowadzać opary, powietrze i zanieczyszczenia). Nie byłoby to możliwe bez elektronicznych liczników, które mogą pracować autonomicznie lub być podpięte

do systemu zarządzania. W specjalnych wykonaniach potrafią one rozpoznawać rodzaj paliwa dedykowanego dla danego pojazdu, a także sprawdzać czy klient ma wystarczającą ilość środków pieniężnych na koncie aby zatankować odpowiednią ilość benzyny lub oleju napędowego.

Elementem odpowiedzialnym za ilość wydawanego paliwa jest przepływomierz. Mimo wielu metod pomiaru przepływu [Turkowski 1987; Pospolita 2004; Piotrowski 2009] w nowoczesnych dystrybutorach wykorzystuje się zliczanie impulsów generowanych przez obracającą się tarczę (starsze rozwiązania wykorzystywały fotokomórkę). To sprawia, że możliwe jest bardzo dokładne tankowanie pojazdu.

## PRACA DYSTRYBUTORÓW - PROCEDURY

Podczas podnoszenia pistoletu rozpoczyna się proces tankowania. Mikrowyłącznik lub mikrocyk wysyła informację do licznika, który steruje całą procedurą. W zależności od rodzaju licznika oraz oprogramowania mogą występować dodatkowe funkcje.

Procedura tankowania wygląda następująco:

- 1) Test pamięci i wyświetlacza.
- 2) Test obwodów elektrycznych (styczników, przekaźników, elektrozaworów, zabezpieczeń).
- 3) Pobranie aktualnej ceny jednostkowej paliwa (z systemu kasowo – zarządzającego), którego klient chce zatankować. Równocześnie sprawdzona jest możliwość rozpoczęcia tankowania (zezwoleń przez system kasowo – zarządzający).
- 4) W przypadku zaawansowanych rozwiązań (np. stacji automatycznych) sprawdzany jest stan konta klienta oraz w niektórych przypadkach ilość paliwa w zbiornikach magazynowych (ważne podczas tankowania pojazdów ciężarowych o dużej pojemności baku).
- 5) Jeżeli sprawdzenia 1 - 4 są poprawne, uruchamiane zostają: pompa i silnik dystrybutora, a po pewnym czasie otwierany jest elektrozawór, który doprowadza paliwo do węża wydawczego. Podczas tego procesu sprawdzany jest kierunek obrotów silnika.
- 6) Ze względu na wymagania dotyczące ochrony środowiska system sterowania uruchamia silnik i pompy odzyskujące opary paliwa. Powoduje to, że opary powstałe w procesie tankowania trafiają ponownie do zbiornika.
- 7) Podczas kończenia tankowania (zarówno ręcznego jak i automatycznego) system przemyka elektrozawór co powoduje zmniejszenie ilości paliwa doprowadzonego do pistoletu. Ma to na celu dokładne odmierzenie takiej ilości produktu jakiej klient potrzebuje.
- 8) Wysłanie przez licznik informacji o zakończonym tankowaniu do systemu kasowo – zarządzającego.
- 9) Wyświetlenie ilości (objętości) zatankowanego paliwa oraz całkowitego kosztu transakcji na wyświetlaczu dystrybutora.

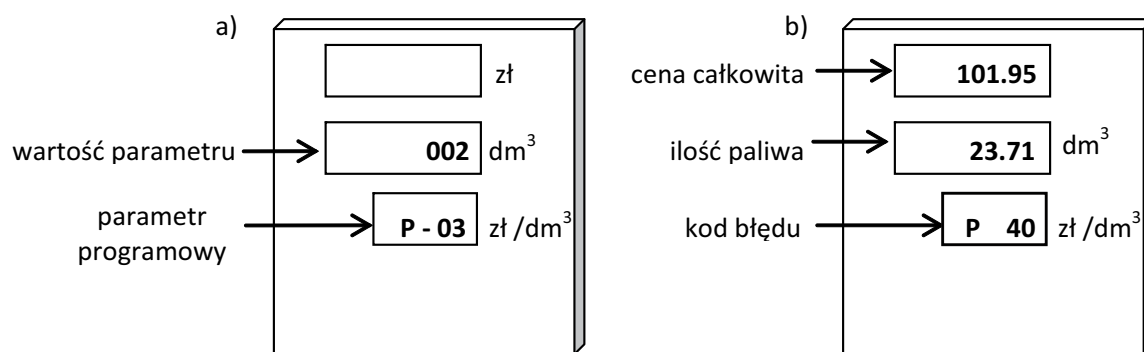
Przez cały czas procesu tankowania licznik kontroluje pracę wszystkich układów i w przypadku wystąpienia jakiegokolwiek awarii przerywa tankowanie lub tylko sygnalizuje dane uszkodzenie (w zależności od priorytetu uszkodzenia). Równocześnie informacja ta przesyłana jest do systemu zarządzającego.

## PROGRAMOWANIE I BŁĘDY

Programowanie liczników polega na wprowadzeniu do jego pamięci szeregu parametrów przypisanych dla danego typu dystrybutora. Można tego dokonać na dwa sposoby: przy użyciu dodatkowej klawiatury (rys. 2a) lub przez podłączenie komputera osobistego PC. Ze względu, że

wprowadzane parametry różnią się w zależności od producenta i rodzaju dystrybutora nie będą one szerzej omówione z wyjątkiem tych, które były użyte w badaniach.

Podstawową funkcją liczników jest autodiagnoza. Podczas pracy przeprowadzone są różne testy, aby sprawdzić poprawność działania poszczególnych elementów i obwodów. W przypadku wykrycia uszkodzenia lub awarii uruchamiana jest odpowiednia procedura oraz zostaje wyświetlona informacja o rodzaju błędu (rys. 2b).



Rys. 2. Wyświetlacz dystrybutora (licznik): a) programowanie, b) odczyt kodu błędu

Fig. 2. Display distributor (meter): a) programming, b) error code reading

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe kody błędów dla liczników dystrybutorów HT Pumafit. W zależności od rodzaju uszkodzenia wyodrębnić można dwa typy błędów: poważne, które powodują uniemożliwienie tankowania; pomniejsze, które umożliwiają dalsze tankowanie.

Tabela 1. Przykładowe kody błędów występujące w licznikach dystrybutorów HT Pumafit  
Table 1. Examples of error codes found in HT Pumafit distributor meters

kod błędu	opis
<i>Błędy poważne</i>	
P10	błąd pamięci RAM
P15	błąd pamięci EEPROM
P22	nadmiar sumatorów
P40	spadek napięcia
<i>Błędy pomniejsze</i>	
E70	błąd wyświetlacza
E71	błąd kanału impulsatora
E73	błąd kierunku obrotów licznika
P20	błąd transmisji

## WARTOŚCI PARAMETRÓW - ANALIZA

Współczesne liczniki dystrybutorów mają możliwość zaprogramowania wielu parametrów, które wpływają na pracę urządzenia. Ich zmiana, a szczególnie błędne programowanie może doprowadzić do uszkodzeń lub strat finansowych.

Do badań użyto głowicy dystrybutorów HT Pumafit. Ze względu na dużą ilość parametrów (około osiemdziesięciu) w tabeli 2 przedstawiono i opisano tylko niektóre z nich. Pokazano również ich wpływ na pracę dystrybutora oraz na cały proces tankowania.

Tabela 2. Wpływ wartości parametrów na pracę dystrybutora

Table 2. Effect of values on the work of the distributor

parametr	wartość parametru	opis parametru	Czas	sumator cyfrowy (objętość paliwa)	sumator elektro-mechaniczny (objętość paliwa)
-	-	-	[s]	[dm <sup>3</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ]
34		Dokładność impulsatora w funkcji jednostki objętości			
	00	1/10	60	75,20	75
	03	1/250	60	3,00	3
	04	1/500	60	1,50	2
	05	1/1000	60	0,75	1
51		Liczba uaktualnień odczytu na sekundę			
	00	2 uaktualnienia/sekundę	60	75,20	75
	04	12 uaktualnień/sekundę	60	75,20	75
52		Przyrost elektro-mechanicznego sumatora objętości			
	01	co jednostkę objętości	60	75,20	75
	02	co 10 jednostek objętości	60	75,20	8 (x10)

Największe błędy wartości sumatorów elektro-mechanicznych, w porównaniu do cyfrowych, występują przy małej dokładności impulsatora (parametr 34). Błąd ten zwiększa się znacząco w przypadku zliczania przez sumator elektro-mechaniczny co dziesiątej jednostki objętości (parametr 52).

Szereg parametrów programowalnych odpowiada za dokładność wyświetlanych informacji na liczniku. Należy do nich między innymi parametr 51, który odświeża wartość wyświetlaną na wyświetlaczu powodując mniej lub bardziej dokładny odczyt.

Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie preselekcji (parametr 20-23), która daje możliwość ustalenia przez klienta ceny lub ilości tankowanego paliwa. W tym przypadku licznik ma możliwość sprawdzenia środków finansowych na koncie klienta oraz odmierzenie takiej ilości produktu, jaką on ustalił.

## PODSUMOWANIE

Postęp technologiczny sprawił, że do produkcji dystrybutorów paliw stosuje się coraz to nowsze rozwiązania elektroniczne i informatyczne. W porównaniu do urządzeń starszego typu współczesne dystrybutory cechuje większa dokładność pomiarów, bezpieczeństwo oraz współpraca z całą infrastrukturą stacji paliw, a także możliwość pracy bezobsługowej (automatycznej).

Nowoczesne liczniki dystrybutorów, są to wysoko wyspecjalizowane komputery, które nie tylko kontrolują i sterują przebiegiem tankowania ale również dbają o bezpieczeństwo użytkownika oraz środowisko. Uniwersalność ich sprawia, że można je zaadaptować w wielu typach urządzeń. Wynikiem tego jest uproszczona produkcja oraz serwis. Ważną cechą jest również umiejętność autodiagnozy, która znacznie ułatwia naprawę oraz zapobiega występowaniu poważniejszych uszkodzeń lub awarii. W niektórych przypadkach daje to możliwość naprawy dystrybutora dzięki konsultacji telefonicznej z centrum serwisowym bez konieczności wzywania serwisanta.

## PIŚMIENNICTWO

- Baczewski K., Kałdoński T. 2005.: Paliwa do silników o zapłonie iskrowym, WKŁ, Warszawa.
- Baczewski K., Kałdoński T. 2004.: Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym, WKŁ, Warszawa.
- Chan C. C., Chau K. T. 2001.: *Modern Electric Vehicle Technology*, Oxford University Press.
- Ehsani M., Gao Y., Gay S. E., Emadi A. 2005.: *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory, and Design*, CRC Press.
- Majerczyk A., Taubert S. 2003.: Układy zasilania gazem propan – butan, WKŁ, Warszawa.
- Piotrowski J. 2009.: *Pomiary. Czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego*, WNT, Warszawa.
- Popławski E. 1994.: *Samochody z napędem elektrycznym*, WKŁ, Warszawa.
- Pospolita J. 2004.: *Pomiary strumieni płynów*, Politechnika Opolska, Opole.
- Turkowski M. 1987.: *Pomiary przepływów*, Politechnika Warszawska, Warszawa.
- Wandrasz W. J., Wandrasz J. A. 2006.: *Paliwa formowane. Biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych*, Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp. Z o. o., Warszawa.

## ANALYSIS OF OPPORTUNITIES AND FUNCTIONALITY OF FUEL DISTRIBUTOR ELECTRONIC METERS

**Summary.** The article presents an analysis of the modern fuel distributor electronic meters. An example of the station infrastructure is given. Electronic meters are compared with the older type of electro-mechanical meters. The paper also presents working procedures, diagnostics and ways of programming of these devices.

**Key words:** moto industries, petrol station, fuel distributor, the meter, fuel.



## PRZYSZŁOŚĆ MAGISTRALI LOCAL INTERCONNECT NETWORK

Andrzej Sumorek, Marcin Buczaj

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska, Lublin, Polska

**Streszczenie.** Prawdopodobnie nikt nie przypuszczał, w jakim zakresie opracowanie w 1970 roku przez Kongres Stanów Zjednoczonych dokumentu „Clean Air Act” i ustanowienie Agencji Ochrony Środowiska (EPA, Environmental Protection Agency) wpłynę na rozwój przemysłu samochodowego. Początkowe proste układy monitorowania w czasie rzeczywistym systemów wtrysków paliwa, których zadaniem było ograniczenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery, ewoluowały w kierunku złożonych układów monitorowania poprawności funkcjonowania podzespołów pojazdu. Kolejnym naturalnym krokiem było zastosowanie układów w systemach bezpieczeństwa. Aktualnie prawie wszystkie podzespoły elektromechaniczne mogą komunikować się za pomocą magistral. Integracją za pomocą magistral komunikacyjnych zostały objęte również układy dotychczas stanowiące autonomiczne rozwiązania, takie jak systemy multimedialne.

W artykule przeprowadzono porównanie dwóch skrajnych pod względem czasu powstania protokołów magistralnych tj. magistrali Controller Area Network i magistrali Local Interconnect Network. Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, dlaczego protokół oficjalnie zaprezentowany w roku 1986 (CAN) nie może zostać naturalnie wyparty przez rozwiązanie wprowadzone po raz pierwszy produkcyjnie w roku 2001 (LIN).

**Słowa kluczowe:** protokół magistralny, magistrala CAN, magistrala LIN.

### WSTĘP

Jednym z pierwszych czynników, które zmusiły przemysł motoryzacyjny do wprowadzenia magistral i protokołów komunikacyjnych do pojazdów była konieczność ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin. Taki kierunek działań został pośrednio wymuszony przez działalność amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA) bazującej na uchwale „Clean Air Act”. Jednocześnie z drugiej strony wprowadzenie magistral komunikacyjnych wpływa na awaryjność i koszty wytwarzania pojazdów. Wielokrotnie przytaczane argumenty o zmniejszeniu awaryjności, dzięki zastosowaniu połączeń magistralnych poprzez ograniczenie długości okablowania pojazdu, lepszej diagnostyce, lepszym dopasowaniu układów i szybszej komunikacji wynikającej z zastosowania sygnałów cyfrowych, nie wymagają dodatkowego tłumaczenia [9]. Jednocześnie należy pamiętać, że te same czynniki wpływają na cenę wytwarzania i serwisowania pojazdów poprzez zmniejszenie kosztów wynikających ze zmniejszenia masy okablowania i usunięcia nadmiarowych czujników (wymiana danych z jednego czujnika w całej sieci), szybsze i lepsze wykrywanie punktów awarii (lepsza diagnostyka) [2, 9]. Konstruktorzy protokołów i magistral

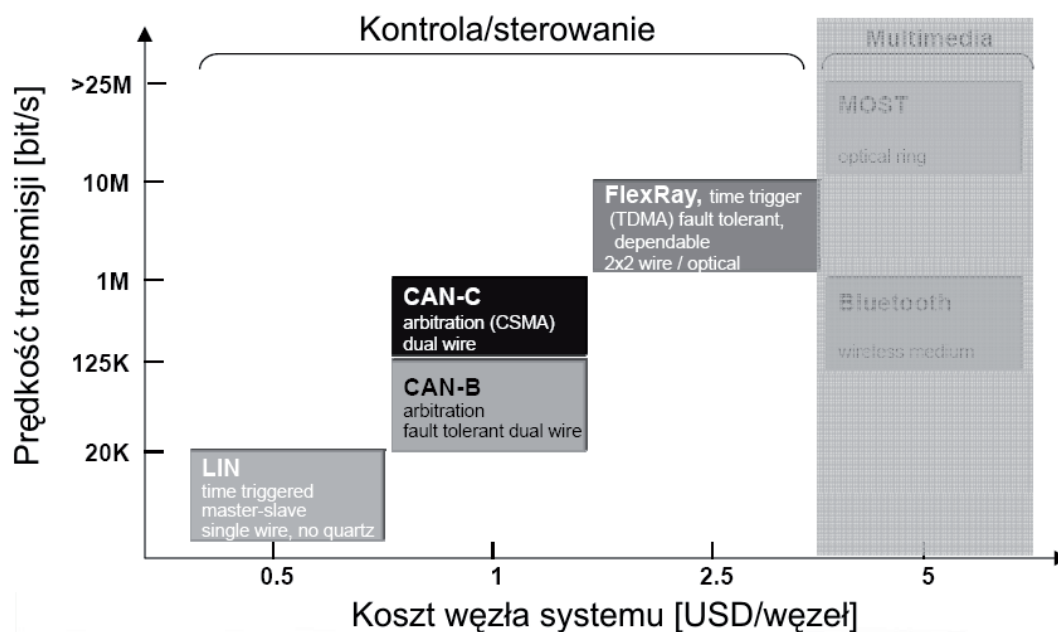
komunikacyjnych wkroczyli w obszary, w których jeszcze niedawno nie planowano w ogóle żadnych połączeń elektrycznych tj. w układy kierownicze (steer-by-wire), czy hamulcowe (break-by-wire, ogólnie X-by-wire). Podobnie sytuacja wygląda w zakresie rozwiązań multimedialnych. Jedynym rozwiązaniem z zakresu multimedii, którego istnienie narzuca się samoistnie jest możliwość sterowania odbiornikiem radiowym za pomocą przycisków umieszczonych na wielofunkcyjnym kole kierowniczym. Konstruktorzy poszli dalej i integrują w zakresie pojedynczej sieci system sterowania komfortem pojazdu z nawigacją satelitarną, radioodbiornikiem AM/FM, odtwarzaczem CD/DVD, radiem satelitarnym, telefonami komórkowymi i satelitarnymi, układem sterowania systemem nagłośnienia, systemem wspomaganie wzywania pomocy (Tele Aid), systemem powiadamiania o kolizji (Automatic Collision Notification), namierzania/odczytywania skradzionego pojazdu (Stolen Vehicle Recovery), usługą zdalnego otwierania drzwi (Remote Door Unlock).

Różnorodność zastosowań wymusza istnienie magistral/protokołów o różnych parametrach w zakresie bezpieczeństwa oraz szybkości przesyłania danych. Z tego powodu protokół CAN-B o strumieniu 125 kb/s łączący typowo, maksymalnie 24 węzły sieci nie jest w stanie zastąpić protokołu FlexRay obsługującego przepustowości 10 Mb/s dla teoretycznie 2048 węzłów sieci [12]. Dlatego pierwszy z wymienionych protokołów obsługuje proste układy sterowania wyposażeniem nadwozia i komfortu, a drugi z dedykowany jest do przyszłych, bezpiecznych zastosowań z zakresu X-by-wire. Przy czym ani protokół CAN-B nie jest przykładem najbardziej „powolnego” protokołu, ani FlexRay reprezentantem najszybszej metody wymiany danych (np. szybsze są D2B lub MOST) [12, 11, 12, 13].

Naturalne jest, że wraz z postępem technicznym nowsze magistrale i protokoły wypierają dotychczasowe. Przykładem takiej wzajemnej współzależności miały być: protokół LIN jako reprezentant nowego taniego protokołu oraz odmiany protokołu CAN z klasy B.

Początki protokołu CAN datuje się rok 1983 tj. moment rozpoczęcia prac przez Bosch GmbH nad nową magistralą szeregową. Wystawa w Detroit z roku 1986 uznawana jest za moment „powstania” protokołu CAN. Od tego momentu rozpoczyna się dominacja protokołu wyrażana licznymi zastosowaniami w przemyśle motoryzacyjnym i w zakresie automatyki przemysłowej. CAN doczekał się wielu odmian z modyfikacjami w warstwie sprzętowej (np. high speed, fault-tolerant, single wire, point-to-point) oraz z modyfikacjami w warstwie fizycznej (np. DeviceNet, CANopen, CAN Kingdom, TTCAN).

Protokołem, który powinien zdetronizować CAN w zastosowaniach klasy B jest Local Interconnect Network. LIN, podobnie jak CAN, jest szeregowym protokołem komunikacyjnym do obsługi węzłów mechatronicznych w rozproszonych zastosowaniach komunikacyjnych. Prace nad LIN zapoczątkowała w październiku 1998 grupa, w skład której wchodziła przedstawiciele takich firm jak Audi, BMW, Daimler Chrysler, Motorola, Volcano Automotive Group, VW, Volvo. Efektem działań grupy była publikacja w lipcu 1999 roku roboczej wersji specyfikacji protokołu. Specyfikację przekazano do około 120 producentów sprzętu samochodowego na całym świecie. Efektem było pierwsze zastosowanie elementów sieci LIN w samochodzie już w roku 2001. Twórcy protokołu planowali wprowadzenie od 3 do 10 węzłów sieci LIN w pojeździe, co miało skutkować rocznym zapotrzebowaniem na około 1,2 miliarda węzłów LIN. Twórcy protokołu LIN zakładali, że komunikacja międzywęzłowa musi być 2-3-krotnie tańsza w porównaniu z CAN (rys. 1) [5, 6, 7]. Wydajność, pasmo i pełna złożoność CAN nie była i nie jest wymagana.



Rys. 1. Względny koszt obsługi węzła w sieciach pojazdów [5, 6, 7]

Fig. 1. Relative cost per node of automotive networks [5, 6, 7]

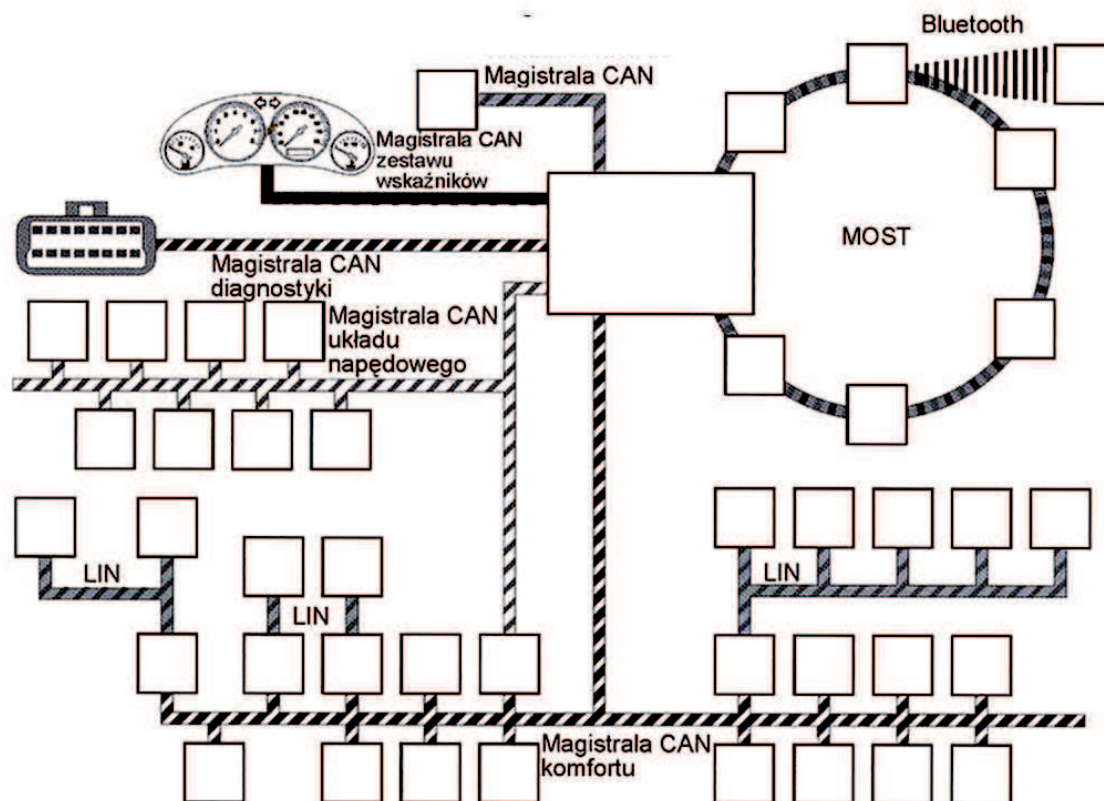
Mimo zapewnień konstruktorów o uzupełnianiu CAN przez LIN, a nie zastępowaniu CAN, patrząc na zakres dedykowanych zastosowań tj. obciążenie kosztów projektowania, produkcji, obsługi elementów elektronicznych pojazdu w zastosowaniach niskonakładowych, wyraźnie widać, że LIN miało wyprzeć protokół CAN klasy B z pojazdów oraz elektroniki przemysłowej i urządzeń AGD. W dalszej części tekstu zostaną zaprezentowane podobieństwa i różnice obu protokołów. Dzięki temu można będzie wnioskować o możliwości rozpowszechnienia magistrali LIN w zastosowaniach mechatronicznych.

## CHARAKTERYSTYKA PROTOKOŁÓW I MAGISTRAL

Informacje zamieszczone w niniejszym rozdziale zostały zorganizowane tak, aby można było dokonać łatwego porównania protokołów LIN i CAN w zakresie:

- charakterystyki magistral,
- sterowania dostępem do medium,
- parametrów warstwy fizycznej,
- budowy i typów ramek,
- sposobu wykrywania błędów komunikacyjnych.

**Local Interconnect Network.** Od początku prezentacji magistrali LIN na rynku była ona pozycjonowana jako rozwiązanie wspomagające szybkie magistrale komunikacyjne np. CAN-C (High-Speed CAN), FlexRay. Często towarzyszą jej określenia „sub-bus” i „subsystem” wskazujące na ograniczoną rolę w globalnym sterowaniu podzespołami pojazdu [2, 9]. Przymiotnik „Local” występujący w nazwie magistrali sugeruje wykorzystanie jej w ograniczonej przestrzeni (np. w drzwiach pojazdu) lub do jednego zadania (np. sterowanie lusterkami) (rys. 2). Bieżąca (rok 2010) specyfikacja protokołu oznaczona jest numerem 2.1 [4].



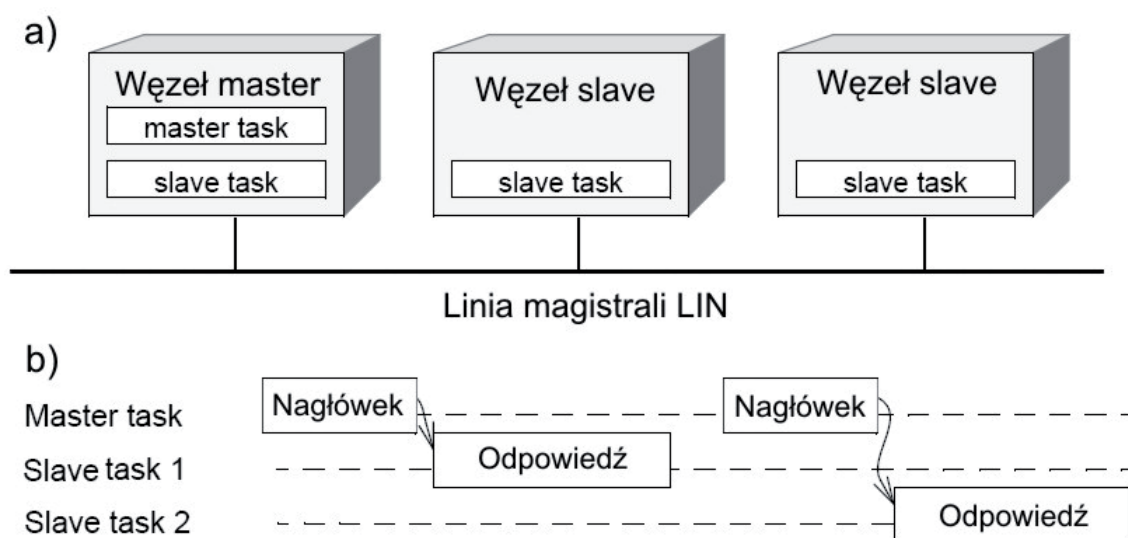
Rys. 2. Lokalizacja sieci LIN w stosunku do pozostałych magistral pojazdu [12]

Fig. 2. Localization of LIN network relatively to vehicle buses [12]

**LIN - sterowanie dostępem do magistrali.** Organizacja magistrali LIN wymaga zastosowania jednego, dedykowanego nadrzędnego węzła master. Jego zadaniem jest sterowanie komunikacją poprzez wysyłanie nagłówek komunikatów stanowiących początkową część ramki komunikacyjnej (rys. 3). Czas i zawartość nagłówka ramki zdefiniowana jest za pomocą, definiowanej na poziomie projektu sieci, tablicy „Schedule table”. „Schedule table” zawiera sztywną informację o czasie i zawartości wysyłanego nagłówka. Węzeł master zgodnie z „schedule table” w konkretnych chwilach wymusza aktywność węzłów typu slave, pobiera lub dostarcza im wiadomości (rys. 3). Aby podnieść dynamikę funkcjonowania sieci, „schedule table” może być modyfikowana w czasie funkcjonowania sieci na podstawie warunków zewnętrznych (funkcjonowania urządzeń, 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.

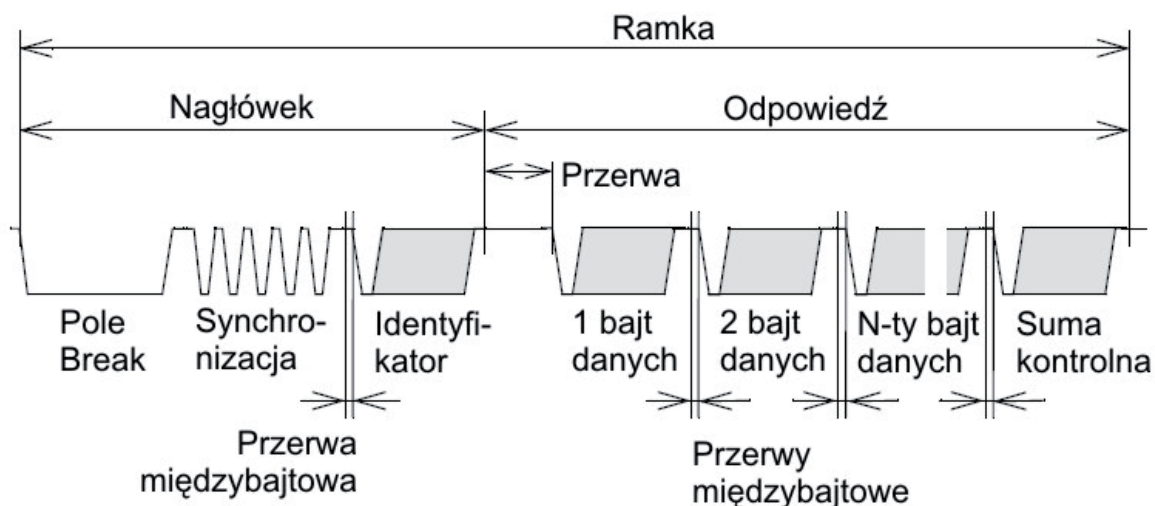
**LIN - warstwa fizyczna.** W warstwie fizycznej oczekuje się, że maksymalna prędkość transmisji nie będzie przekraczała 20 kbit/s. Wartość ta klasyfikuje magistralę i protokół jako (klasę) B. Liczba węzłów w segmencie sieci, zwanym tutaj klastrem, nie powinna przekraczać 16 (typowo 12) [12]. Węzły łączą się pojedynczym kablem magistralnym uzyskując w ten sposób konfigurację magistrali liniowej. Największa dopuszczalna długość magistrali to 40 m. Dwa stany logiczne odpowiadające logicznemu „0” i „1” uzyskuje się interpretując napięcie zbliżone do potencjału masy pojazdu (0 V) jako dominujący stan zera logicznego, zaś napięcie zbliżone do napięcia akumulatora pojazdu (12 V) stanowi recesywny stan „1” logicznej.

Połączenie nagłówka emitowanego przez węzeł master oraz odpowiedzi tworzy ramkę komunikacyjną (rys. 4). Struktura ramki jest prosta w porównaniu ze spotykanymi w protokołach FlexRay, ByteFlight czy CAN.



Rys. 3. LIN: a) Organizacja magistrali; b) Mechanizm tworzenia ramek [14]

Fig. 3. LIN: a) Configuration of bus; b) Mechanism of creation of frames [14]



Rys. 4. Struktura ramki protokołu LIN [2, 4, 9, 13]

Fig. 4. The structure of a LIN frame [2, 4, 9, 13]

**LIN - ramki.** Idea komunikacji za pomocą ramek protokołu LIN jest prosta. Konkretna ramka emitowana jest przez węzeł master zgodnie z „schedule table”. Pole Brake o minimalnej długości 13 bitów dominujących ma za zadanie zasygnalizowanie, że rozpoczęła się emisja nowego komunikatu. Zadaniem kolejnego pola jest synchronizacja czasu węzłów, które dokonują wtedy pomiaru czasu pomiędzy zboczami serii nadawanych naprzemiennie sygnałów 0 i 1. Podstawowe znaczenie ma identyfikator, który wskazuje na typ ramki/komunikatu, a co za tym idzie wymusza

aktywność węzłów slave. W jednobajtowym identyfikatorze sześć bitów określa rodzaj ramki, zaś dwa ostatnie służą do wprowadzenia danych kontrolnych (zabezpieczają identyfikator). W zależności od typu ramki, węzeł slave lub węzeł master emitują odpowiedź o maksymalnej długości 8 bajtów. Od wersji 2.0 suma kontrolna dla podstawowego typu ramek (unconditional) wyliczana jest na podstawie bajtów przesyłanych danych i identyfikatora.

O tym, czy odpowiedź ma być wygenerowana przez węzeł master lub slave i czy ramka w ogóle będzie zawierała odpowiedź, oraz do którego z węzłów skierowany jest komunikat, decyduje zawartość identyfikatora. Wartość pierwszych sześciu bitów identyfikatora decyduje, czy mamy do czynienia z ramką:

- bezwarunkową (unconditional) - identyfikator z zakresu od 0 do 59 (0x3b), ramki zawsze zawierają odpowiedzi;

- wyzwalaną (event triggered) - identyfikator z zakresu od 0 do 59 (0x3b), adresat ramki wyzwalanej powinien przesłać odpowiedź tylko w przypadku pojawienia się nowych aktualnych danych, inaczej odpowiedź nie jest wysyłana;

- przypadkową (sporadic) - identyfikator z zakresu od 0 do 59 (0x3b), ramki wysyłane są tylko w przypadku, kiedy węzeł master ma pewność, że wymagane dane zostały zmienione i mają zostać zaktualizowane.

- diagnostyczną (diagnostic) - identyfikatory 60 (0x3c - ramka master request), 61 (0x3d - ramka slave response), przenoszą dane diagnostyczne;

- użytkownika (user-defined) - identyfikator - 62 (0x3e), przenoszą dowolny typ danych;

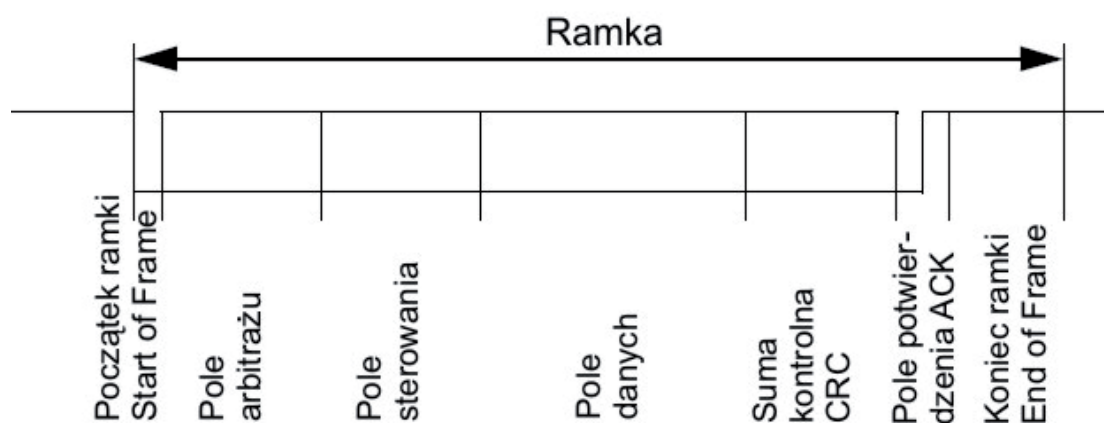
- zarezerwowaną (reserved) - identyfikator - 63 (0x3f).

**LIN - błędy.** Największą wadą protokołu LIN są mechanizmy obsługi błędów. Rozpatrując budowę ramki wydaje się, że zapewniona jest podstawowa obsługa błędów. LIN wprowadza 3 metody zabezpieczeń. Pierwsza z nich dotyczy zabezpieczania identyfikatora za pomocą dodatkowych 2 bitów kontrolnych (6 bitów identyfikatora + 2 bity ochronne = 8 bitów nagłówka zabezpieczonego). Druga metoda wykrywania błędów to zamieszczanie jako ostatniego bajtu danych suma kontrolnej wyliczanej w zależności od wersji protokołu na podstawie przesyłanych samych danych i lub danych oraz zabezpieczonego identyfikatora. Trzecia metoda kontrolowania transmisji bazuje na układzie transceivera i polega na porównywaniu zgodności bitów transmitowanych z bieżącym stanem magistrali. O ile wykrywanie błędów jest realizowane w przedstawionym zakresie, to brak jest gotowych procedur korekcyjnych decydujących o retransmisji ramki. W takim przypadku wszystkie zadania związane z obsługą błędów muszą dodatkowo zostać ujęte w warstwie aplikacji obsługującej węzeł [4, 13]. Dopiero od wersji 2.0 pojawiły się mechanizmy wymuszające wstawianie do komunikatów bitu statusu (response bit error), w przypadku pojawienia się błędu odbioru.

**Controller Area Network.** Pośród protokołów i magistral komunikacyjnych egzystuje rozwiązanie, które zapoczątkowano w roku 1983. Protokół CAN (Controller Area Network) wprowadzono w pojazdach w roku 1991. Jego popularność wynika z prostej budowy ramki komunikacyjnej, elastycznej konfiguracji sieci (łatwa rozbudowa i modyfikacja), skutecznego mechanizmu arbitrażu, stosunkowo wysokiego transferu danych oraz równoczesnego zastosowania kilku mechanizmów obsługi błędów.

**CAN - sterowanie dostępem do magistrali.** Węzły magistrali CAN pracują w trybie multimaster. Każdy węzeł wysyła ramki, które nie zawierają konkretnego adresu nadawcy i odbiorcy. Bezpośrednie połączenie pomiędzy dwoma węzłami nie występuje. Dostęp do magistrali opiera się na metodzie CSMA/CD [2]. Węzeł zaczyna nadawanie, jeżeli magistrala pozostaje wolna przez okres potrzebny na przesłanie trzech bitów. Jeśli minimum dwa węzły podejmą równo-

częściej nadawanie, arbitraż wykonywany jest w trakcie przesyłania bitów pola arbitrażu ramki komunikacyjnej (rys. 5). Na magistrali pozostaje urządzenie, w którego polu arbitrażu występuje „więcej bitów dominujących” (większy priorytet komunikatu) [12, 19, 110, 113]. W wersji protokołu 2.0A pole arbitrażu ma długość 11 bitów. Wraz z wersją 2.0B protokołu, pole arbitrażu zostało poszerzone do 29 bitów. Analizując metodę dostępu do magistrali, widać brak jednoznacznego determinizmu w zakresie czasu pojawienia się konkretnych danych na magistrali, tak jak to miało miejsce w przypadku „Schedule table” w protokole LIN. Mamy jedynie gwarancję wystąpienia na magistrali komunikatu o najwyższym w priorytecie w konkretnym momencie.



Rys. 5. Struktura ramki protokołu CAN [1, 4, 9, 10, 13]

Fig. 5. The structure of a CAN frame [1, 4, 9, 10, 13]

**CAN - warstwa fizyczna.** W grupie protokołów CAN można oczekiwać dużej zmienności prędkości transmisji w zależności od wybranej mutacji protokołu. Wartości przepustowości zmieniają się w zakresie od 10 kbit/s do 1 Mbit/s. Najszybsza wersja zgodna z ISO 11898-2 (High Speed CAN, klasa C) to transmisja w zakresie 250 kbit/s ÷ 1 Mbit/s. Low Speed CAN (ISO 11898-3) dostarcza przepustowości mniejszej niż 125 kbit/s w klasie B. Jednoprzewodowa magistrala (single wire CAN) zgodna z normą SAE J2411 dysponuje przepustowością 33 kbit/s (istnieje odmiana 83 kbit/s). Standard przemysłowy CAN tj. CiA (CAN In Automation) opisuje przepustowość od 10 kbit/s do 1 Mbit/s [2].

Podobnie zróżnicowana jest specyfikacja poziomów napięć na magistrali i ich odporności na zakłócenia. Typowa, najszybsza wersja CAN (11898-2) definiuje maksymalne napięcie różnicowe pomiędzy przewodami magistrali na poziomie 2 V (stan dominujący). W stanie recesywnym napięcie różnicowe wynosi zero, a oba przewody posiadają potencjał 2,5 V. Low Speed CAN w stanie recesywnym charakteryzuje się potencjałem 0 V na linii High i 5 V na linii Low, które zmieniają się w stanie dominującym na 3,6 V na linii High i 1,4 V na linii Low. Jednoprzewodowy CAN zgodny z SAE J2411 operuje na potencjale linii równym 5 V.

W zakresie długości magistrali i liczby przyłączonych węzłów też można oczekiwać dużej zmienności. Pole arbitrażu już w starszej wersji „A” protokołu dopuszczało możliwość „zaadresowania” 1024 komunikatów/węzłów (11 bitów =  $10^{11}$  komunikatów). Oczywiście wartość ta jest nieosiągalna ze względu na parametry elektryczne obwodów. Standard 11898-2 (High Speed) zakłada, że magistrala przy przesyłaniu danych z prędkością 1 Mbit/s nie powinna być większa niż 40 m, odgałęzienia nie powinny być dłuższe niż 0,3 m, zaś liczba przyłączonych węzłów nie większa niż 10 [2]. Dla CAN zgodnej z SAE J2411 (single wire, komunikacja prowadzona jednym

nieekranowanym przewodem z prędkością 33,3 kbit/s) dopuszcza się stosowanie do 32 węzłów w sieci. Topologia sieciowa może być dowolna, nie jest wymagana liniowa. Widać więc, że z całej grupy protokołów CAN do porównania z protokołem LIN należy wybrać tylko rozwiązania klasy B tj. np. ISO 11898-3 (Low Speed CAN) lub SAE J2411 (single wire).

**CAN - ramka.** Ramka protokołu CAN wykazuje podobny stopień złożoności co ramka protokołu LIN. W obu z nich jest miejsce na 8 bajtów danych. Można wyróżnić kilka typowych odmian ramek, z których dwie mają bezpośrednie znaczenie informacyjne. O tym, z jakim typem ramki mamy do czynienia decyduje jej struktura, a nie bezpośrednio wartość bitowa pola arbitrażu. Występują ramki:

- danych (data frame) – typowa ramka komunikacyjna zawierająca wszystkie pola wyszczególnione na rys. 5, pole danych wypełnione jest zgodnie z wartościami sygnalizowanymi w polu sterowania;

- zdalna (remote frame) – ramka żądania wiadomości, w której bit Remote Transmission Request (RTR) pola arbitrażu (Arbitration field) ustawiony w stanie recesywnym (poziom logiczny 0), brak jest Pola Danych (Data field), zaś pole DLC (Data Length Code z pola sterowania) musi być ustawione na długość oczekiwaną w wiadomości odpowiedzi;

- błędu (error frame) – sygnalizacja błędu w transmisji przez dowolny węzeł poprzez wyemitowanie bitów dominujących naruszających pozostałe formy komunikatów (w ten sposób o problemie informowane są inne węzły);

- przepełnienia (overload frame) – podobna w formie do ramki błędu struktura opóźniająca moment wysłania kolejnej ramki. W ten sposób węzeł komunikuje, że nie jest w stanie przetwarzać komunikatów

**CAN - błędy.** Twórcy protokołu CAN wprowadzili zestaw funkcji podnoszących odporność na błędy. W specyfikacji protokołu znajduje się pięć sposobów wykrywania błędów. Dwa z nich funkcjonują w warstwie fizycznej na poziomie pojedynczych bitów, a trzy pozostałe na poziomie wiadomości. Te funkcje to:

- bit monitoring - transceivery węzłów CAN są w stanie prowadzić równoległe nadawanie informacji połączone z kontrolą bieżącego stanu magistrali. Jeżeli w konkretnym momencie węzeł nadaje komunikat o najwyższym priorytecie i poziom aktualnie odczytanego bitu różni się od wysyłanego, to sygnalizowany jest błąd bitu;

- bit stuffing - mechanizm stuffingu w protokole CAN polega na tym, że w części ramki obejmującej start of frame, arbitration field, control field, data field i cyclic redundancy code sequence każde pięć kolejnych bitów o tym samym poziomie wzbogacane jest o dodatkowy szósty bit o przeciwnym poziomie do wychodzącego strumienia bitów. Transceivery węzłów odbiorczych usuwają ten bit (destuffing). Jeżeli więcej niż pięć kolejnych bitów występujących na magistrali ma ten sam poziom, sygnalizowany jest „stuff error”;

- cyclic redundancy check - metoda weryfikacji poprawności transmisji. Polega ona na wyliczaniu dla każdego transmitowanego bloku danych wielomianu kontrolnego po stronie węzła nadawczego i odbiorczego. Dowolny węzeł, który wykryje różnicę pomiędzy CRC zawartym w wiadomości i CRC samodzielnie wyliczonym, sygnalizuje CRC error;

- acknowledgement check - w strukturze komunikatu magistrali CAN, pomiędzy polem CRC, a bitem End of Frame zarezerwowano dwa bity (ACK Slot i ACK Delimiter). Nadawca transmituje bit ACK Slot jako bit recesywny. Jeśli węzeł odbierający wiadomość nie wykryje w wiadomości błędów, wprowadza do Acknowledgement Slot bit dominujący. Jeżeli nadajnik nie może wykryć poziomu dominującego w ACK Slot, wtedy rejestrowany jest acknowledgement error;



- frame check - większość pól ramki CAN ma stały format (np. SOF, CRC Delimiter, ACK Delimiter, EOF). Jeżeli dowolny kontroler przyłączony do magistrali CAN wykryje niewłaściwą wartość w jednym z tych pól, sygnalizuje błąd typu frame error.

## KONTROLERY WĘZŁÓW

Węzeł elektroniczny obsługujący konkretny podzespół pojazdu wyposażony jest w kontroler pozwalający na komunikację z przewodem/przewodami magistralnymi. Makroskopowo rozpatrywany kontroler stanowi całość, jednak należy wyróżnić w nim trzy elementy realizujące funkcje jednostkowe.

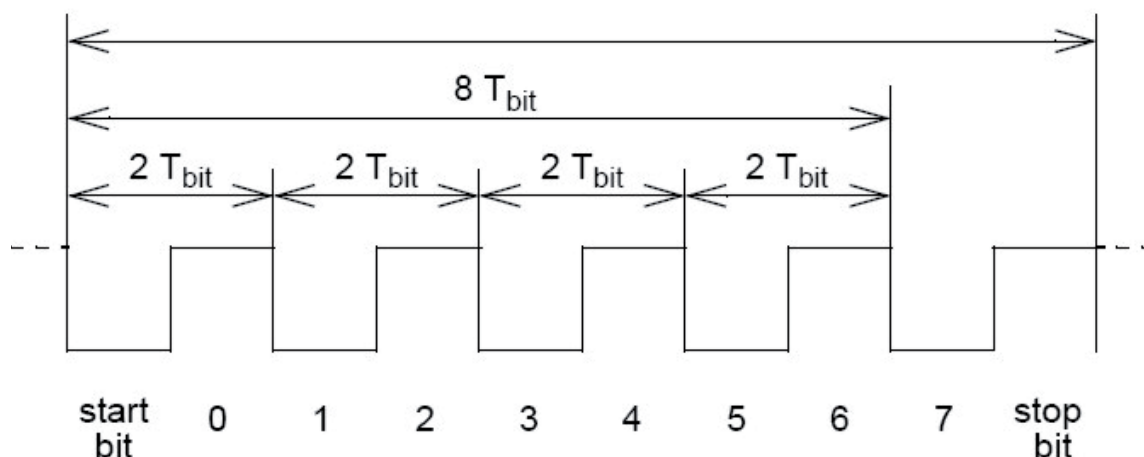
Bezpośrednie przyłączenie do przewodów magistralnych realizowane jest za pomocą **transceivera** (nadbiornika = nadajnik + odbiornik). Jego zadaniem jest konwersja danych binarnych pochodzących z kontrolera protokołu do poziomu napięć reprezentujących stany logiczne. Dzięki możliwości równoczesnego nadawania i śledzenia stanu magistrali umożliwia on detekcję błędów już na poziomie fizycznym. Dodatkowo transceivery mogą mieć wbudowane funkcje charakterystyczne dla protokołu takie jak np. wykrywanie 13-to bitej przerwy (LIN), ograniczenie wpływu zakłóceń elektromagnetycznych, formowania przebiegów, automatyczną obsługę funkcji usypiania i wybudzania. Potencjalnie układ transceivera może zostać zintegrowany z nadrzędnym dla niego układem kontrolera protokołu.

Za interpretację danych przekształconych z poziomów napięć na magistrali odpowiedzialny jest **kontroler protokołu**. Jego główne zadania to zapewnienie usług transmisji danych oraz żądań, wybór akceptowalnych wiadomości odebranych przez podwarstwę, zarządzanie odzyskiwaniem danych i informowanie o przeciążeniach, kontrola ramek, arbitraż, kontrola i sygnalizacja błędów, regulowanie parametrów czasowych funkcjonowania magistrali. Generalizując można powiedzieć, że zajmuje się nadrzędnie nadawaniem i odbieraniem danych. Kontroler protokołu ma za zadanie dostarczyć mikrokontrolerowi węzła wymaganych danych (ładunku ramki) lub skierować dane mikrokontrolera na magistralę.

Zadania na najwyższym poziomie realizowane są przez **mikrokontroler węzła**. Interpretuje on w warstwie aplikacji dane otrzymane przez kontroler protokołu i wymusza aktywność elementów elektromechanicznych węzła. Może realizować proste zadania sterowania na podstawie rozkazów otrzymanych w ramce protokołu, ale również możliwe jest aktywne uczestniczenie w przetwarzaniu danych poprzez wykrywanie błędów, sygnalizowanie błędów czy wymuszanie retransmisji danych. Z punktu widzenia komunikacji magistralnej najważniejsze są układy transceivera i kontrolera protokołu.

**LIN**. Koncepcja funkcjonowania sieci LIN opiera się na pojedynczym module master z wieloma modułami slave. Układ elektroniczny powinien być tani i oparty na typowym interfejsie sprzętowym (typowe elementy) lub równoważnym oprogramowaniu. Najważniejszym czynnikiem jest synchronizacja bez kwarcowych i ceramicznych rezonatorów w węzłach slave, co ma być czynnikiem znacząco obniżającym koszty obsługi węzła [3, 8].

Standardowo wzorca czasu trwania bitu dostarcza węzeł typu master. Pole synchronizacji ramki składa się z wartości „0x55” (rys. 6). Procedura synchronizacji opiera się na pomiarze czasu pomiędzy zboczami impulsów (2, 4, 6, 8 bitów). Zalecany jest pomiar różnicy pomiędzy zboczami bitu startowego i 7-go z kolei połączony z podziałem wyniku przez 8.



Rys. 6. Pole synchronizacji protokołu LIN [4]

Fig. 6. Sync byte field (LIN protocol) [4]

Dopuszczalne odchylenie częstotliwości węzłów od częstotliwości znamionowej wynosi dla węzła master  $< \pm 0,5 \%$ , zaś dla węzła slave bez synchronizacji  $< \pm 1,5 \%$ . Odchylenie węzła slave bez synchronizacji w stosunku do innych węzłów slave (np. tych które wykonały synchronizację) powinno być mniejsze niż  $\pm 14,0 \%$ . Generatory układów scalonych posiadają dokładność lepszą niż  $14 \%$  dzięki kalibracji wewnętrznej, która jest wystarczająca do wykrycia przerwy synchronizacyjnej.

**CAN.** Projektanci sieci komunikacyjnych muszą uwzględniać w nich występowanie węzłów obsługujących standard CAN 2.0A i 2.0B. Aktualnie produkowane kontrolery CAN zgodne z 2.0B mogą obsługiwać również ramki pochodzące od węzłów standardu 2.0A. Z drugiej strony należy rozpatrzyć wydajność kontrolerów. Występują dwie odmiany kontrolerów: Basic-CAN (podstawowy, goły) i Full-CAN (pełny, z kompletem funkcji). Kontroler Basic-CAN realizuje tylko podstawowe funkcje zarządzania komunikatami. Dysponuje buforem, którym zarządza lokalny mikrokontroler. Pojemność bufora jest ograniczona i dane pozostają w buforze zanim zostaną odebrane przez mikrokontroler. Jeśli dane już oczekują w buforze i pojawią się nowe dane, to w zależności od implementacji, „stary” komunikat z bufora jest nadpisywany lub „nowy” komunikat jest ignorowany [13]. Zaletami takich kontrolerów są małe gabaryty i niska cena.

Kontrolery Full-CAN posiadają bufor na 8 lub 16 komunikatów, które mogą być dodatkowo konfigurowane do nadawania lub odbierania. Filtracja komunikatów wykonywana jest sprzętowo. Powoduje to odciążenie mikrokontrolera. System ma więcej czasu na przetwarzanie odebranych i przygotowywanie nowych wiadomości [13]. Kontrolery CAN mogą być wykonywane jako wolnostojące, samodzielne lub w postaci układów kontrolerów zintegrowanych z mikrokontrolerami węzłów (rozwiązanie stosowane coraz częściej) [2].

Mimo twierdzeń o niskonakładowości sieci bazującej na LIN prezentowanych przez konsorcjum LIN i potwierdzanych przez niektórych autorów, trudno jest znaleźć silne ekonomiczne uzasadnienie do zastosowania magistrali LIN [5]. Ceny elementów elektronicznych (transceiverów, kontrolerów) dystrybuowanych przez dużych dostawców elementów elektronicznych nie wykazują wielkiej rozbieżności cen pomiędzy elementami dedykowanymi dla sieci LIN i CAN. Niekiedy kontrolery zapewniają obsługę obu tych protokołów. Poniżej zamieszczono krótkie zestawienie cenowe wybranych elementów obu magistral bazujące na cenach takich dystrybutorów jak Digi-Key

Corporation (701 Brooks Avenue South, Thief River Falls, MN 56701 USA) i Future Electronics (237 Hymus Boulevard, Pointe Claire, QC, H9R 5C7, Kanada).

Tabela 1. Zestawienie cen wybranych elementów elektronicznych dla magistral CAN i LIN

Table 1. The list of prices of chosen electronic elements for CAN and LIN buses

Kod elementu (producent) /opis	Cena USD (liczba sztuk)
TH8055 (Melexis) / Single Wire CAN Transceiver, zgodny z normą J2411 Single Wire CAN dla klasy B	1,19 (1000 szt.)
TH8056(TH8056KDC-A8-ND) (Melexis) / Single Wire CAN Transceiver Fully, zgodny z GMW3089 V2.3 and J2411 Single Wire CAN specification.	1,02 (2500 szt.)
TH8062 (Melexis) / LIN Transceiver ze zintegrowanym regultorem napięcia, zgodny z LIN Specification 2.x	1,48 (1000 szt.)
TH8082 (Melexis) / LIN Transceiver with INH Control	0,82 (1000 szt.)
TH8082KDC (Melexis) LIN Transceiver with INH Control	3,17 (1 szt.)
TH8056KDC-A8 (Melexis) / Single wire CAN transceiver	3,94 (1 szt.)
TJA1020T/N1 (NXP /Philips) / LIN Transceiver, ver. 1.3.	0,61 (2500 szt.)
MC56F8002VWL (Freescale) / Microcontroller LIN, SCI, SPI	2,31 (1000 szt.)
HC08E (Freescale) / LIN Microcontroller	7,06 (250 szt.)
SJA1000 (NXP Semiconductors) / Controller for the CAN	3,28 (1000 szt.)
MC68HC908EY16,8 (Freescale) Microcontroller LIN, SCI, SPI	7,41 (2000 szt.)
ATA6612 LIN SiP (Atmel) / System-in-Package Solution Including Microcontroller (8k flash), and LIN Transceiver	2,99 (1000 szt.)
ATA6662 (Atmel) /LIN Transceiver, Physical Layer 2.1	0,66 (4000 szt.)
B10011S (Atmel) / Low-speed CAN Transceiver for High Transmission Levels	2,93 (4000 szt.)
ATmega16M1 (Atmel) / CAN Controller with 6 message-objects, LIN Controller	3,56 (4000 szt.)

Zestawienie rzeczywistych cen wybranych transceiverów i kontrolerów magistral LIN i CAN wykazuje brak jednoznacznej przewagi cenowej dla produktów dedykowanych do jednej z magistral. Porównanie jest poglądowe, ponieważ nie zawiera wszystkich parametrów technicznych elementów. Wskazuje jednak na wzajemny stosunek cenowy. Ceny urządzeń dedykowanych dla LIN są niższe niż w przypadku CAN, ale zasada ta nie zawsze obowiązuje i stosunek cen nie wynosi 2 do 1. Ciekawym rozwiązaniem jest mikrokontroler ATA6612 łączący w sobie zarówno kontroler komunikacyjny jak transceiver magistrali LIN.

## WNIOSKI

Niezagrożona pozycja magistrali Controller Area Network w stosunku do Local Interconnect Network wynika z poniższych powodów:

1. Odmiany protokołu CAN mogą być stosowane nie tylko w klasie B, tak jak LIN, ale również w klasie C, w której LIN nie znajdzie zastosowania ze względu na zbyt niską prędkość transmisji oraz niższy poziom bezpieczeństwa.

2. Specyfikacja magistrali LIN zawiera precyzyjny opis projektowania, programowania i definiowania roli węzłów w sieci LIN. Jednak dotychczasowa popularność protokołu CAN, a co za tym idzie znajomość programowania magistral z tym protokołem, istnienie narzędzi projektowych, rozpowszechnienie urządzeń diagnostycznych nie pozwala na natychmiastowe wyparcie przez Local Interconnect Network.

3. W warstwie fizycznej magistrale LIN i CAN (Low Speed) udostępniają podobną liczbę węzłów, zbliżone długości magistrali (40 m). Podobnie preferowana w obu przypadkach jest topologia magistrali liniowej. Wykrywanie i obsługa błędów jest lepiej realizowana w sieci CAN. Sieć LIN dostarcza mniejszej liczby możliwych (różnych względem siebie) komunikatów (LIN - 60÷64 różne komunikaty, CAN – minimum  $10^{11}$  komunikatów).

4. Deklarowany koszt obsługi węzła sieci LIN nie jest dwukrotnie niższy niż koszt obsługi węzła CAN, a taki czynnik był brany pod uwagę jako decydujący o rozpowszechnieniu się magistrali LIN. Przyczyną jest masowa produkcja transceiverów magistrali Low Speed CAN, przez co jednostkowy koszt elementu jest porównywalny lub nieznacznie wyższy niż w przypadku LIN.

## PIŚMIENNICTWO

- Bosch R. GmbH 1991.: CAN Specification. Version 2.0. Stuttgart.
- Bosch R. GmbH 2008.: Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa.
- DeNuto J., Ewbank S., Kleja F., Lupini C. A., Perisho R.A. 2001.: LIN Bus and its Potential for use in Distributed Multiplex Applications. SAE 2001 World Congress, Detroit, Michigan, USA.
- LIN Consortium 2006: LIN Specification Package Revision 2.1. <http://www.lin-subbus.org/index.php?pid=7&lang=en&sid=40196e2bfe83bdc51aa65e0d4f79ef26>.
- Parnell K. 2004.: LIN Bus – A Cost-Effective Alternative to CAN. Xcell Journal, [http://www.xilinx.com/publications/xcellonline/xcell\\_51/xc\\_pdf/xc\\_linbus51.pdf](http://www.xilinx.com/publications/xcellonline/xcell_51/xc_pdf/xc_linbus51.pdf).
- 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>.
- Valdorf J., Gessner W. 2003.: Advanced Microsystems for Automotive Applications 2003. Springer-Verlag Berlin.
- 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-distrib&catpath=communications>.
- Widerski T. 2005.: Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik serwisowy, 5/2005, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa.
- Widerski T., Kędziński J. 2004.: Samochodowe sieci informatyczne (CAN). Auto Moto Serwis, 4/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 38-42.
- Widerski T., Kędziński J. 2004.: Samochodowe sieci informatyczne (MOST). Auto Moto Serwis, 6/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 35-37.

- Widerski T., Kędzierski J. 2004.: Samochodowe sieci informatyczne (LIN, FlexRay). Auto Moto Serwis, 7-8/2004, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa, s. 44-46.
- Zimmermann W., Schmidgall R. 2008.: Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa.

## THE FUTURE OF LOCAL INTERCONNECT NETWORK BUS

**Summary.** Probably, nobody assumed how the drawing up of “Clean Air Act” and establishing of Environmental Protection Agency (EPA) by the Congress of the United States of America had effected on evolution of vehicle industry (1970). The main function of first, simple monitoring systems was monitoring of fuel injection in real time and limitation of emission of the environmental pollution. These systems evolved into systems of monitoring correctness of functioning sub-assemblies of vehicles. Actually nearly every electromechanical sub-assembly of the vehicle can communicate with another one using communication bus. Today, even elements of multimedia systems of cars can communicate with one another using digital multimedia buses. The paper contains comparison of parameters of two different bus protocols: Controller Area Network and Local Interconnect Network. The paper is attempt of answer on question, why the protocol officially presented in year 1986 (CAN) couldn't be supplanted by new solution introduced in year 2001 (LIN).

**Key words:** bus protocols, Controller Area Network - CAN, Local Interconnect Network - LIN.

## EKOLOGICZNE ASPEKTY ZMIAN KONSTRUKCYJNYCH W TŁOKOWYCH SILNIKACH SPALINOWYCH

Mirosław Uzdowski

Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono niektóre rozwiązania konstrukcyjne poprawiające parametry robocze tłokowych silników spalinowych. Celem ich wdrażania jest ograniczenie szkodliwego oddziaływania pojazdów na środowisko.

**Słowa kluczowe:** silnik spalinowy, ekologia, doładowanie, środowisko, downsizing.

### WSTĘP

Od kilkunastu lat przemysł motoryzacyjny i konstruktorzy poszukują intensywnie rozwiązań mających na celu ograniczenie emisji toksycznych substancji zawartych w gazach wylotowych silników pojazdów. Wyczerpujące się złoża ropy naftowej i coraz wyższe koszty wydobycia i poszukiwania nowych, skłaniają do zwiększonej intensywności badań nad unowocześnieniem dotychczasowych konstrukcji silników i możliwości stosowania paliw alternatywnych. Mówi się też o innych rozwiązaniach źródeł napędu dla pojazdów wskazując w przyszłości na napęd elektryczny. W dniu dzisiejszym jednak, najnowocześniejsze akumulatory są w stanie zmagazynować około stu razy mniej energii w jednostce swojej masy niż paliwa ropopochodne. Perspektywa wdrożenia napędu elektrycznego wydaje się być jeszcze odległa pomimo intensywnych prac nad ogniwami paliwowymi będącymi pokładowymi wytwornicami energii elektrycznej. Przyszłość rodzaju i typu źródła napędu jest także determinowana przez koszty i dostępność. Na dzień dzisiejszy rozsądnym rozwiązaniem wydaje się zwiększanie sprawności silników konwencjonalnych mając na uwadze aspekty ekologiczne i przyszłe nośniki energii odnawialnej w postaci między innymi biopaliw. Tłokowy silnik spalinowy stanowi główne źródło szkodliwych związków emitowanych przez pojazdy samochodowe. Skład gazów wylotowych w dużym stopniu zależy od rodzaju silnika (zapłon iskrowy, zapłon samoczynny), jego stanu technicznego i cieplnego oraz rodzaju paliwa. Przeciętny skład spalin tłokowych silników spalinowych przy zasilaniu paliwami tradycyjnymi przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Przeciętny skład spalin różnych tłokowych silników spalinowych [Gronowicz 2004]  
 Table 1. Average fume content of different combustion piston engines

Składniki	% w sumarycznej objętości		Uwagi
	Silniki ZI	Silniki ZS	
Azot (N)	71,0 – 76,0	76,0 – 77,0	Nietoksyczny
Tlen (O)	0,1 – 2,0	10,0 – 16,0	Nietoksyczny
Para wodna (H <sub>2</sub> O)	7,0 – 11,0	3,5 – 5,0	Nietoksyczny
Dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	6,5 – 14,0	3,5 – 7,0	Nietoksyczny
Wodór (H)	0,1 – 4,0	0 – 0,1	Nietoksyczny
Tlenek węgla (CO)	2,0 – 10,0	0,01 – 0,1	Toksyczny
Tlenek azotu	0 – 0,8	0 – 0,5	Toksyczny
Węglowodory	0,1 – 1,0	0,01 – 0,4	Toksyczny
Aldehydy (RCHO)	0 – 0,3	0 – 0,03	Toksyczny
Dwutlenek siarki	Ok. 0,01	Ok. 0,04	Toksyczny
Cząstki stałe	-	0,007	Toksyczny

## NORMY PRAWNE REGULUJĄCE POZIOM EMISJI

W krajach europejskich poziom zanieczyszczenia powietrza przez spaliny pojazdów regulowany jest normami o nazwie EURO z odpowiednim numerem. Numeracja od EURO 0 do EURO 6 odnosi się do pojazdów produkowanych i rejestrowanych po raz pierwszy w określonym czasie. Norma EURO 0 dotyczy silników pojazdów wyprodukowanych do 1992 roku. EURO 6 ma obowiązywać od 1 września 2015 roku na wszystkie nowe modele pojazdów. Regulacje prawne zawierają dopuszczalne wartości zanieczyszczeń spalin niedopalonymi węglowodorami HC i HC+NO<sub>x</sub>, tlenkami azotu NO<sub>x</sub>, tlenkiem węgla CO, a także cząstkami stałymi (w odniesieniu do silników o zapłonie samoczynnym).

W tabeli 2 przedstawiono przykładowo europejskie standardy emisji dla pojazdów osobowych (max 8 miejsc + 1) o maksymalnej masie całkowitej do 2500 kg. Poziom emisji jest oceniany według procedury badawczej nowego europejskiego cyklu jezdnego NEDC (New European Driving Cycle) 2000. Procedura ta obowiązuje dla norm emisji EURO 3, EURO 4, EURO 5 i przyszłościowo dla EURO 6.

Tabela 2. Obecne i przyszłe limity emisji spalin według Norm EURO [Łęgewicz 2008]  
 Table 2. Present and future fumes emission standards according to the Norm EURO

		Data wejścia w życie	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	HC+NO <sub>x</sub> (g/km) (dla ZS); HC (g/km) (dla ZI)	Cząstki stałe
EURO 3	Silniki ZI	1.10.2001	2,30	0,15	0,20	-
	Silniki ZS		0,64	0,50	0,56	0,05
EURO 4	Silniki ZI	1.10.2006	1,0	0,08	0,10	-
	Silniki ZS		0,50	0,25	0,30	0,025
EURO 5	Silniki ZI	1.09.2009 (planowana)	1,0	0,06	0,10	0,005*
	Silniki ZS		0,50	0,20	0,25	0,005
EURO 6	Silniki ZI	1.09.2014 (planowana)	1,0	0,06	0,10	0,005*
	Silniki ZS		0,50	0,08	0,17	0,005

\* Odnosi się tylko do silników z bezpośrednim wtryskiem

\* Refers only to direct injection engines

## WYMAGANIA RECYKLINGU

Recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji (SWE) staje się jednym z najważniejszych problemów ekologiczno-materiałowych z jakimi boryka się przemysł samochodowy z powodu silnej presji obrońców środowiska naturalnego oraz legislacyjnych unormowań wielu krajów.

W roku 2000 Unia Europejska przyjęła Dyrektywę (2000/53/CE) dotyczącą samochodów wycofanych z eksploatacji. Założeniem było poszukiwanie sposobów zapobiegania powstawaniu odpadów, ograniczenie ich ilości oraz zwiększenie stopnia powtórnego wykorzystania, recyklingu i regeneracji podzespołów pojazdów wycofanych z eksploatacji. Dyrektywa promuje również proekologiczne konstrukcje, stosowanie materiałów łatwoprzetwarzalnych i doskonalenie działań w zakresie ochrony środowiska dla wszystkich podmiotów zaangażowanych w końcowym etapie istnienia pojazdów (głównie stacji demontażu pojazdów i firm rozdrabniających złomowane pojazdy).

W celu spełnienia wymogów recyklingu koniecznym jest wdrażanie zmian już na etapie projektowania jednostek napędowych. Wymaganie jakie muszą uwzględniać konstruktorzy można przedstawić następująco [Dyszy 2008]:

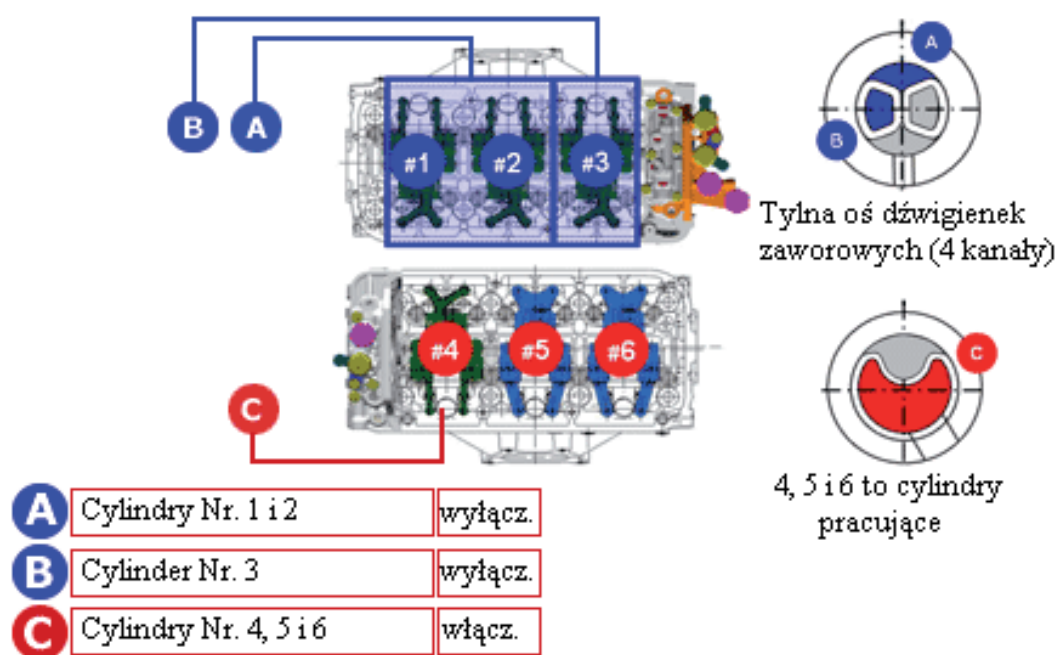
- minimalizacja odpadów (zmniejszenie udziału materiałów niebezpiecznych w konstrukcji silników, zmniejszenie ilości lub całkowite wyeliminowanie materiałów nie nadających się do recyklingu, zmniejszenie masy jednostek napędowych, przedłużenie okresu eksploatacji),
- rozszerzenie możliwości ponownego wykorzystania (zwiększenie trwałości wybranych elementów i części silnika, ułatwienie demontażu zespołów, podzespołów i części),
- stosowanie materiałów ułatwiających recykling (ograniczenie rodzajów materiałów, a szczególnie różnych typów tworzyw sztucznych, ograniczenie stosowania materiałów kompozytowych uniemożliwiających ich rozdzielenie, znakowanie poszczególnych rodzajów tworzyw sztucznych, większą unifikację części i elementów silników).



## KIERUNKI ROZWOJU TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

**Downsizing**

Obecnie mocno preferowaną tendencją w rozwoju tokowych silników spalinowych jest downsizing. Termin ten w praktyce oznacza zmniejszenie głównych wymiarów silnika przy zachowaniu podstawowych jego parametrów, czyli zwiększeniu wartości wskaźników jednostkowych. Zabieg downsizing'u dotyczy zarówno silników ZI jak i ZS, a jego cechą charakterystyczną jest zastosowanie nowoczesnych systemów doładowania. W metodzie downsizing'u można wykorzystać system dynamiczny i statyczny. System dynamiczny stosowany jest głównie w silnikach wielocylindrowych o dużej pojemności skokowej i polega na okresowym wyłączaniu części cylindrów i czasowym zmniejszaniu objętości skokowej. Opracowany został przez firmę Honda a zarządzanie zmienną pracą cylindrów nosi nazwę VCM (Variabile Cylinder Management). Wykorzystano go w silniku ZI V6 3,5i – VTEC montowanym w modelu Accord. W fazie pracy silnika z małym obciążeniem w czasie jazdy z małą prędkością, wyłączane zostają z pracy dwa cylindry znajdujące się w przednim i tylnym rzędzie cylindrów widlastego silnika. W czasie zjazdu ze wzniesień lub poruszania się z bardzo małą prędkością przy niskim obciążeniu wyłączane są dwa kolejne cylindry z jednego rzędu, włączany jeden z drugiego, a silnik pracuje na trzech cylindrach (rys. 1).



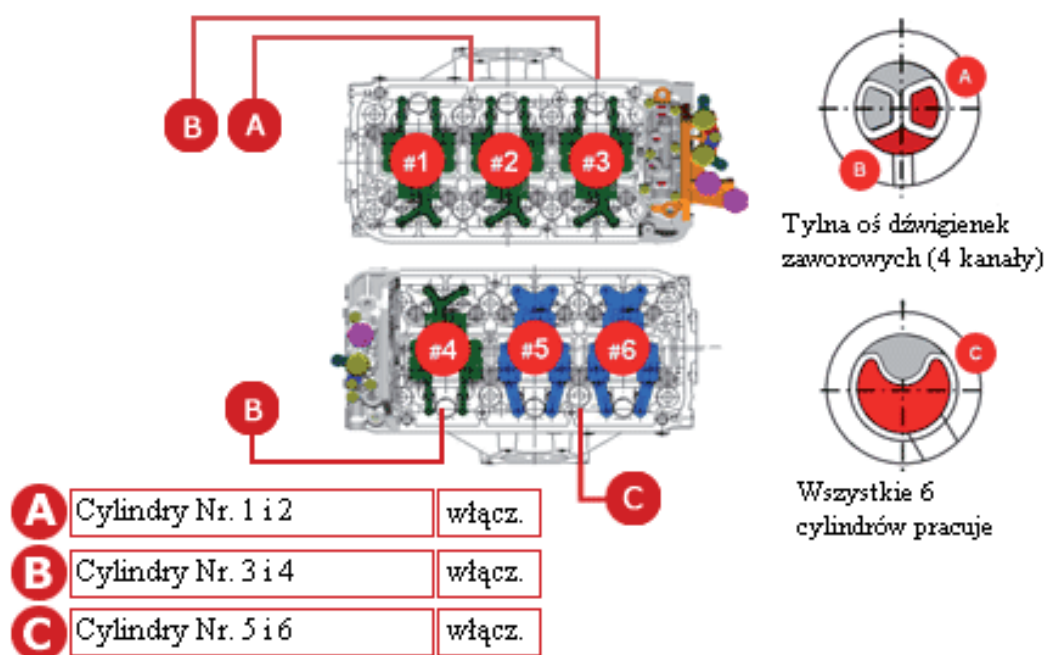
Rys. 1. Praca silnika w systemie VCM – tryb trzech aktywnych cylindrów [www.vcm643.com]

Fig. 1. Work of the engine in VCM system – application of three active cylinders

W chwili wzrostu zapotrzebowania na pełną moc silnik przechodzi w tryb pracy na wszystkich cylindrach (rys. 2).

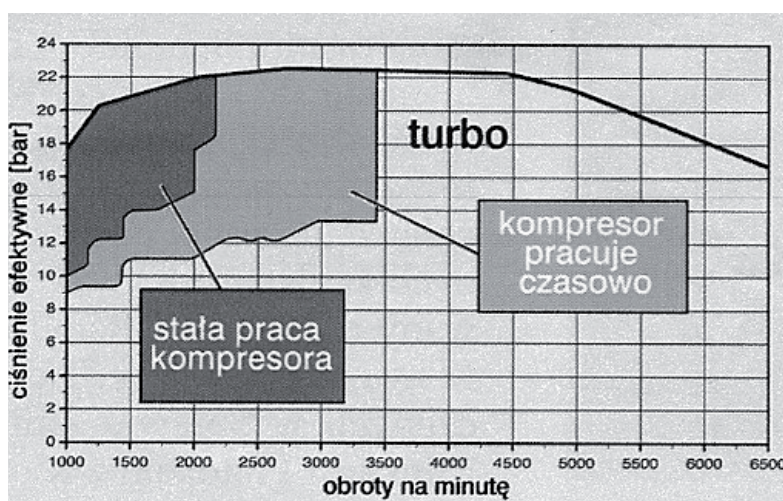
Znacznie częściej wykorzystywanym w praktyce jest downsizing statyczny polegający na zmniejszaniu głównych wymiarów silnika lub ograniczaniu liczby cylindrów. Oprócz tego system ten wymaga opracowania odpowiedniego sposobu doładowania i zmiany układu zasilania charakteryzujących się korzystnym przebiegiem charakterystyki silnika. Dodatkowo wymusza właściwy dobór materiałów konstrukcyjnych ze względu na znaczne zwiększenie obciążeń mechanicznych i termicznych. Zmianie musi też ulec układ chłodzenia silnika. Zmiana sposobu doładowania polega

na wykorzystaniu dwóch sprężarek: mechanicznej i turbosprężarki. Przy mniejszych prędkościach obrotowych wału korbowego powietrze trafia w pierwszej kolejności do sprężarki mechanicznej typu Roots'a. Szeregowo z nią umieszczona zostaje turbosprężarka. W miarę wzrostu prędkości obrotowej wału korbowego silnika, coraz większa część powietrza atmosferycznego kierowana jest przez zawór obejściowy do turbosprężarki, aż do chwili, gdy całe powietrze zasysane przechodzi przez turbosprężarkę, intercooler i przepustnicę. Wówczas sprzęgło elektromagnetyczne rozłącza napęd sprężarki mechanicznej. Kluczowym zagadnieniem jest zgranie pracy obu sprężarek tak, aby system zapewniał właściwe, wymagane parametry pracy silnika w całym zakresie roboczym. Przykład zakresów pracy takiego kombinowanego systemu pracy sprężarek przedstawia rys. 3.



Rys. 2. Praca silnika w systemie VCM – tryb sześciu aktywnych cylindrów [www.vcm643.com]

Fig. 2. Work of the engine in VCM system – application of six active cylinders



Rys. 3. Zakresy pracy doładowania mechanicznego (kompresora) i turbodoładowania w silniku 1,4 TSI 125 kW [Dyszy 2007]

Fig. 3. Work range of mechanical charging (compressor) and turbo-charging in the engine 1,4 TSI 125 kW

### Sterowanie procesem spalania mieszanki

W silnikach ZI dąży się do spalania mieszanek ubogich. W tym przypadku występuje jednak wiele problemów z realizacją sprawności spalania. W przypadku mieszanek o  $\lambda \approx 1$  (zbliżonych do stechiometrycznych) realizacja właściwej sprawności spalania nie następuje trudności. Drogą do umożliwienia spalania bardzo ubogich mieszanek jest uwarstwienie ładunku, gdzie zapłon następuje w strefie o składzie zbliżonym do stechiometrycznego. Uwarstwiony ładunek daje możliwość oddzielenia mgły paliwowej od ściany komory spalania, zmniejszając toksyczność spalin.



Rys. 4. Elementy składowe systemu Motronic MED17 [Dyszy 2008]

Fig. 4. Elements of the system Motronic MED17

Funkcję wieloparametrowej optymalizacji pracy silnika umożliwiają wprowadzane elektroniczne układy sterujące. Przykładem takiego systemu jest Motronic MED17 (rys. 4) służący jako wspólny podzespół w sterownikach zarówno silników ZI, jak i ZS. Jest to układ bezpośredniego wtrysku do silników zasilanych benzyną. Działa według zasady wtrysku warstwowego. Sterowniki tego typu mogą być także adoptowane do indywidualnych potrzeb użytkowników oraz różnych wymagań rynku motoryzacyjnego. W trybie pracy na ubogich mieszankach warstwowych tlenki azotu nie mogą być rozkładane przez tradycyjny reaktor katalityczny. Zjawisko to spowodowało potrzebę opracowania nowego reaktora zbiornikowego wymagającego okresowo regeneracji. W tym celu układ Motronic MED17 czasowo przełącza silnik z trybu pracy na ubogiej mieszance uwarstwionej na tryb normalnej mieszanki jednorodnej. Motronic MED17 umożliwia również zasilanie silników paliwami alternatywnymi (np. wersja Motronic BiFuel czy Flex Fuel).

### Kształtowanie układu dolotowego

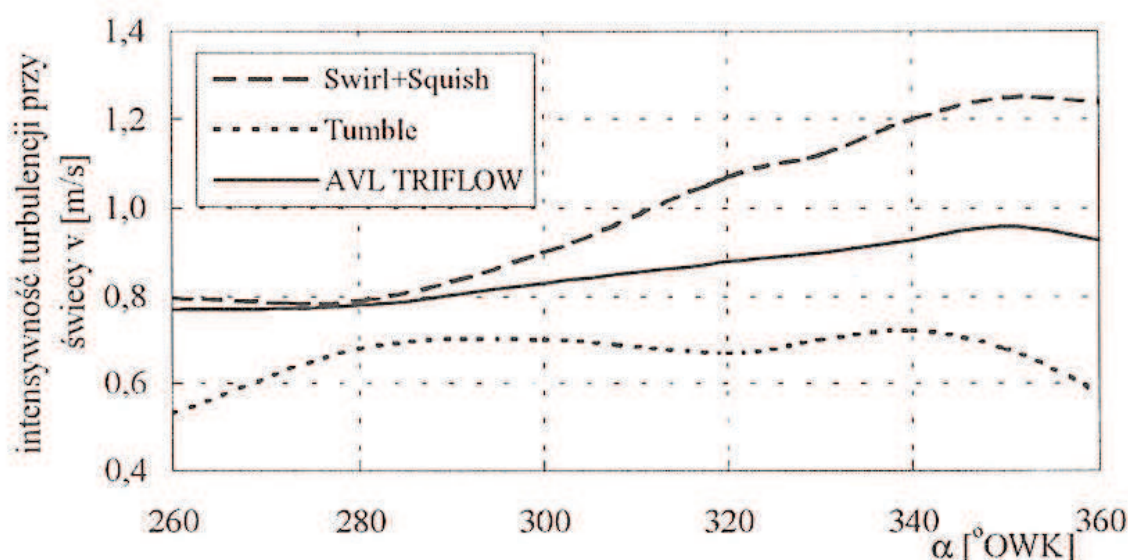
Różne rozwiązania stosowane w tym układzie mają na celu:

- uzyskanie dużego wiru w skali makro (tumble – wiru o osi prostopadłej do osi cylindra w rezultacie wpływu przez zawory, a także wynika z ukształtowania komory spalania,

squish – wiru wynikającego z wypływu objętości wyciskanych, swirl – wiru dużego obrotowego (obwodowego) powstającego wzdłuż ścianki cylindra i wynikającego z wypływu przez zawory.

- wytworzenie turbulencji przepływu ładunku (zawirowania w skali mikro),
- uzyskanie doładowania dynamicznego.

W systemach wykorzystujących wytwarzanie powyższych zjawisk sterowanie procesem napełnienia przy różnych prędkościach obrotowych wału korbowego odbywa się za pomocą VIS (Variable Intake – Air System). Oznacza on zmienny system kanałów dolotowych umożliwiających uwarstwienie ładunku. W Instytucie AVL opracowano system TRI-FLOW polegający na utworzeniu w zagłębieniu tłoka turbulentnego pola przepływu, które wykorzystuje energię wcześniej powstałego wiru typu swirl. W końcu suwu sprężania pole to tworzą wielokrotne drobne zawirowania o kierunku macierzystego wiru. Uzyskuje się przez to większą intensyfikację turbulencji w pobliżu elektrod świecy zapłonowej (rys. 5).



Rys. 5. Zmiany turbulencji w strefie świecy zapłonowej w systemie TRI-FLOW (w suwie sprężania) [Fraidl i inni 1997]

Fig. 5. Changes of turbulence in the sparkle zone in the TRI-FLOW system (during the compression)

#### – Sterowanie pracą układu rozrządu

Jednym z najistotniejszych czynników oddziaływania na pracę silnika przy różnych stanach obciążenia są fazy rozrządu. Do chwili obecnej znalazły zastosowanie lub są w fazie prób następujące systemy sterowania pracą zaworów:

- zmienne fazy rozrządu – sterowanie przełączaniem profili krzywek,
- mechaniczne układy zmiennego rozrządu,
- bezkrzywkowe układy elektromagnetyczne,
- rozrząd krzywkowy z elektrohydraulicznym sterowaniem zaworami.

Wykorzystując zmienne fazy rozrządu można również polepszyć pracę silnika zaraz po zimnym rozruchu i obciążeniach częściowych. W zależności od szybkości przestawiania krzywek system taki może być wykorzystany do sterowania recyrkulacją spalin (EGR) na obciążeniach częściowych i sterowania silnikiem bez przepustnicy. Jeszcze lepsze rezultaty ekologiczne są

możliwe jeżeli przestawianie faz rozrządu połączone zostaje ze zmianą profilu krzywek. Tego typu układy znajdują zastosowanie w silnikach wysokoobrotowych.

– **Układ zasilania**

W silnikach ZI nowością kilka lat temu stał się system DGI (Direct Gasoline Injection) wprowadzony po raz pierwszy na rynku japońskim. W systemie tym wtryskiwacz umieszczony był z boku cylindra (rys. 6). Droższe i trudniejsze technologicznie jest rozwiązanie z centralnym wtryskiem benzyny tzw. air lub spray guide (kierowanie strumieniem wtrysku). Konstrukcja takiego systemu wykorzystuje wtryskiwacze piezoelektryczne o ciśnieniu wtrysku 20 MPa posiadające możliwość dzielenia wtrysku na trzy podstawowe fazy i liczne „podfazy”. System ten w Mercedes-Benz nosi skrót CGI, a w BMW skrót HPI.



Rys. 6. Przykład rozwiązania typu DGI. Wtryskiwacz umieszczony z boku cylindra [Dyszy 2008]

Fig. 6. An example of solution type DGI. The injector is placed at the side of the cylinder

## PODSUMOWANIE

Możliwości sterowania procesami spalania w tłokowych silnikach spalinowych, sposobem przygotowania mieszanki palnej, recyrkulacją spalin wydają się podstawowymi elementami determinującymi zagadnienie ekologiczności silników. W większości ośrodków badawczo-rozwojowych przemysłu motoryzacyjnego zauważyć można intensyfikację badań nad rozwojem układów zasilania silników paliwem i powietrzem. Stosowanie systemów recyrkulacji spalin EGR,

zmiennych faz pracy rozrządu VVT oraz różnych sposobów kształtowania strug powietrza dostarczanego do cylindrów znacząco się upowszechniło. Popularna tendencja downsizing'u opartego na wykorzystywaniu skomplikowanych zespołów doładowania przy jednoczesnym obniżaniu masy i objętości skokowej silników ma również możliwości coraz szerszego stosowania. Wszystkie te zmiany determinowane są przez rozwój elektroniki obejmującej już niemal wszystkie zespoły silników i pojazdów. Możliwości szybszego przetwarzania danych, coraz większa precyzja czujników i sterowników przyspieszają oraz stwarzają perspektywę zwiększania stopnia dostosowania parametrów pracy silników do wymagań warunków ruchu drogowego przy ograniczaniu szkodliwości dla środowiska naturalnego.

## PIŚMIENNICTWO

- Brzeżański M., Śliwiński K. 2004.: Downsizing – nowy kierunek rozwoju silników samochodowych. *Silniki Spalinowe* nr 2/2004
- Dyszy J., Zienkiewicz B. 2007.: Obrona benzynowych. *Auto-Technika Motoryzacyjna* 7-8/2007
- Dyszy J. 2008.: Oszczędna limuzyna. *Auto-Technika Motoryzacyjna* 1/2008
- Fraidl G. K., Pioek W. F., Wirth M. 1997.: Gasoline Direct Injection: Aktual trend and future strategies for injection and combustion system. AVL List, Graz
- Gronowicz J. 2004.: Ochrona środowiska w transporcie lądowym. Instytut Technologii Eksploatacji – PIB. Poznań
- Łęgeiwcz J. 2008.: Czyszczenie diesla. *Auto-Technika Motoryzacyjna* 2/2008
- Toyota Motor Marketing Europe: Recykling samochodów, listopad 2002
- <http://www.vcm643.com>

## ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CHANGE IN COMBUSTION ENGINES CONSTRUCTION

**Summary.** The paper presents selected design solutions to improve the operational characteristics of internal combustion engines. Their purpose is to reduce the harmful impact of implementation of vehicles on the environment.

**Key words:** combustion engine, ecology, charge, environment, downsizing.

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOGAZU DO ZASILANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH

Mirosław Uzdowski

Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono wybrane zastosowania gazowych nośników energii pochodzenia biologicznego. Skupiono uwagę na produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem gazów z oczyszczalni ścieków, wysypisk komunalnych i fermentacji oraz zgazowywania zrąbków wierzby energetycznej.

**Słowa kluczowe:** biogaz, gaz wysypiskowy, gaz generatorowy, środowisko.

### WSTĘP

Pochodzenie biogazu może być wielorakie i stąd występuje wiele jego definicji. Ogólnie jest to mieszanina głównie metanu i dwutlenku węgla powstająca podczas fermentacji substancji organicznych. Biogaz jest naturalną substancją palną otrzymywaną z produktów roślinnych, odchodów (głównie zwierzęcych) i ścieków. Czasami nazywany jest również gazem gnilnym, gazem błotnym lub gazem wysypiskowym, jeżeli pozyskiwany jest ze składowiska odpadów komunalnych. W zależności od miejsca pochodzenia skład biogazu może być różny, co przedstawiono w tabeli 1 i tabeli 2.

Silnik spalinowy zasilany biogazem wymaga zmian konstrukcyjnych w celu adaptacji do tego rodzaju paliwa. Zmiany te obejmują układ paliwowy, układ zapłonowy (dodawany), kolektory dolotowe, filtr powietrza, układ smarowania (zmiana rodzaju oleju smarującego). Wprowadzić należy też dodatkowe czujniki monitorowania temperatury elementów silnika, mieszalnik gazu i powietrza oraz stabilizację prędkości obrotowej. W celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika należy zastosować systemy zabezpieczające przed wybuchem mieszanki gazu z powietrzem oraz silnik przed uszkodzeniem.

W skład zespołu Małej Elektrowni Biogazowej (MEB), najczęściej zalecanej dla wysypisk odpadów i dużych gospodarstw rolnych wchodzi:

- zespół prądotwórczy składający się z silnika spalinowego zasilanego biogazem i połączonej z nim prądnicy. Całość stanowi sztywną konstrukcję wspartą na elastycznych elementach amortyzujących,

- szafa energetyczno-sterownicza zawierająca aparaturę kontrolno-pomiarową, moduł dozoru wybranych parametrów silnika, zabezpieczenia oraz wyłącznik główny do załączania zespołu do sieci,
- kontener zespołu prądowórczego wraz z bezpieczną instalacją 24V.

Tabela 1. Przeciętny skład biogazu wysypiskowego [Opaliński 1995]  
Table 1. Average composition of landfill gas

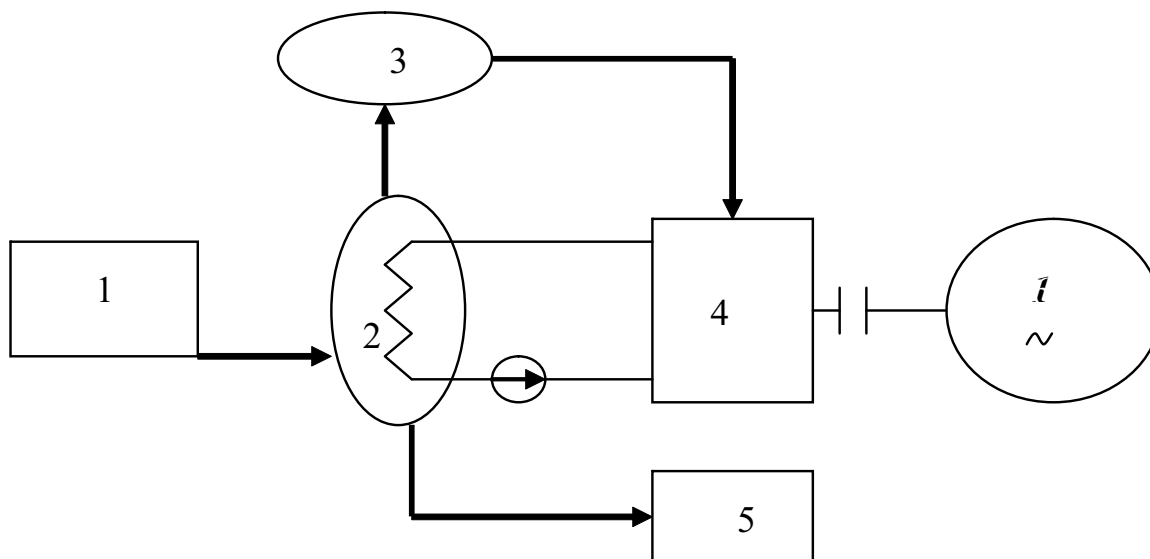
Główne składniki	Średnia zawartość w biogazie [%]
Metan CH <sub>4</sub>	52 – 85
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	14 – 48
Siarkowodór H <sub>2</sub> S	0,08 – 5,5
Wodór H <sub>2</sub>	0 – 5
Tlenek węgla CO	0 – 2,1
Azot N	0,6 – 7,5
Tlen O <sub>2</sub>	0 – 1
Wartość opałowa	10,6 – 12 [MJ/nm <sup>3</sup> ]

Tabela 2. Przeciętny skład chemiczny różnych biogazów [Borecki, Szwaja 2006]  
Table 2. Average chemical composition of different biogases

Główne składniki	Średnia zawartość w biogazie [%]		
	Biogaz z fermentacji	Gas generatorowy	Gas syntezowy (zgaszowanie z czystym tlenem)
Metan CH <sub>4</sub>	60 – 65	0 – 5	4 – 8
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	30 – 35	10 – 20	5 – 15
Woda H <sub>2</sub> O	min.	0 – 20	0 – 15
Wodór H <sub>2</sub>	–	8 – 18	30 – 40
Tlenek węgla CO	–	15 – 25	30 – 55
Azot N	–	35 – 55	3 – 4
Wartość opałowa	22 – 28 [MJ/nm <sup>3</sup> ]	4,5 – 6 [MJ/nm <sup>3</sup> ]	10 – 13 [MJ/nm <sup>3</sup> ]

Zespół MEB służy głównie do zaspokajania własnego zapotrzebowania na energię, ale także można go wykorzystywać w chwilach nadwyżki produkcji energii, do współpracy Ogólnokrajową Sieci Energetyczną. Instalowanie agregatów prądowórczych oraz wytwarzających energię ciepłą powinno wiązać się zawsze z dokładnym określeniem zapotrzebowania na biogaz i zbilansowania go z możliwościami pozyskania (arealy uprawy wierzby, pojemność wysypiska odpadów, objętość odchodów zwierzęcych itp.). Brak dokładnej analizy wstępnej może spowodować, że poniesione koszty na inwestycję okażą się nieuzasadnione. Uproszczony schemat instalacji wykorzystania biogazu przedstawiono na rys. 1.





Rys. 1. Schemat wykorzystania biogazu do produkcji energii elektrycznej [Kalina i inni]

1 – zbiornik osadu, 2 – reaktor, 3 – zbiornik biogazu, 4 – gazowy moduł kogeneracyjny,

5 – zbiornik pozostałości pofermentacyjnych, 6 – generator prądu przemiennego

Fig. 1. Schema of biogas application for electric energy production [Kalina et. al.]

1 – sedimentation container, 2 - reactor, 3 - biogas container, 4 - gas cogeneration module, 5 – post-fermentation residue container, 6 – electric current generator

## POZYSKIWANIE BIOGAZU I JEGO WYKORZYSTANIE

Jednym ze źródeł pozyskiwania biogazu jest wykorzystanie procesu oczyszczania ścieków i przeróbki osadu ściekowego. Wykorzystywany jest on w oczyszczalniach jako nośnik energii odnawialnej do zasilania agregatów lub kotłów. Biogaz uzyskiwany jest w procesie fermentacji w zamkniętych komorach fermentacyjnych i po odsiarczeniu magazynowany w zbiornikach skąd przesyłany jest do agregatów gazowych. Przykładem takiego procesu wykorzystania jest oczyszczalnia ścieków w Łodzi, gdzie zamontowano trzy agregaty gazowe marki Deutz AG typu TBG 620V 12 K o mocy elektrycznej 933 kW i mocy grzewczej 1165 kW każdy [Borek 2006]. Od wielu już lat do zasilania zespołu silnik spalinowy – agregat prądowocowy wykorzystywany jest biogaz w oczyszczalni ścieków w Częstochowie. Tam zaadoptowano silnik spalinowy serii Wola H zmieniając system zapłonu mieszanki na iskrowy.

Pozyskanie biogazu możliwe jest również z materiału roślinnego. Dobrze nadającą się do tego celu rośliną jest wierzba krzewiasta wykorzystywana do potrzeb produkcji energii elektrycznej i ciepła. Nadaje się ona do wykorzystania w technologiach energetycznej utylizacji w zakresie przetworzonej mocy od kilkudziesięciu kW do kilku MW, gdyż takie energetyczne instalacje są atrakcyjne z kilku względów:

- istnieje możliwość mobilnego wykorzystania zespołów,
- do konwersji energii wykorzystuje się tłokowe silniki spalinowe,
- występują niskie koszty dostawy biomasy (transport) ze względu na możliwość zmiany lokalizacji inwestycji,
- proponowane konstrukcyjne rozwiązania instalacji umożliwiają wykorzystywanie różnych rodzajów stałej biomasy.

W przypadku wierzby i innych rodzajów biomasy stałej przy energetycznym przetwarzaniu istotna jest efektywna technologia konwersji energii chemicznej zawartej w biomacie na energię elektryczną. Ta wytwarzana jest na ostatnim stopniu instalacji. W systemach o mocy elektrycznej do kilku MW produkcja energii elektrycznej odbywa się głównie w generatorach napędzanych silnikami cieplnymi (tłokowe silniki spalinowe, turbiny gazowe, a także silniki i turbiny parowe). Ze względu na stosunkowo wysoką sprawność ogólną dla tego przedziału mocy głównie wykorzystuje się silniki tłokowe. W tym przypadku paliwo może mieć postać płynną, jak i gazowe. Ta ostatnia jest najczęściej wykorzystywana, a pochodzi z przetworzenia zrąbków wierzby w procesie fermentacji na postać gazową bogatą w metan. Inną metodą uzyskania gazu z biomasy jest jej termiczne zgazowanie w specjalnym reaktorze (tzw. zgazowarce). Uzyskuje się w ten sposób gaz generatorowy przydatny do zasilania tłokowych silników spalinowych. W celu poprawy jego parametrów (tabela 2) do reaktora podczas zgazowywania podaje się czysty tlen zamiast powietrza. Można też uzyskać gaz generatorowy o wyższej zawartości palnych składników (wodór, tlenek węgla, metan) drogą tzw. reformingu parowego. Podstawowy składnik palny biogazu jakim jest metan, charakteryzuje się dobrymi właściwościami wymaganymi od paliwa silnikowego. Posiada wysoką odporność na spalanie stukowe i stosunkowo dużą wartość opałową. Pewną niedogodnością są wysokie koszty pozyskania metanu z biomasy z powodu konieczności budowy komór fermentacyjnych, zbiorników do magazynowania oraz prowadzenia procesu fermentacyjnego. Korzystniejszym przedsięwzięciem jest proces zgazowania biomasy.

Tabela 3. Właściwości paliwowe gazu wysypiskowego w porównaniu z właściwościami innych paliw gazowych [Monczarski 1999]

Table 3. Fuel properties of landfill gas relatively to the properties of other gas fuels

Lp.	Gaz	Gęstość	Ciepło spalania	Wartość opałowa	Temp. zapłonu
		kg/Nm <sup>3</sup>	MJ/Nm <sup>3</sup>	MJ/Nm <sup>3</sup>	°C
1	Metan	0,7157	39,82	35,88	645
2	Gaz wysypiskowy <sup>1</sup> : CH <sub>4</sub> 63% CO <sub>2</sub> 35%	bd	25,1	bd	ok. 640
3	Gaz wysypiskowy <sup>2</sup> : CH <sub>4</sub> 54,6-63,6% CO <sub>2</sub> 35,0-41,4%	1,17-1,25	23,90	21,50	bd
4	Gaz wysypiskowy <sup>3</sup> : CH <sub>4</sub> 31,4-31,8% CO <sub>2</sub> 34,6-35,0%	0,9599-0,9518	13,70-13,80	12,30-12,40	bd
5	Gaz wysypiskowy <sup>3</sup> : CH <sub>4</sub> 60-78% CO <sub>2</sub> 19-37%	0,9888-1,1775	24,00-31,20	21,60-28,1	bd
6	Gaz ziemny: CH <sub>4</sub> 93,0% Inne węglowodory: 4,9% CO <sub>2</sub> 1,0% N <sub>2</sub> 1,1%	0,79	41,34	37,35	640

1, 2, 3 – oznaczenie różnych miejsc pochodzenia gazu wysypiskowego

1, 2, 3 – stand for different places of origin of landfill gas

Jeszcze inną możliwością uzyskiwania paliwa gazowego do zasilania silników współpracujących z agregatami prądotwórczymi jest eksploatacja wysypisk odpadów, gdzie znajduje się gaz wysypiskowy (składowiskowy). Pozyskuje się go za pomocą pionowych perforowanych studni z zamkniętymi głowicami, w których umieszczone są rury z tworzywa sztucznego. Jest on doprowadzany z poszczególnych studni do kolektora zbiorczego z wykorzystaniem dmuchawy podciśnieniowej (wysysa gaz z instalacji). Następnie przetwarzany jest przez system filtrów i poddawany uzdatnianiu w celu usunięcia zanieczyszczeń i szkodliwych cząstek (ochrona silnika spalinowego). Ostatnim etapem jest dostarczenie oczyszczonego gazu do tłokowego silnika spalinowego. Skład chemiczny gazu wysypiskowego z prawidłowo utworzonego i eksploatowanego złoża jest następujący: metan 45 – 58%, dwutlenek węgla 32 – 45%, azot 0 – 5%, wodór 1 – 2%, tlen 2% oraz śladowe ilości innych związków (chlorowódz, węglowodory wyższego rzędu, związki alkaliczne, siarkowódz 10 – 200 ppm, amoniak, tlenek węgla i inne). W różnych materiałach źródłowych można znaleźć inne wartości procentowe składników gazu wysypiskowego np.: metan 55 – 70%, dwutlenek węgla 32 – 37%, azot 0,2 – 0,4% oraz siarkowódz 6 g/m<sup>3</sup> przed odsiarczeniem i poniżej 0,01 g/m<sup>3</sup> po wykonaniu tego zabiegu. Skład gazu wysypiskowego ściśle związany jest z miejscem posadowienia wysypisk oraz składem deponowanych na nich odpadów. Właściwości biogazów z różnych składowisk w porównaniu do gazu ziemnego przedstawia tabela 3.

## ZAGROŻENIA DLA ŚRODOWISKA PRZY WYKORZYSTYWANIU BIOGAZU

W przypadku braku możliwości zagospodarowania technicznego biogazu z wysypisk gaz z ich odgazowywania jest spalany w pochodniach. Pochodnie posiadają możliwość efektywnego rozkładu związków węglowodorowych na poziomie około 90%. Prawidłowość spalania gazu zapewniają jego podstawowe wymagania jakościowe określone przez takie parametry jak:

- ciepło spalania (zależne od zawartości składników palnych),
- właściwy stosunek gazu i powietrza (optymalnie dla spalania 1m<sup>3</sup> metanu potrzeba 10m<sup>3</sup> powietrza; dla gazu wysypiskowego udział ten zależy od zawartości składników niepalnych),
- zawartość składników i związków agresywnych powodujących korozję,
- temperatura prowadzenia procesu (rzędu 800 – 1100 °C).

Parametry te istotnie wpływają na skład spalin z pochodni, a główne zagrożenie stwarzają obecne w spalinach takie związki jak: tlenek węgla, tlenki azotu, niespalone i niedopalone węglowodory oraz dioksyny i furany.

Tłokowe silniki i turbiny gazowe cechuje znaczna elastyczność paliwowa. Stosując odpowiednie modyfikacje konstrukcyjne można uzyskać urządzenie spalające różne paliwa – zarówno wysoko, jak i niskokaloryczne. Podstawowymi składnikami spalin są, jak w przypadku wykorzystywania paliw klasycznych: SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, a także CO<sub>2</sub>, który to nie jest brany pod uwagę w przypadku paliw traktowanych jako odnawialne. Pozostałe składniki spalin mogą pojawiać się jako charakterystyczne dla paliw odnawialnych. Zawierające chlor składniki paliw gazowych występujące w gazie wysypiskowym lub z oczyszczalni ścieków mogą w trakcie spalania prowadzić do powstawania dioksyn i furanów.

## PODSUMOWANIE

Poszukiwanie możliwości wykorzystywania paliw alternatywnych do zasilania silników spalinowych jest tendencją ogólnoswiatową. Wykorzystanie gazów pochodzenia biologicznego znajduje swoje odbicie w coraz szerszym zakresie także w Polsce. Liczne kraje takie jak: Francja,

Dania, Wielka Brytania, Szwecja, Stany Zjednoczone zastosowały tę technologię w wielu dziedzinach gospodarki, ale głównie do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Pewnym utrudnieniem jest brak korelacji między miejscami ich produkcji, a punktami odbioru. Najprostszym i najtańszym rozwiązaniem jest wykorzystanie biogazu do produkcji energii elektrycznej łatwej do przesłania na dużej odległości i prostej możliwości dołączenia jej do istniejących sieci energetycznych.

Wielu producentów silników oferuje swoje jednostki napędowe przystosowane już do zasilania niekonwencjonalnymi paliwami pochodzenia biologicznego. Umożliwia to wykorzystanie całych zestawów prądowców do zasilania w energię elektryczną osiedli i mniejszych miejscowości położonych z dala od krajowych sieci energetycznych. Innymi sposobami utylizacji gazu z wysypisk komunalnych (masa śmieci ciągle rośnie) mogą być:

- spalanie gazów w przemyśle dla celów technologicznych,
- oddanie gazu do sieci dystrybucyjnej lub przesyłowej (po uprzednim zapewnieniu odpowiedniej jego jakości),
- wytworzenie w kotłach gazowych gorącej wody lub pary (dla celów grzewczych lub technologicznych).

## PIŚMIENNICTWO

- Borecki R., Szwaja S. 2006.: Perspektywy rozwoju technologii przetwarzania biomasy na gaz dla celów energetycznych w polskich uwarunkowaniach gospodarczych. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Silniki Gazowe 2006”. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, 162, Mechanika 26, Częstochowa
- Borek J. 2006.: Produkcja energii w grupowej oczyszczalni ścieków w Łodzi. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Silniki Gazowe 2006”. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, 162, Mechanika 26, Częstochowa
- Dubas J. W., Tomczyk A. 2005.: Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzb energetycznych. Wydawnictwo SGGW. Warszawa
- Kalina J., Skorek J., Cebula J., Latocha I.: Pozyskanie i energetyczne wykorzystanie biogazu z biogazowni rolniczych. ([www.itc.polsl.pl/kalina/publikacje/22pdf](http://www.itc.polsl.pl/kalina/publikacje/22pdf))
- Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M., Leniec K. 2005.: Wykorzystanie biomasy wierzb krzewiastych do wytworzenia energii cieplnej. Problemy Inżynierii Rolniczej 2/2005
- Monczarski P. 1999.: Odgazowanie wysypisk odpadów komunalnych – zagadnienia techniczno-technologiczne. III Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami nt. „Techniczne i społeczne aspekty gospodarki odpadami”. Poznań
- Opaliński Cz. 1995.: Biogaz – produkt unieszkodliwiania osadów ściekowych. III Konferencja Ekoregionu Czechy – Słowacja – Dolny Śląsk. Wrocław
- Rosik-Dulewska Cz. 2000.: Podstawy gospodarki odpadami. PWN. Warszawa

## POSSIBILITIES OF THE USE OF BIOGAS FOR COMBUSTION ENGINES FEEDING

**Summary.** The paper presents selected applications of gaseous bio-energy. The author focuses on the production of electricity using gas from sewage treatment plants, municipal landfills and fermentation and gasification pieces of willow.

**Key words:** biogas, landfill gas, generator gas, environment.

## OKREŚLENIE WPLYWU TEMPERATURY I SZYBKOŚCI ŚCINANIA NA LEPKOŚĆ DYNAMICZNAŃ OLEJÓW SILNIKOWYCH Z DODATKIEM BIOPALIWA RME

Grzegorz Weisło

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono wyniki badań określających wpływ temperatury oraz szybkości ścinania na lepkość dynamiczną olejów silnikowych z dodatkiem biopaliwa RME. Poddano badaniom trzy rodzaje oleju silnikowego Superol 15W40 CD, mianowicie świeży, po przejechaniu 5 tyś. km. oraz po 20 tyś. km (zalecany okres eksploatacji a silniku). Następnie do wszystkich rodzajów pod względem zużycia olejów wprowadzono dodatek Biodiesla RME w ilościach 10, 20 oraz 50% (v/v). Przeprowadzone badania pokazały, że lepkość dynamiczna rośnie wraz obniżaniem temperatury przy czym największe przyrosty zanotowano w zakresie niskich temperatur. Największą lepkością charakteryzował się świeży olej, a najmniejszą olej po przejechaniu 20 tyś. km. Dodatek 10% RME spowodował zmniejszenie lepkości dynamicznej o około 20%, wprowadzenie do oleju dodatku 20% (v/v) RME obniżyło lepkość o około 40% (v/v). Mieszanina 50% (v/v) charakteryzowała się lepkością około sześciokrotnie mniejszą niż wyjściowe wartości tego parametru dla wszystkich olejów. Badania pokazały również, że nie tylko temperatura wpływa na lepkość dynamiczną, ale i zmienna wartość szybkości ścinania.

**Słowa kluczowe:** silnik wysokoprężny, lepkość dynamiczna, siły ścinające, olej silnikowy, mieszanina oleju z Biodieslem RME.

### WPROWADZENIE

Na postać równania reologicznego stanu płynu największy wpływ wywiera temperatura i ciśnienie. Model matematyczny oleju zależy od tego, czy mamy do czynienia z cieczą jednofazową lub fazową. Ciecz fazowa smarująca może powstać gdy do oleju dostanie się paliwo lub płyn chłodzący. Dla cieczy newtonowskich i nienewtonowskich zależność współczynnika lepkości od temperatury możemy opisać następującą zależnością (1):

$$\mu = \mu_0 \exp\left(-\frac{a + b\Delta T + c\Delta T^2}{\Delta T}\right), \quad (1)$$

gdzie: współczynniki  $a$ ,  $b$ ,  $c$  są wielkościami wyznaczanymi doświadczalnie. Dla oleju smarującego  $a = b = 0$ , dlatego ww. zależność przyjmie następującą postać (2) [10]:

$$\mu = \mu_0 \exp(-c\Delta T). \quad (2)$$

Własności eksploatacyjne oleju smarującego w dużej mierze zależą od jego lepkości kinematycznej i dynamicznej. Lepkość kinematyczna jest parametrem określającym opór przepływu na jaki napotyka ciecz pod wpływem sił grawitacyjnych. Jak dotychczas ze względu na brak odpowiednich narzędzi (reometrów) najczęściej wyznaczano lepkość kinematyczną, następnie z niej wyliczano lepkość dynamiczną. Lepkość dynamiczna jest miarą oporu przepływu lub deformacji cieczy [6]. Olej silnikowy jest jednym z najważniejszych płynów silnikowych, ponieważ oprócz smarowania spełnia jeszcze wiele innych funkcji. Od jakości oleju zależy zużycie elementów silnika podczas eksploatacji oraz paliwa, a także łatwość rozruchu. Przy wyborze oleju należy zwracać uwagę na rodzaj silnika, klasę oleju oraz zakres temperatur w jakich będzie on eksploatowany [4]. Własności reologiczne oleju należy rozpatrywać w aspektach trybologicznym oraz hydraulicznym, czyli określającym warunki przepływu środka smarowego w węzle tarcia. W silnikach spalinowych proces smarowania odbywa się metodą cyrkulacyjną, tzn. że środek smarujący wielokrotnie przepływa przez te same węzły tarcia, spełniając funkcje trybologiczne, chłodzące, ochronne, tłumiące, uszczelniające, myjące i inne [7]. Trwałość i niezawodność skojarzeń ciernych silnika zależą od ciśnienia i wydatku oleju, lepkości środków smarowych oraz luzów w skojarzeniach ciernych. W sposób szczególny należy rozpatrywać elementy łożysk. Zależność na przepływ oleju przez łożysko możemy zapisać w następujący sposób (3) [2]:

$$Q = \zeta \cdot \Delta d^2 \cdot \omega + A \frac{p \cdot \Delta^3}{2 \cdot \eta \cdot l}, \quad (3)$$

gdzie:

Q - przepływ oleju,  $\zeta$ , A - współczynniki stałe,  $\Delta$  - luz średnicowy łożyska, D - średnica czopa wału, p - ciśnienie oleju na wlocie do łożyska,  $\eta$  - efektywna lepkość dynamiczna oleju, l - połowa długości roboczej łożyska,  $\omega$  - prędkość kątowna wału.

Przy niedostatecznym dopływie i zbyt niskim ciśnieniu oleju doprowadzonego do łożyska mogą być naruszone warunki smarowania hydrodynamicznego. Bardzo wymagającym miejscem jest skojarzenie tłok, pierścienie i cylinder, dlatego nawet niewielkie pogorszenie lepkości oleju smarującego może spowodować miejscowe zerwanie filmu olejowego, co z kolei będzie skutkowało szybszym zużyciem ww. elementów. Taka sytuacja może nastąpić, gdy do oleju dostanie się paliwo lub płyn chłodzący. Jak dotychczas przebadano jaki wpływ na zmiany lepkości dynamicznej wywiera dodatek oleju napędowego [1]. Brak jest jednak badań określających wpływ dodatku RME na lepkość dynamiczną olejów w funkcji temperatury oraz szybkości ścinania, dlatego tego typu badania zostały podjęte, a ich wyniki zaprezentowane w przedmiotowym materiale.

## CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu temperatury oraz szybkości ścinania na lepkość dynamiczną olejów silnikowych oraz ich mieszanin z biopaliwem RME. Badania miały pokazać jaki wpływ na lepkość dynamiczną oleju smarującego wywiera pojawienie się w nim biopaliwa RME. Taka sytuacja w silniku może występować, gdyby do oleju przedostanie się RME powodując jego rozrzedzenie. Badaniom poddano trzy rodzaje oleju silnikowego Superol 15W40 CD o różnym stopniu zużycia, mianowicie: świeży, po przebiegu 5tyś km. oraz po 20 tyś. km. Oleje zużyte były eksploatowane w silniku 1,9 TDI (81kW) zamontowanym w samochodzie VW Sharan. Następnie do ww. olejów wprowadzono dodatek Biodiesla RME w ilościach 10, 20 oraz 50%

(v/v). Badania wykonano w Laboratorium Technologii i Oceny Własności Fizyko-Chemicznych Biopaliw w Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie.

### CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA BADAWCZEGO

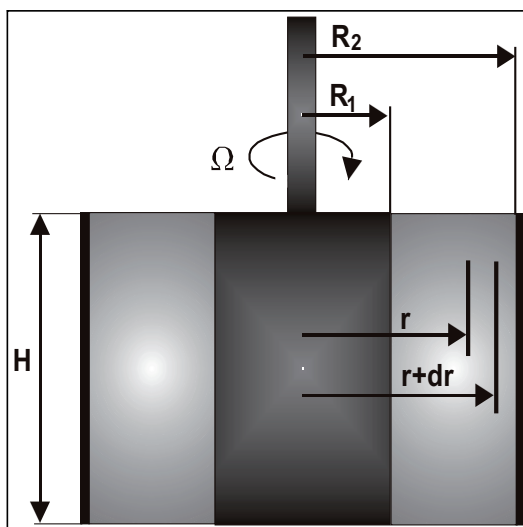
Głównym urządzeniem stanowiska badawczego był reometr ReolabQC firmy Anton Paar GmbH - rys. 1. Wymieniony reometr jest przyrządem przeznaczonym do wyznaczania parametrów reologicznych płynów oraz paliw. Reometr był wyposażony w czujnik temperatury oraz zintegrowany system pomiaru czasu. W celu określenia wpływu temperatury na parametry reologiczne reometr został dodatkowo wyposażony w wannę termostatyczną firmy Grant. Wyniki badań poprzez system pomiarowy lepkościomierza były przesyłane do komputera i tam zapisywane oraz obrabiane w programie RHEOPLUS/32 V3.0. Reometr wyposażony był w wewnętrzną pamięć oraz system generowania programów badań. Pracą reometru z zewnątrz może zarządzać komputer umożliwiający tworzenie i edytowanie programów pomiarowych, dzięki któremu możliwe jest dowolne i wielokrotne ustawienie parametrów i zapisanie ich bez konieczności kasowania.



Rys. 1. Stanowisko badawcze wyposażone w reometr oraz wannę termostatyczną  
Fig. 1. The researchers post was furnished with a reometer and tub thermostats

Na rysunku 2 zaprezentowano schemat ideowy układu pomiarowego z zaznaczeniem wielkości, przy pomocy których wyprowadzono główne zależności na: moment skręcający, szybkość ścinania oraz lepkość dynamiczną. Przyjmując, że rozważana próbka ma wysokość  $H$ , to siła styczna w płynie w odległości  $r$  od osi obrotów może być wyrażona zależnością (4). Uwzględniając częstość obrotową wirującego elementu oraz średnicę zewnętrzną elementu wirującego  $R_1$  i średnicę wewnętrzną tulei  $R_2$  wypełnionej płynem badanym możemy wyprowadzić zależność (5) na siłę ścinającą. Moment skręcający wywoływany przez siłę styczną możemy zapisać ogólnie w postaci  $M=F \cdot r$ . Natomiast dla układu zastosowanego w reometrze, czyli układ pomiarowy o cylindrach współosiowych, moment skręcający może być wyrażony zależnością (6). Siły tarcia stycznego przenoszone przez płyn na cylinder wewnętrzny powodują powstawanie opisanego

momentu skręcającego  $M$ . Uwzględniając powyższe założenia możemy zapisać zależność (7) na lepkość dynamiczną.



$\Omega$  - częstość obrotowa wirującego elementu,  $M$  - moment skręcający działający na osi wirującego elementu,  $H$  - wysokość próbki,  $r$  - odległość od osi obrotu,  $R_1$  - promień zewnętrzny wrzeciona reometru,  $R_2$  - promień wewnętrzny tulei cylindra

Rys. 2. Układ pomiarowy o cylindrach współosiowych

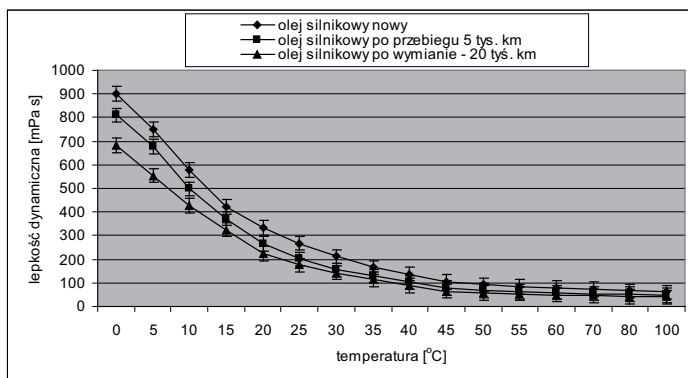
Fig. 2. Measuring set with coaxial cylinders

$$F_r = 2\pi r H \tau, \quad (4) \quad M = 4\pi\eta H \Omega / \left( \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right), \quad (6)$$

$$\dot{\gamma} = 2\Omega / \left( 1 - \frac{R_1^2}{R_2^2} \right), \quad (5) \quad \eta = \frac{1}{4\pi H} \left( \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \frac{M}{\Omega}. \quad (7)$$

## WYNIKI BADAŃ

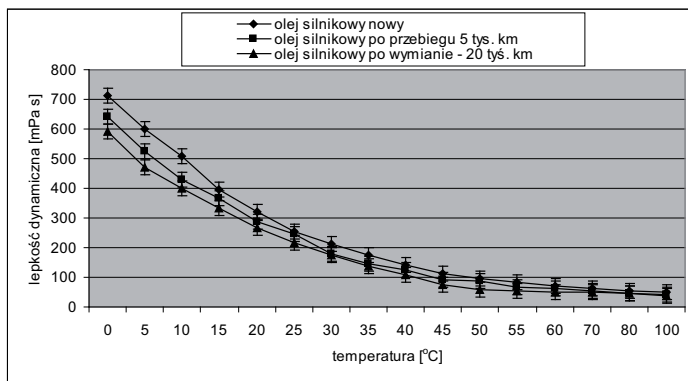
Na rysunku 3 zaprezentowano wyniki badań określających wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów o różnym stopniu zużycia.



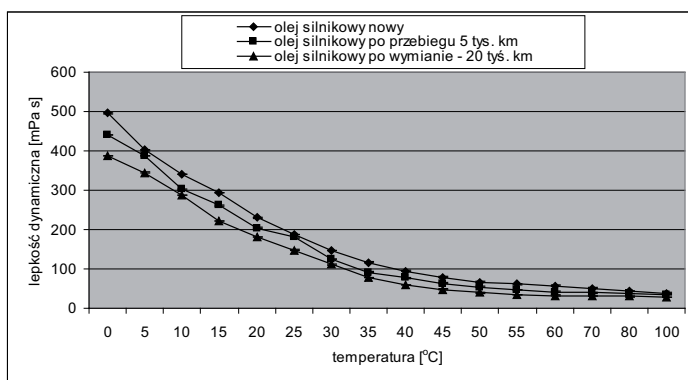
Rys. 3. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów silnikowych  
Fig. 3. The effect of temperature on dynamic viscosity of engine oils



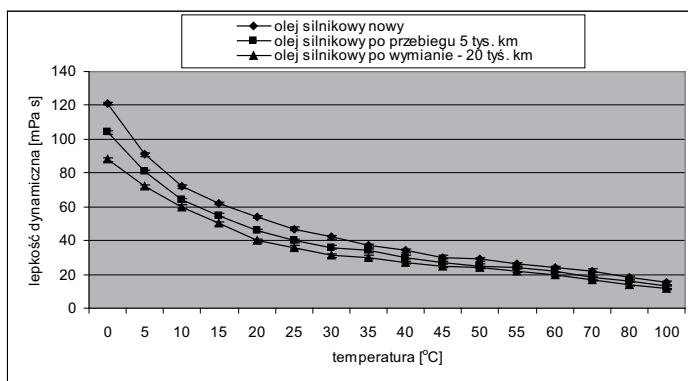
Na rysunkach 4, 5 i 6 zaprezentowano wyniki badań określających wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów o różnym stopniu zużycia zawierających dodatki odpowiednio 10, 20 i 50% (v/v) biopaliwa RME.



Rys. 4. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów silnikowych zawierających 10% (v/v) biopaliwa RME  
Fig. 4. The effect of temperature on dynamic viscosity of engine oils containing 10% (v/v) of RME biofuels



Rys. 5. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów silnikowych zawierających 20% (v/v) biopaliwa RME  
Fig. 5. The effect of temperature on dynamic viscosity of engine oils containing 20% (v/v) of RME biofuels



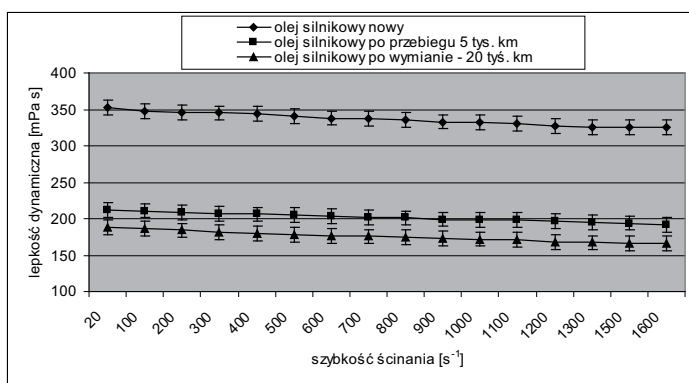
Rys. 6. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną olejów silnikowych zawierających 50% (v/v) biopaliwa RME  
Fig. 6. The effect of temperature on dynamic viscosity of engine oils containing 50% (v/v) of RME biofuels

Jak widać z rysunku 3 lepkość dynamiczna olejów zależy silnie od temperatury, przy czym w niskich temperaturach jej wartość gwałtownie rośnie. Olej nowy charakteryzował się najwyższą wartością lepkości z pośród badanych. Lepkość dynamiczna tego oleju w temperaturze 100°C wynosiła 61mPas (cP). Wraz ze obniżaniem temperatury rosła, by przy 0°C osiągnąć wartość nieco przekraczającą 900mPas (cP). Charakter zmian lepkości dynamicznej olei zużytych był podobny do nowego oleju, przy czym z pośród wymienionych, wyższą lepkością charakteryzował się olej mniej zużyty (po przejechaniu 5 tys. km).

Wprowadzenie do oleju silnikowego dodatku 10% (v/v) biopaliwa RME, spowodowało obniżenie lepkości dynamicznej o około 20%. Dalsze zwiększanie ilości RME w oleju powoduje

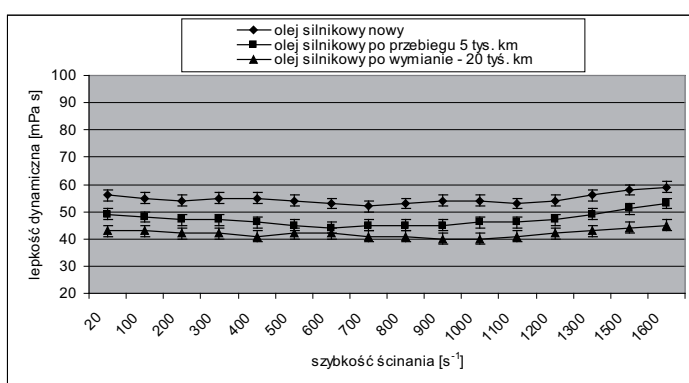
spadek lepkości dynamicznej. Przy czym 20% (v/v) dodatek RME obniża ją o około 40%, a wprowadzenie 50% (v/v) dodatku RME powoduje około sześciokrotne obniżenie lepkości dynamicznej.

Na rysunku 7 zaprezentowano wyniki badań określających wpływ szybkości ścinania na lepkość dynamiczną olejów. Natomiast rysunek 8 przedstawia przebieg zmian lepkości dynamicznej dla mieszaniny zawierającej po 50% (v/v) oleju i biopaliwa RME.



Rys. 7. Wpływ szybkości ścinania na lepkość dynamiczną olejów silnikowych

Fig. 7. The effect of shearing speed on dynamic viscosity of engine oils



Rys. 8. Wpływ szybkości ścinania na lepkość dynamiczną olejów silnikowych zawierających 50% (v/v) biopaliwa RME

Fig. 8. The effect of shearing speed on dynamic viscosity of engine oils containing 50% (v/v) of RME biofuels

Z danych zawartych na rysunku 7 widać, że lepkość dynamiczna nieznacznie rośnie wraz z obniżaniem się szybkości ścinania. Zatem olej smarujący zachowuje się odwrotnie do biopaliw typu FAME (RME), których lepkość dynamiczna rośnie wraz ze zwiększaniem tego parametru [11,13]. Dlatego zastosowanie dodatku RME spowodowało, że dla wymienionych mieszanin lepkość dynamiczna praktycznie nie zmienia swojej wartości - rys. 8. Można zauważyć niewielki wzrost lepkości w mieszaninach zawierających RME dla wszystkich olejów silnikowych dopiero, gdy szybkość ścinania przyjmuje wartości wyższe niż 1200[s<sup>-1</sup>]. Podobny charakter zmian lepkości pod wpływem zmiennej szybkości ścinania zanotowano dla mieszanin olejów z 20 i 50% (v/v) RME.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania pokazały, że lepkość dynamiczna olejów silnikowych o różnym stopniu zużycia rośnie wraz z obniżaniem temperatury, przy czym największe wzrosty notowano w niskim zakresie temperatur. Lepkość dynamiczna nowego oleju silnikowego Superol 15W40 CD w temperaturze 100°C wynosiła 61mPas (cP). Wraz z obniżaniem temperatury rosła, by przy 0°C osiągnąć wartość nieco przekraczającą 900mPas (cP).

Lepkość dynamiczna zależy od stopnia zużycia oleju, okazuje się, że im bardziej zużyty olej, to tym niższą charakteryzował się lepkością. Po przejechaniu samochodem 5 tys. km stwierdzono, że jego lepkość dynamiczna zmniejszyła się o około 10%. Dalsza eksploatacja spowodowała zwiększenie jego zużycia tak, że po 20 tys. km lepkość dynamiczna w stosunku do nowego oleju była niższa o około 20%. Niemniej jednak w literaturze można znaleźć wyniki badań, w których potwierdzono odwrotne zachowanie się oleju wraz z postępowaniem jego zużycia [14].

Zastosowanie domieszki RME do oleju silnikowego spowodowało znaczne obniżenie lepkości dynamicznej tak powstałej mieszaniny. Największą lepkością charakteryzowała się mieszanina nowego oleju z RME, natomiast najniższą z olejem po przejechaniu 20 tys. km. Dodatek 10% RME spowodował zmniejszenie lepkości dynamicznej o około 20%, wprowadzenie do oleju dodatku 20% RME obniżyło lepkość o około 40%. Mieszanina 50% charakteryzowała się lepkością około sześciokrotnie mniejszą niż wyjściowe wartości tego parametrów dla wszystkich olejów.

Badania pokazały również, że nie tylko temperatura wpływa na lepkość dynamiczną, ale i zmienna wartość sił ścinających.

## LITERATURA

- Koniuszy A., Nadolny R.: Diagnostowanie stanu oleju na podstawie pomiaru ciśnienia w układzie smarowania silnika. *Motrol* s. 140-145.
- Łuksa A. i inni. 1986.: Metody modyfikacji i oceny charakterystyki reologicznej samochodowych środków smarowych. Eksploatacyjne wskaźniki charakterystyki reologicznej. MCMENT Radom.
- Norma DIN 53019 - Układ pomiarowy reometru o cylindrach współosiowych.
- Podniało A. 2002.: Paliwa oleje i smary w ekologicznej eksploatacji. WNT Warszawa.
- Polska norma PN-EN ISO 3104:2004. Przetwory naftowe. Ciecze przezroczyste i nieprzezroczyste. Oznaczanie lepkości kinematycznej i obliczanie lepkości dynamicznej.
- Polska norma PN-EN ISO 3104:2004. Przetwory naftowe. Ciecze przezroczyste i nieprzezroczyste. Oznaczanie lepkości kinematycznej i obliczanie lepkości dynamicznej.
- Schramm G. 1998.: Reologia. Podstawy i zastosowanie. OWN Poznań.
- Szlachta Z. 2002.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi. WKiŁ, Poland.
- Wcisło G. 2008.: Wyznaczenie wpływu temperatury na lepkość dynamiczną biopaliw roślinnych. *Inżynieria Rolnicza*, vol. 10 (108), s. 277-282. 2008.
- Walicki E. 2005.: Reodynamika Smarowania Łożysk Ślizgowych, Oficyna Wyd. Uniwersytetu Zielonogórskiego.
- Wcisło. G. 2008.: The effect of temperature and shearing rate on dynamic viscosity of RME containing fuels. *Combustion Engines*. Vol. IV. s. 46-53.
- Wcisło. G. 2009.: An effect of the share of CSME and RME biocomponents on the cetane number and distillation temperatures of biofuels. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, Vol. IX, s. 385-394.
- Wcisło G. 2009.: Determining rheological properties of CME and SFME biofuels and biocomponents. *International Conference BioFuels for Energetics 2009*, Prague, Czech Republic. s.1-9.
- Zwierzycki W. 1996.: Oleje smarowe. Dobór i użytkowanie. Rafineria Nafty Glimar.

## DETERMINATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND SHEARING FORCES ON DYNAMIC VISCOSITY OF ENGINE OILS WITH RME BIOFUEL SUPPLEMENT

**Summary.** The paper presents the results of research determining the effect of temperature and shearing speed on dynamic viscosity of engine oils with RME biofuel supplement. Three kinds of Superol 15W40 CD engine oil was tested, i.e. fresh oil, the used oil after 5 thousand kilometers and after 20 thousand kilometers (recommended period of exploitation in the engine). Subsequently a supplement of RME Biodiesel of 5, 10, 20 and 50% (v/v) was added to all kinds of tested oil. The tests revealed that dynamic viscosity was growing with decreasing temperature, however the highest increases were registered within the low temperatures range. The highest viscosity was characteristic for the fresh oil and the lowest for the oil after 20 thousand kilometers. A 10% supplement of RME caused a decrease in dynamic viscosity by about 20 %, introducing a 20% RME addition to the oil (v/v) decreased the viscosity by about 40 % (v/v). A 50% (v/v) mixture was characterized by a viscosity about seven times lower than the initial values of this parameter for all oils. The investigations demonstrated also that not only the temperature influences dynamic viscosity, also changeable value of shearing speed.

**Key words:** Diesel engine, dynamic viscosity, shearing speed, engine oil, mixture of oil and RME biodiesel.

*Prezentowane w referacie badania wykonano w ramach stypendium otrzymanego w roku 2010 z Rektorskiego Funduszu Stypendialnego JM Rektora UR w Krakowie.*

## WYZNACZENIE CIEPŁA SPALANIA ORAZ WARTOŚCI OPAŁOWEJ ULEPSZONYCH ODMIAN RZEPAKU

Grzegorz Wcisło

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

**Streszczenie.** W referacie zaprezentowano wyniki badań oznaczeń ciepła spalania oraz określających wartość opałową ulepszonych odmian rzepaku. Dla badanych odmian rzepaku zestawiono również plon, plon tłuszczu oraz zawartość tłuszczu. Najwyższą wartością ciepła spalania wynoszącą 39,8 MJ/kg charakteryzował się olej odmiana Kontakt. Natomiast najniższą wartość ww. parametru wynoszącą 37,4 MJ/kg uzyskano dla oleju odmiany Herkules F1. Maksymalna różnica w wartości ciepła spalania pomiędzy najkorzystniejszą odmianą, a najmniej korzystną wynosiła 6,4 % (m/m). Wartość opałowa badanych odmian rzepaku zawierała się w przedziale od 35,2 do 37,6 MJ/kg. Z powyższego wynika, że maksymalna wartość opałowa najkorzystniejszej odmiany rzepaku Kontakt jest o 6,8 % (m/m) wyższa niż najmniej korzystnej Herkules F1.

**Słowa kluczowe:** olej rzepakowy, ciepło spalania, wartość opałowa, biopaliwa, silnik wysokoprężny.

### WPROWADZENIE

W Polsce obecnie jest zarejestrowanych i zalecanych do uprawy ponad pięćdziesiąt odmian rzepaku. Wśród nich najwięcej mamy odmian tzw. populacyjnych. W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się odmianom mieszańców złożonych i mieszańców zrestorowanych [3]. Do tworzenia nowych ulepszonych odmian rzepaku wykorzystywane jest zjawisko heterozji. Odmiany mieszańcowe o odpowiednich cechach tworzy się poprzez skrzyżowanie odpowiednio dobranych istniejących odmian i/lub specjalnie w tym celu hodowanych form [8]. Podczas tworzenia nowych odmian dokonuje się zmian genetycznych, które pozwolą na: zwiększenie odporności przeciw chorobom i wymarzaniu, poprawią plon masy oraz tłuszczu zawartego [10]. Oleje roślinne są estrami gliceryny i kwasów tłuszczowych zawierających od 14 do 22 atomów węgla i występują najczęściej w postaci Trójglicerydów. W skład olejów (rzepakowego) wchodzi trójglicerydy, które w około 90 % (m/m) składają się z trzech kwasów, tj. oleinowego C18:1, linolowego C18:2 oraz linolowego C18:3 [1,4,5]. Wzajemny udział wymienionych kwasów ma decydujący wpływ na właściwości fizyko-chemiczne olejów jako paliw [14].

Z uwagi iż w ostatnich latach coraz więcej rzepaku jest przeznaczane pod produkcję biopaliw typu RME, dlatego prace nad nowymi odmianami muszą być ukierunkowane na powstawanie takich, z których olej będzie się cechował korzystnymi z punktu widzenia paliwowego właściwościami. W takim oleju należy przede wszystkim ograniczać ilość kwasu linolowego i linelinowego,

a w jego miejsce wprowadzać kwas oleinowy [2,6,12,13]. Jak wynika bowiem z badań własnych autora wyższa zawartość kwasu oleinowego w oleju zwiększa jego wartość opałową [12]. Ze względu na stwierdzone negatywne działanie na zdrowie człowieka z rzepaku został zredukowany do minimum kwas erukowy [7].

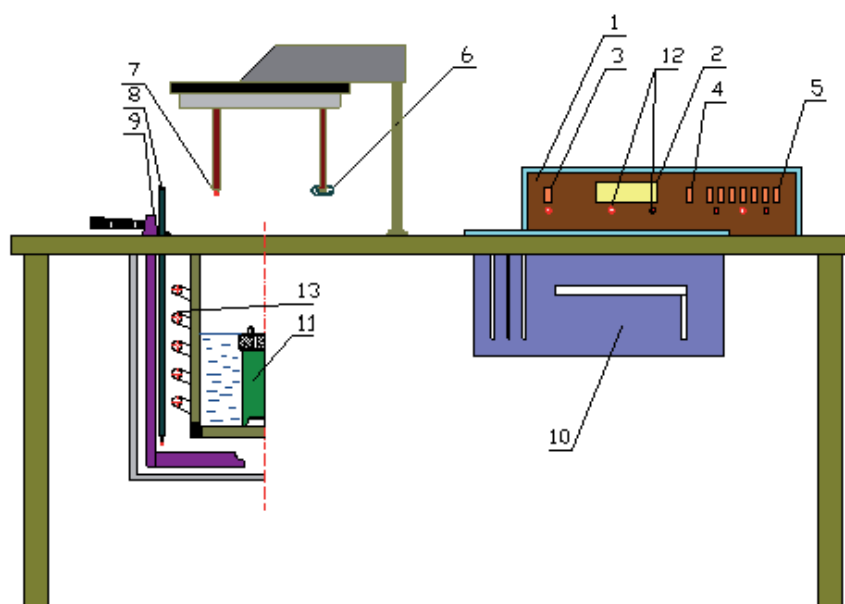
Jednym z najważniejszych parametrów decydujących o przydatności oleju rzepakowego (odnawialnego paliwa) do spalania jest jego wartość opałowa. Z tego powodu podjęto tematykę badań dotyczącą określenia wartości energetycznych oleju uzyskanego z różnych odmian rzepaku.

## CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było oznaczenie ciepła spalania (wartości opałowej górnej) i wartości opałowej (wartości opałowej dolnej) ulepszonych odmian rzepaku. Dla badanych odmian rzepaku zestawiono również plon, plon tłuszczu oraz zawartość tłuszczu odniesione do wzorca w latach 2006 do 2008. Wartość ww. plonów oraz zawartość tłuszczu podano w oparciu o opracowania COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Uprawnych) i na podstawie danych pochodzących od firmy OBROL Kulczyński Sp. J, a także danych pozyskanych z firm oferujących materiał siewny. Wszystkie odmiany rzepaku zostały pozyskane w ramach współpracy z firmy OBROL.

## METODYKA BADAŃ

Ciepło spalania oraz wartość opałową wyznaczono zgodnie z obowiązującą w tym zakresie w Polsce normę PN-86/C-04062. Zgodnie z ww. normą oznaczenie ciepła spalania dokonuje się metodą kalorymetryczną spalając próbkę paliwa w kalorymetrze. Badania dotyczące określenia wpływu genetycznego zróżnicowania odmian rzepaku na ciepło spalania oraz wartość opałową wykonano we współpracy z Małopolskim Centrum Odnawialnych Źródeł Energii „BioEnergia” w ramach projektu badawczego własnego N N509 293135 (G-1676/KER/08-11) na kalorymetrze KL-10 firmy Precyzja Bit. Schemat ideowy kalorymetru przedstawiono na rysunku 1. Najpierw zostało oznaczone kalorymetrycznie ciepło spalania. Następnie oleje zostały poddane badaniom chromatograficznym określającym układ i skład kwasów tłuszczowych. Następnie w celu wyznaczenia wartości opałowej olejów (zależność 4) został określony udział % (m/m) wodoru i węgla w olejach.



1. urządzenie sterujące	5. odczyt ciepła spalania	10. układ komputerowy
2. wyświetlacz cyfrowy	6. mieszadło	11. bomba kalorymetryczna
3. przełącznik prądu	7. termometr	12. diody sygnalizacyjne
4. start pomiaru	8. termometr płaszczka wodnego	13. węzownica
	9. mieszadło płaszczka wodnego	

Rys. 1. Schemat ideowy kalorymetru KL10

Fig. 1. Calorimeter schematic diagram

### Oznaczenie ciepła spalania - obliczenia

Całkowity efekt cieplny spalanych próbek oleju rzepakowego wyznaczono na podstawie zależności 1:

$$Q_b = \frac{C_k \cdot \Delta t - Q_2 m_2}{m_o}, \quad (1)$$

gdzie:

$C_k$  - pojemność cieplna kalorymetru - 12,908 kJ/°C,

$\Delta t$  - skorygowany wzrost temperatury podczas spalania (zależność 2),

$Q_2$  - ciepło spalania drutu zapłonowego (kantalu) - 6 704 kJ/kg,

$m_o$  - masa próbki badanego paliwa w kg,

$m_2$  - masa drutu zapłonowego - 0,000007 kg.

$$\Delta t = [(t_n + h_n) - (t_o + h_o)] + a + b, \quad (2)$$

gdzie:

$t_o$  - początkowa temperatura okresu głównego (spalania próbki) w °C,

$t_n$  - końcowa temperatura okresu głównego (spalania próbki) w °C,

$h_o$  i  $h_n$  - poprawki na kalibrację termometru przy temperaturze  $t_o$  i  $t_n$ ,

$a$  - poprawka na wymianę ciepła kalorymetru w °C,

$b$  - poprawka na wystający słupek rtęci w °C.

Ciepło spalania próbek oleju rzepakowego wyznaczono na podstawie zależności 3.:

$$Q_s^a = \frac{C_k \Delta t - Q_2 m_2}{m_o} + \Delta Q_s, \quad (3)$$

gdzie:

$\Delta Q_s$  - poprawka na przeliczanie ciepła spalania paliwa (wg PN-86/C-04062 dla oleju napędowego wynosi 59 kJ/kg, natomiast dla oleju opałowego 50 kJ/kg. W obliczeniach dla oleju rzepakowego przyjęto wartość  $\Delta Q_s = 50$  kJ/kg.

Wartość opałową paliwa rzepakowego wyliczono na podstawie zależności 4 :

$$Q_i^a = Q_s^a - 24,42(8,94 \cdot H - W), \quad (4)$$

gdzie:

$H$  - zawartość wodoru w badanym paliwie % )m/m,

$W$  - zawartość wody w badanym paliwie % [m/m].

## WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 zestawiono wyniki badań dotyczące oznaczenia ciepła spalania oraz wyliczenia wartości opałowej nowej generacji odmian rzepaku.

Jak wynika z tabeli 1 wartość ciepła spalania w zależności od odmian rzepaku zmieniała się w zakresie od 37,4 dla odmiany Herkules do 39,8 [MJ/kg] dla odmiany Kontakt. Z powyższego wynika, że maksymalna różnica w wartości ciepła spalania dla badanych odmian rzepaku wynosiła 6,4%. Stosunkowo wysoką wartością ciepła spalania odznaczała się również odmiana Winner 39,4 [MJ/kg]. Niską wartością ciepła spalania charakteryzował się olej odmiany Shaphir F1 - 37,7, natomiast najniższą olej odmiany Herkules F1 37,4 [MJ/kg].

Zwraca uwagę, że spośród przebadanych trzydziestu dwóch odmian rzepaku tylko dwie odmiany, tzn. Kontakt i Winner charakteryzowały się ciepłem spalania przekraczającym wartość 39 [MJ/kg]. Również dwie Shaphir F1 i Herkules charakteryzowały się ciepłem spalania poniżej 37 [MJ/kg].

Na szczególną uwagę zasługują odmiany mieszańcowe rzepaków. Są to odmiany nowej generacji, które oprócz wielu nowych cech charakteryzują się bardzo wysokim plonowaniem. W badanej populacji znajdowało się dziewięć odmian mieszańców złożonych. Najbardziej energetycznym olejem charakteryzuje się odmiana Toccata F1, której wartość ciepła spalania wynosiła 38,9 [MJ/kg], natomiast najniższym odmiana Herkules 37,4 [MJ/kg]. Różnica w wartości ciepła spalania pomiędzy odmianami mieszańców wynosiła około 4%.

Wartość opałowa badanych odmian rzepaku zawierała się w przedziale od 35,2 dla oleju odmiany Herkules, natomiast najwyższą wartością opałową wynoszącą 37,6 [MJ/kg] charakteryzował się olej odmiany Kontakt. Z powyższego widać, że wartość opałowa oleju uzyskanego z najlepszej odmiany jest o 6,8% wyższa niż z najmniej korzystnej.



Tabela 1. Ciepło spalania i wartość opałowa oraz plon i zawartość tłuszczu nowej generacji ulepszonych odmian rzepaku  
 Table 1. Heat of combustion, calorific value and yield and oil content of new generation of improved rapeseed varieties.

Odmiany rzepaku	% wzorca (2007-2009)		Zawartość tłuszczu (% s. m.)	Ciepło spalania [MJ/kg]	Wartość opałowa [MJ/kg]
	plonowania	Plon tłuszczu			
Adam F1	115	120	45,7	<b>38,8</b>	<b>36,4</b>
Aviso	102	101	45,3	<b>38,6</b>	<b>36,3</b>
Bakara	94	95	45,5	<b>38,4</b>	<b>36,1</b>
Bazyl	90	90	44,6	<b>38,6</b>	<b>36,4</b>
Bellevue	106	112	47,3	<b>38,9</b>	<b>36,8</b>
Bogat	104	107	46,3	<b>38,6</b>	<b>36,2</b>
Bojan	92	94	45,9	<b>38,8</b>	<b>36,4</b>
Cabriolet	103	101	46,2	<b>38,9</b>	<b>36,7</b>
Cadeli	112	107	47,2	<b>38,4</b>	<b>36,3</b>
Californium	100	99	44,6	<b>38,8</b>	<b>36,6</b>
Casoar	104	104	44,9	<b>38,5</b>	<b>36,3</b>
Castille	99	99	44,5	<b>38,6</b>	<b>36,4</b>
Catana	105	111	47,8	<b>38,2</b>	<b>36,0</b>
Contact	102	104	47,2	<b>39,8</b>	<b>37,6</b>
Digger	100	99	44,4	<b>38,6</b>	<b>36,2</b>
Elektra F1	105	106	45,8	<b>38,8</b>	<b>36,6</b>
Extend F1	113	114	45,1	<b>38,7</b>	<b>36,5</b>
Herkules F1	113	114	45,1	<b>37,4</b>	<b>35,2</b>
Kaszub F1	101	103	45,6	<b>38,7</b>	<b>36,6</b>
Libomir	101	102	45,6	<b>38,6</b>	<b>36,5</b>
Mickey	110	117	47,1	<b>38,9</b>	<b>36,7</b>
Monolit	104	109	46,9	<b>38,6</b>	<b>36,5</b>
Ontario	101	101	45,9	<b>38,8</b>	<b>36,4</b>
Pomorzanin F1	96	97	45,1	<b>38,6</b>	<b>36,4</b>
Remy	103	105	45,6	<b>38,7</b>	<b>36,5</b>
Shaphir F1	106	107	46,3	<b>37,7</b>	<b>35,5</b>

Sherlok	110	112	46,0	<b>38,3</b>	<b>36,1</b>
Tassilo F1	109	104	46,9	<b>38,5</b>	<b>36,3</b>
Toccata F1	112	109	47,3	<b>38,9</b>	<b>36,5</b>
Vectra F1	109	108	47,2	<b>38,7</b>	<b>36,4</b>
Vision	107	107	46,5	<b>38,1</b>	<b>35,9</b>
Winner	98	100	45,7	<b>39,4</b>	<b>37,2</b>

## WNIOSKI

Najwyższą wartością ciepła spalania wynoszącą 39,8 [MJ/kg] charakteryzował się olej odmiany rzepaku Kontakt. Natomiast najniższą wartość ww. parametru wynoszącą 37,6 MJ/kg uzyskano dla oleju odmiany Herkules F1. Maksymalna różnica w wartości ciepła spalania pomiędzy najkorzystniejszą odmianą, a najmniej korzystną wynosiła 6,4%.

Wartość opałowa badanych odmian rzepaku zawierała się w przedziale od 35,2 dla oleju odmiany Herkules do 37,6 [MJ/kg] dla odmiany Kontakt. Z powyższego widać, że wartość opałowa oleju uzyskanego z najlepszej odmiany jest o 6,8% wyższa niż z najmniej korzystnej.

Zwraca uwagę, że najbardziej energetycznym olejem charakteryzują się odmiany wysokooleinowe. Jak bowiem wynika z własnych badań odmiana Kontakt zawierała 71,2%, natomiast odmiana Winner 67,8% (m/m) kwasu oleinowego. Podczas gdy w pozostałych odmianach zawartość przedmiotowego kwasu zawierała się w przedziale od 60 do 63% (m/m). Wyjątkiem były odmiany Herkules (57,6 % m/m) i Shaphir F1 (59,4 % m/m), a których wartość opałowa była najniższa. Przeprowadzona analiza pokazuje, że wartość opałowa olejów zależy od układu kwasów tłuszczowych. Tego typu ogólne wnioski zostały również potwierdzone w innych badaniach [2,12,13]. Ta informacja jest istotna w przypadku użycia olejów do produkcji biopaliw typu FAME (RME), ponieważ im wyższa wartość energetyczna biopaliwa, to tym mniej paliwa silnik będzie zużywał przy tym samym obciążeniu.

Na szczególną uwagę zasługują również nowe odmiany charakteryzujące się dużym plonem oraz plonem tłuszczu. Spośród przebadanych trzydziestu dwóch odmian do najlepszych zaliczają się następujące: Adam F1, Extend F1, Herkules, Toccata F1, Vectra F1 oraz Adeli.

## BIBLIOGRAFIA

- Agarwal A.K. 2007.: Biofuels (alcohols and Biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. Progress in Energy and Combustion Science, 33s. 233-271.
- Bocheński C. I. 2003.: Biodiesel paliwo rolnicze. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Budzyński W. 2004.: Agrotechniczne uwarunkowania uprawy rzepaku ozimego. Rzepak s. 25-31.
- Demirbas A. 1998.: Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils. Fuel, vol. 77, 9/10. s. 1117-1120.
- Górski W. i in. 2001.: Krajowe oleje roślinne surowcem dla paliw silnikowych I olejów smarowych. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji, nr 90, s. 5-11.
- Jakubiec J. 2006.: Ocena produktów z oleju rzepakowego przeznaczonych na paliwa silnikowe. Praca habilitacyjna, WIGSMiE PAN Kraków.

- Krzymański J. 1970.: Genetyczne możliwości ulepszania składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i nasiennictwo*, 14 (2) s. 95-133.
- Mikołajczyk K., Bartkowiak-Broda I. 2003.: Markery DNA w hodowli jakościowej rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) w aspekcie modyfikacji zawartości kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*. To. XXIV, s. 33-49.
- Polska norma PN-86/C-04062 Oznaczenie ciepła spalania oraz wartości opałowej paliw.
- Sonntag K. i in. 2004.: Development of *Brassica napus* plants with improved seed quality. 26th Scientific Conference Oilseed Crops. s. 8
- Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Wydawnictwo COBORU - Słupia Wielka 2002.
- Wcisło G. 2004.: Wyznaczenie ciepła spalania oraz wartości opałowej olejów (paliw) rzepakowych. *KOMOT-AUTOPROGRES 2004*, s. 815-822.
- Wcisło G. 2005.: Determining of Rapeseed Oils Combustion Heat in Calorimeter Bomb and an Assesment of the Heat Value. *Teka - Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, vol. V, s. 233-239.
- 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).

#### DETERMINING THE HEAT OF COMBUSTION AND CALORIFIC VALUE OF IMPROVED RAPESEED VARIETIES

**Summary.** The paper presents the results of research on measured heat of combustion and calorific values determined for improved rapeseed cultivars. Also the yield, oil yield and oil contents were calculated for the researched rapeseed varieties. The highest value of the heat of combustion 39.8 [MJ/kg] characterized the oil of Kontakt rapeseed variety, whereas the lowest value of the same parameter was obtained for oil from Herkules F1 variety. The maximum difference in the value of the heat of combustion between the most and the least advantageous variety was 6.4%. Calorific value of the tested rapeseed varieties was in the range from 35.2 to 37,6 [MJ/kg]. The above results show that the maximum calorific value of the most advantageous rapeseed Kontakt variety is by 6.8% higher than the least favourable Herkules F1 variety.

**Key words:** rapeseed oil, combustion heat, fuel value, biofuels, compression-ignition engine.

Badania wykonane w ramach projektu badawczego własnego N N509 293135 (G-1676/KER/08-11)

## БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ИЗОПРОПИЛОВЫХ ЭФИРОВ РАПСОВОГО МАСЛА

Виктор Захарчук\*, Валентина Ткачук\*\*

\* канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей Луцкого национального технического университета, 43018, Украина, г. Луцк, ул. Львовская, 75, тел. (068)5842171, (0332)711454

\*\* ассистент кафедры товароведения ЛНТУ, г. Луцк, Украина

**Аннотация.** Приведены показатели эксплуатационных свойств биодизельных топлив и результаты расчетных исследований эффективных показателей дизеля при его работе на разных топливах.

**Ключевые слова:** биодизельное топливо, изопропиловый эфир рапсового масла, эксплуатационные свойства.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашем государстве есть большой парк колесных транспортных средств и мобильной сельскохозяйственной техники с дизелями, которые работают на дизельном топливе нефтяного происхождения. Однако, по данным многочисленных источников, запасов нефти, доступных для нашего рынка, может хватить только до 2015 года, поэтому стоимость дизельного топлива будет все время расти. В такой ситуации использование альтернативных топлив становится экономически оправданным. Кроме того, автотракторная техника является одним из наибольших загрязнителей окружающей среды. Применение альтернативных топлив позволит заметно уменьшить вредные выбросы с отработавшими газами дизелей и улучшить экологическую ситуацию в городах и сельских населенных пунктах. Применение такого вида альтернативных топлив как биотоплива, которые производятся из возобновляемых источников, позволит повысить независимость Украины от импорта энергоносителей.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных путей выхода из сложившейся ситуации есть адаптация дизелей к работе на альтернативных топливах. Такими топливами является компромированный (сжатый) природный газ (КПГ), диметиловый эфир (ДМЭ) и биотоплива, в частности метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Природный газ приблизительно в два раза дешевле дизельного топлива. Однако, для обеспечения работы дизеля на природном газе

требуется его существенное переоборудование в газодизель или в газовый двигатель с искровым зажиганием [1]. Причем газодизель работает на смеси природного газа и дизельного топлива, у него значительно более сложная система питания по сравнению с дизелем и меньший ресурс работы. Что касается газовых двигателей с искровым зажиганием, то их исследования еще не завершены.

По мнению экспертов, диметилэфир (ДМЭ) является перспективным альтернативным топливом для дизелей. Сырьем для его получения является природный газ. Позитивными качествами его есть высокое цетановое число и полнота сгорания, которое обеспечивает малое содержание сажи в отработавших газах. Недостатками ДМЭ есть 1,5 раза меньшая теплота сгорания, что приводит к увеличению его расхода при работе двигателя, низкая кинематическая вязкость, а также низкие смазочные свойства. Поскольку ДМЭ производится из природного газа, то его стоимость является выше стоимости газа.

В последнее время все более широкое применение находят альтернативные биотоплива на основе растительных масел. К таким топливам принадлежит биодизельное топливо, которое является метиловыми и этиловыми эфирами растительных масел, наиболее распространенным из которых является рапсовое масло. Исследование топлив, изготовленных из растительных масел проводят известные моторостроительные фирмы США, Великобритании, Германии, Швеции, Японии. В настоящее время в Европе производится больше 6,5 млн. т биотоплива. Ведутся работы относительно применения эфиров растительных масел как дизельного топлива на территориях бывшего СССР. Стоит отметить работы МВТУ им. Баумана, МГАУ им. Горячкина, Клайпедского университета, Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, ХПИ и др.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Данная публикация имеет целью определение расчетом и анализ эффективных показателей дизеля при его работе на разных биотопливах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение биодизеля не требует никаких изменений в конструкции двигателя. Испытания показали увеличение расхода биодизельного топлива до 10%, что объясняется меньшей теплотой сгорания. В то же время уменьшаются выбросы с отработанными газами некоторых вредных веществ [2].

Традиционное биодизельное топливо производится с применением метилового спирта, который является высокотоксичным и опасным для здоровья людей. Допустимая концентрация его в воздухе рабочей зоны составляет

5 мг/м<sup>3</sup>, в то же время для этанола она составляет 1000 мг/м<sup>3</sup>. Это существенный негативный фактор с точки зрения экологической безопасности при производстве биотоплива (особенно в условиях сельскохозяйственного производства) и его использовании, ведь через эффекты деструкции возможно выделение из биотоплива метилового спирта, особенно при отклонении от нормальной работы топливной системы двигателя. Также недостатком метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) является то, что он является достаточно агрессивным веществом по отношению к материалам деталей двигателя (металлы, резина). Поэтому при его применении требуется замена топливных баков, топливных шлангов и

прокладок, на такие, которые изготовлены со стойкого к МЭРМ материала, а также более частая замена моторного масла.

Биодизельное топливо может изготавливаться также с применением этилового спирта (ЭЭРМ). Но такое топливо имеет достаточно высокую стоимость через высокую стоимость этилового спирта. Кроме того реакция этиризации с этиловым спиртом протекает значительно тяжелее.

Поэтому в ЛНТУ создано новое биодизельное топливо с использованием вместо метилового изопропилового спирта, который имеет незначительную токсичность и агрессивность. Топливо получено реакцией переэтерификации рапсового масла изопропиловым спиртом в присутствии щелочного катализатора. Математическим моделированием определено оптимальное соотношение компонентов нового биотоплива. В качестве параметра оптимизации выбрана температура застывания биотоплива.

Был определен элементарный состав (содержание углерода С, водорода Н и кислорода О) изопропилового эфира рапсового масла (ИЭРМ) в соответствии с содержанием кислот в рапсовом масле [3]: эфира эруковой кислоты – 50,0 %, олеиновой – 29,0 %, линолевой – 15 %, остальные эфиры других кислот. Экспериментальные значения эксплуатационных свойств биодизельных топлив сравнивались с требованиями ДСТУ для дизельного топлива марки «Л» (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика показателей эксплуатационных свойств дизельного и биодизельных топлив

Table 1. Comparative characteristics of operative properties indexes of diesel and biodiesel fuels

№ п/п	Наименование показателя	Метод испытания	Норма по ДСТУ 3868-99	Дизельное топливо	МЭРМ	ИЭРМ
1.	Цетановое число	ДСТУ 3868-99	Не ниже 45	47	48	49
2.	Плотность, г/см <sup>3</sup> при 15 °С	ГОСТ 3900-99	Не больше 0,860	0,84	0,88	0,88
3.	Вязкость кинематическая при 40 °С, сСт	ДСТУ 33-00	3,0-6,0 при 20 С	5,4	5,6	16,1
4.	Кислотность <sub>3</sub> , мг КОН на 100 см <sup>3</sup>	ГОСТ 5985-79	Не больше 5,0	2,7	Отсутств.	Отсутств.
5.	Температура застывания, °С	ГОСТ 20287-91	Не выше	-14	-12	-22

Новое топливо имеет лучшие потребительские свойства, в частности, низшую температуру застывания. На новое топливо получен токсиколого-гигиенический паспорт, разработаны и утверждены технические условия. На частном предприятии «Лимекс Инвест» осуществлена промышленная апробация производства предложенного биотоплива. В ближайшем будущем будут проводиться стендовые испытания дизеля на таком топливе.

Для сравнения и оценки эффективных показателей дизеля Д-240 при его работе на нефтяном дизельном топливе (ДТ) и биодизельных топливах при условии одинакового среднего эффективного давления на компьютере выполнен расчет его рабочего цикла для номинального режима. Исходные данные к расчету сведены в таблицу 2, а результаты расчета в таблицу 3.

Таблица 2. Исходные данные для расчета рабочего цикла дизеля  
Table 2. Input data for the calculation of diesel work cycle

	Показатель	ДТ	МЭРМ	ЭЭРМ	ИЭРМ
1	Элементарный состав %:				
	С	87	77,5	77,54	76,28
	Н	12,6	12,0	12,04	13,16
	О	0,4	10,5	10,42	10,05
2	Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг	14,45	12,70	12,73	12,98
3	Низшая теплота сгорания, Мдж/кг	42,44	37,50	37,56	38,33

Таблица 3. Результаты расчета эффективных показателей дизеля Д-240 при его работе на разных топливах

Table 3. Results of the calculation of effective indexes of the D-240 diesel during its work on different fuels

	Показатель	ДТ	МЕРО	ЕЕРО	ИЕРО
1	Эффективная мощность, кВт	60,43	60,76	60,76	60,88
2	Удельный эффективный расход топлива, г/кВт*час	242,63	274,54	274,06	268,05
3	Среднее эффективное давление, МПа	0,694	0,698	0,698	0,699
4	Эффективный КПД	0,350	0,350	0,350	0,350
5	Коэффициент избытка воздуха	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Содержание двуоксида углерода CO <sup>2</sup> в отработавших газах, кмоль/кг топлива	0,0725	0,0646	0,0646	0,0636

Как видно из расчетов, меньшее количество углерода в молекулах биодизельных топлив приводит к уменьшению их низшей теплоты сгорания. Поэтому для получения одинаковой эффективной мощности дизеля при его работе на нефтяном дизельном топливе и биодизельных топливах удельный эффективный расход топлива будет большим в случае использования биотоплив. Кроме того к некоторому ухудшению показателей дизеля при работе на биодизельных топливах приводит большая их вязкость по сравнению с нефтяным топливом. Следствием этого является худшее распыливание этого топлива форсунками. Поэтому некоторые исследователи рекомендуют использовать биодизельное топливо в смесях с дизельным топливом (30% биодизельного и 70% ДП).

Но среди биодизельных топлив наибольшая теплота сгорания и наименьший расход топлива в ИЭРМ, что выгодно отличает его от МЭРМ и ЭЭРМ. Наличие кислорода в молекулах биодизельных топлив позволяет интенсифицировать процесс сгорания. Другие

эффективные показатели двигателя при условии увеличения удельного эффективного расхода топлива есть одинаковыми.

Вязкость ИЭРМ более высока в сравнении с соответствующим значением нормативных требований, которое может затруднить прохождение топлива через фильтры, подачу топлива форсунками и ухудшить смесеобразование. Это можно считать недостатком ИЭРМ. Поэтому при низких температурах такое топливо целесообразно использовать в смесях с нефтяным дизельным топливом. Однако повышенная вязкость топлива обеспечит хорошую смазку деталей топливной аппаратуры дизеля. Температура застывания ИЭРМ вдвое ниже, чем в МЭРМ, и в 2,2 раза ниже, чем требует ДСТУ для нефтяного дизельного топлива марки «Л». Это важное преимущество нового продукта над существующими аналогами, ведь оно дает возможность использовать такое топливо в зимний период при температуре до  $-22^{\circ}\text{C}$ , тогда как эталонное до  $-12^{\circ}\text{C}$ . Кислотность в ИЭРМ отсутствует, то есть оно не является коррозионно активным. Зольность ИЭРМ в пределах нормы, что свидетельствует о низком содержании в биодизельных топливах минеральной золы.

Биодизельное топливо, и в первую очередь ИЭРМ, является безопаснее с точки зрения экологии. Как показали опыты, биодизель при попадании в воду не причиняет вреда живым организмам. Кроме того, он полностью биологически распадается в почве или в воде микроорганизмами за 28 дней. Проведены токсиколого-гигиенические исследования ИЭРМ позволили сделать вывод, что это топливо принадлежит в целом к 4 классу опасности (самый низкий класс).

В биодизельном топливе практически не содержится серы, благодаря чему двигатель, работающий на этом топливе, имеет практически нулевой уровень выбросов  $\text{SO}_2$ , что выгодно отличает его от дизеля, в которого выбросы оксидов серы наносят существенный вред экологии. Это особенно актуально для нашего государства, потому что в дизельном топливе, которое производится на наших нефтеперерабатывающих заводах содержание серы в несколько раз превышает допустимые нормы. Важным преимуществом двигателей, которые работают на биодизельном топливе, являются малые выбросы в атмосферу диоксида углерода, который способствует образованию парникового эффекта на Земле. Это объясняется тем, что в биодизельном топливе содержится меньше углерода, чем в нефтяных топливах.

## ВЫВОДЫ

Анализ эксплуатационных свойств биодизельных топлив свидетельствует о том, что новое биодизельное топливо имеет низшую температуру застывания, чем метиловый эфир рапсового масла, имеет низкую токсичность и агрессивность, чем является подобным этиловому эфиру рапсового масла, но значительно дешевле его.

## ЛИТЕРАТУРА

Технология переоборудования дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием для работы на природном газе (руководитель разработки Захарчук В.И.//КАТАЛОГ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ за результатами Всеукраинского конкурса инновационных технологий. - Киев, 2006. – с. 180-181.

Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. 2007.: Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. –Х.: Новое слово. – 452 с.



Физер Л., Физер М. 1966.: Органическая химия. – М.: Химия. - 782 с.

Захарчук В.И. 2010.: Применение альтернативных топлив в автотракторных дизелях// Энергосбережение. – №2. – с. 26-28.

## BIODIESEL FUEL ON THE BASIS OF IZOPROPIL ESTERS OF RAPE OIL

**Summary.** The indexes of operating properties of biodiesel fuels and results of researches of calculations of effective indexes of diesel are resulted during its work on different fuels.

**Keywords:** biodiesel fuel, izopropil ester of rape oil, operating properties.

## ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEGO SYSTEMU WIZYJNEGO DO BADANIA WPŁYWU PÓL MAGNETYCZNYCH I ELEKTROMAGNETYCZNYCH NA JAKOŚĆ POMIDORÓW

Grzegorz Zaguła, Józef Gorzelany, Czesław Puchalski

Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski

**Streszczenie.** Praca przedstawia badanie wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na jakość pomidorów odmian: Cunero, Bonaparte, Bonaparte Gronowy, DRW, Idooll, Flexxion oraz opracowanie systemu wizyjnego do określania cech zewnętrznych jak i podstawowych parametrów jakościowych. Owoce poddano działaniu trzech rodzajów pól magnetycznych tj. polu stałemu o indukcji magnetycznej z przedziału 5-100mT, zmiennemu małemu polu magnetycznemu o indukcji magnetycznej z przedziału 50-150 $\mu$ T oraz częstotliwościach z przedziału 10-100Hz, jak również zmiennemu dużemu polu magnetycznemu o indukcji magnetycznej 5-100mT i stałej częstotliwości 50Hz. Celem przeprowadzonych badań było dokonanie analizy wpływu zastosowanych pól magnetycznych na jakość owoców za pomocą metod tradycyjnych jak refraktometria, teksturometria oraz badania zawartości wody w owocach. Dokonano też analiz wybarwienia za pomocą systemu do wizyjnej analizy obrazu.

**Słowa kluczowe:** system wizyjny, pole magnetyczne, pole elektromagnetyczne, jakość owoców, pomidor.

### WSTĘP

Ziemia i żyjące na jej powierzchni organizmy przez cały czas podlegają wpływowi silnych pól magnetycznych. Źródłem silnego pola jest Słońce, ale także i sama planeta posiada wyraźne bieguny magnetyczne. Zauważa się ścisły związek między zmianami pola magnetycznego, a przebiegiem procesów życiowych na Ziemi, który uwidacznia się w rytmie przebiegu procesów fizjologicznych, biochemicznych, genetycznych i biofizycznych. Pola magnetyczne mogą mieć pozytywny i pożądaną wpływ na rośliny uprawnych. Wy tłumaczeniem tych zjawisk jest działanie pola na prędkość i kierunki rozprzestrzeniania się w roślinie cząstek materiałów budujących jej ciało. Cząsteczki te są na ogół cząsteczkami spolaryzowanymi. Pole zewnętrzne ma porządkujący wpływ na takie dipole. Pole magnetyczne o małym natężeniu wpływa korzystnie na kiełkowanie i rozwój roślin a pole magnetyczne o dużym natężeniu może zmniejszać zdolność kiełkowania i ograniczać rozwój roślin [Kornarzyński i in. 2004].

Oddziaływanie zewnętrznego, stałego pola magnetycznego może wpływać na prędkość i kierunek przemieszczania się spolaryzowanych cząstek substancji, co w konsekwencji może decydować o tempie i kierunku wielu procesów życiowych zachodzących w roślinach [Kordas 2002].

Kornarzyński [i in. 2006] wspomina w swych badaniach również o istnieniu wpływu zmiennego pola magnetycznego na różne fazy procesu kiełkowania badanych przez niego nasion kwiatów, które to mogą być użyteczne dla producentów.

Z kolei Podleśny [i in. 2006] nadmienia, że stymulacja nasion łubinu białego polem magnetycznym zwiększała dynamikę i równomierność wschodów, zwiększyła plonu wegetatywnych i generatywnych organów roślin.

Jedną z metod badania wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na jakość pomidora były systemy wizyjne. W rolnictwie i przemyśle coraz częściej wykorzystywany jest komputerowy system wizyjny. System ten jest jednym z najlepszych sposobów określania cech jakościowych owoców. Pozwala na znaczne przyspieszenie badań, co zwiększa wydajność i skrócenie czasu pomiaru. Umożliwia analizy cech zewnętrznych i wewnętrznych, system automatycznie rejestruje wszystkie badane parametry, nie uszkadzając materiału badawczego. Badania więc mogą być wykonywane wielokrotnie na tym samym owocu. Czas potrzebny na zarejestrowanie parametrów to 1 – 2 sekundy [Wojnar i in. 1994].

Guz [i in. 2000] pisze o przydatności metody wizyjnej oraz przedstawia wyniki komputerowej analizy obrazu sypkich mieszanin dwuskładnikowych na przykładzie nasion gryki poddanych procesowi obłuskiwania. Uzyskane wyniki świadczą o przydatności analizy wizyjnej jako szybkiej i bezkontaktowej metody oceny tych mieszanin.

Domagała [i in. 2007] również używa systemów wizyjnych, a mianowicie posługuje się analizą obrazów rejestrowanych podczas rozpadu skrobi w jabłkach aby wyznaczyć metodykę obliczania indeksu skrobiowego (IS) w tych owocach.

## CEL PRACY

Celem pracy było badanie wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na zawartość wody, cukru i jędrność pomidorów odmian: Cunero, Bonaparte, Bonaparte Gronowy, DRW, Idooll, Flexxion oraz opracowanie systemu wizyjnego do określania cech zewnętrznych i podstawowych parametrów jakościowych owoców.

## MATERIAŁ I METODY

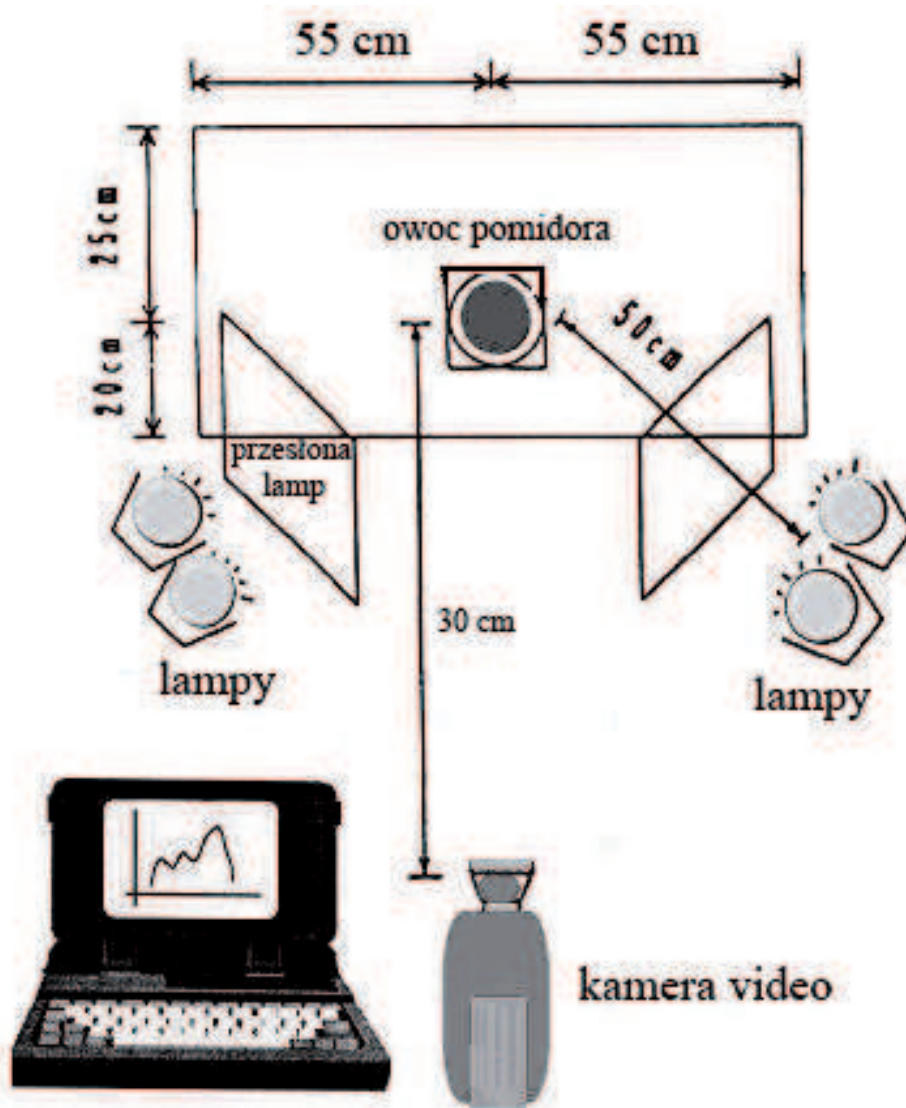
Materiał do badań laboratoryjnych stanowiły pomidory sześciu odmian tj. Cunero, Bonaparte, Bonaparte Gronowy, DRW, Idooll, Flexxion poddawane działaniu stałego, zmiennego małego oraz zmiennego dużego pola magnetycznego. Zakres wykonywanych czynności przedpomiarowych obejmował pobranie próbek każdej z odmian na plantacji w Trzebownisku koło Rzeszowa. Badania przeprowadzono w okresie między lipcem i wrześniem 2008 r. Pomidory hodowane były w szklarni o jednakowych warunkach klimatyczno – glebowych. Każda z odmian poddawana była działaniu trzech rodzajów pól magnetycznych i elektromagnetycznych: pole stałe o indukcji magnetycznej 5, 10 i 100 mT otrzymane w wyniku działania dwóch magnesów neodymowych o powierzchni 100 cm<sup>2</sup>. Pola zmienne małe otrzymano w wyniku działania przenośnego zestawu cewek z falownikami w różnych kombinacjach indukcji pola magnetycznego 50, 100, 150 μT i częstotliwości tego pola tj. 10, 50, 100 Hz (9 kombinacji). Do osiągnięcia dużego zmiennego pola magnetycznego wykorzystano cewkę zasilaną z dwóch autotransformatorów prądu przemiennego łączonych równolegle, a transformatory zasilone były z generatora prądu przemiennego. Każda z cewek miała średnicę 80 mm.

Poddawanie owoców działaniu pól magnetycznych odbywało się w miesiącach wakacyjnych. Magnesowanie odbywało się bezpośrednio na krzakach, w okresie wegetacyjnym, w dawkach 5 minutowych na każdy cykl, po pięć dawek na każdą z piętnastu sztuk owocu danej odmiany i stosowanego pola magnetycznego. Odstępy między kolejnymi cyklami magnesowania wynosiły pięć dni, a obiekty umieszczane były w samym środku cewek aby zapewnić możliwie jednorodny rozkład pola magnetycznego.

Zbiór każdorazowo odbywał się w jednakowych terminach dla poszczególnych odmian. Przechowywanie owoców aż do momentu wykonania pomiarów jakościowych realizowane było w komorach klimatycznych przy stałej kontroli temperatury na poziomie 9°C i wilgotności 90%.

Pomidory w okresie dojrzałości pełnej przetransportowano do stanowisk badawczych i poddano obróbce na systemie wizyjnym, aparacie do pomiaru jędrności i refraktometrze. Za pomocą metody suszarkowej wyznaczono procentową zawartość wody w badanych owocach.

Stanowisko pomiarowe do rejestracji cech zewnętrznych z opisem elementów przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat komputerowego systemu wizyjnego  
Fig. 1. Machine vision system

W zaprojektowanym stanowisku uwzględniono systemy regulacji, których celem jest stworzenie optymalnych i powtarzalnych warunków pomiaru. Systemy regulacji umożliwiają zmianę położenia kamery w płaszczyźnie pionowej i poziomej, prędkości obrotowej obiektu badań, ustawienia oświetlenia, usytuowania przesłon.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości podstawowych trzech kolorów systemu RGB oraz ich współczynniki zmienności dla poszczególnych grup owoców.

Wyniki badań wykazały iż największy wpływ na wybarwienie pomidora wywarło pole magnetyczne o najniższych indukcjach (50-150 $\mu$ T). W czterech przypadkach na sześć odnotowano najwyższe współczynniki czerwieni zieleni i niebieskiego, co oznacza według skali systemu RGB ich najsłabsze wybarwienie w rozkładzie na trzy podstawowe wartości liczbowe współczynników R (red-czerwony), G (green-zielony) i B (blue-niebieski) (tabela 1). Możliwy wynik dla poszczególnych kolorów oscyluje w przedziale 0-255.

Stwierdzono, że największy wpływ na intensywność wybarwienia owoców barwą czerwoną miało pole magnetyczne stałe (5-100mT). W trzech przypadkach na sześć analizowanych wartości współczynnika R były najniższe co świadczy o ich najmocniejszym wybarwieniu tym kolorem. Średni wzrost intensywności wybarwienia w stosunku do próby zerowej wyniósł odpowiednio: dla odmiany Cunero – 4,7%, dla odmiany Gronowy – 3,7%, dla odmiany Idooll – 9,5%.

Następne pomiary (ze względu na ich inwazyjność) zostały przeprowadzone za pomocą maszyny wytrzymałościowej typu Zwick. Za ich pomocą oszacowano średnią jędrność dla poszczególnych odmian pomidora poddawanych działaniu pól magnetycznych. Ich wyniki przedstawia tabela 2.

Po dokonaniu pomiarów na maszynie wytrzymałościowej u badanych owoców zmierzono procentową zawartość sumy cukrów w miąższu za pomocą ręcznego refraktometru typu PAL o zakresie pomiarowym 0,0 – 0,93 % Brix oraz rozdzielczości 0,1 % Brix.

Procentowa zawartość wody w pomidorze określono metodą suszarkową przy ustalonej temperaturze 70° C, czas suszenia – 96 godz.

Stwierdzono, że największy wpływ na zawartość wody oraz jędrność ma pole magnetyczne o najniższych indukcjach (50-150 $\mu$ T). We wszystkich analizowanych przypadkach poza jędrnością przy odmianie Gronowy na pomidorach odnotowano te parametry na najwyższym poziomie. Średni wzrost zawartości wody i jędrności w porównaniu do próby zerowej oscylował odpowiednio na poziomie: dla odmiany Cunero – 0,6% i 1,5%, dla odmiany Bonaparte – 0,2% i 1,0%, dla odmiany DRW – 1,9% i 4,5%, dla odmiany Idooll – 0,2% i 0,8%, dla odmiany Flexxion – 0,3% i 6,9%.

Najkorzystniej na zawartość cukrów najkorzystniej oddziaływały pola magnetyczne zmienne zarówno te o dużej jak i małej indukcji. Zawartość cukru w trzech przypadkach najwyższa była dla pola zmiennego dużego (5-100mT) i w dwóch dla pola magnetycznego zmiennego małego (50-150 $\mu$ T). Średni wzrost zawartości cukrów w owocach oscylował dla pola zmiennego dużego i małego kolejno o: 10-26% i 4-39%. Wyjątkiem okazała się odmiana Gronowy dla której nie stwierdzono istotnych różnic w poziomie zawartości tego składnika.

Stwierdzono istotne korelacje między jędrnością pomidorów, a liczbowymi współczynnikami podstawowych kolorów systemu wizyjnej analizy obrazu. Zestawienie poszczególnych zależności przedstawia tabela 3.

Tabela 1. Średnie wartości trzech podstawowych barw skali RGB dla sześciu odmiany pomidorów przy zastosowaniu kolejnych pól magnetycznych  
 Table 1. Average results of three basic colour RGB for tomatoes after using different magnetic fields

ODMIANA	RODZAJ POLA	R (0-255)	V (%)	G (0-255)	V (%)	B (0-255)	V (%)
Cunero	Stałe	202	0,42	80	0,88	69	0,63
	Zmienne duże	202	0,58	82	1,64	69	1,06
	Zmienne małe	<b>216</b>	0,51	<b>94</b>	1,60	<b>75</b>	0,87
	Próba zerowa	212	0,85	92	3,07	71	2,02
Bonaparte	Stałe	206	0,43	68	1,25	68	0,31
	Zmienne duże	207	0,28	66	0,46	67	0,34
	Zmienne małe	<b>208</b>	0,31	<b>69</b>	0,54	<b>69</b>	0,52
	Próba zerowa	199	0,16	66	0,24	63	0,25
Gronowy	Stałe	208	0,48	73	0,66	73	0,40
	Zmienne duże	208	0,38	85	1,92	85	0,35
	Zmienne małe	<b>220</b>	0,52	<b>81</b>	1,26	<b>81</b>	0,26
	Próba zerowa	216	0,51	81	1,32	64	0,21
DRW	Stałe	<b>230</b>	0,24	<b>116</b>	0,48	<b>92</b>	0,58
	Zmienne duże	214	0,29	102	0,55	77	0,48
	Zmienne małe	212	0,26	102	0,48	70	0,64
	Próba zerowa	224	0,03	113	0,02	77	0,04
Idooll	Stałe	218	0,46	70	1,39	59	0,37
	Zmienne duże	231	0,16	84	0,91	65	0,40
	Zmienne małe	234	0,38	85	1,40	67	0,46
	Próba zerowa	<b>241</b>	0,20	<b>92</b>	0,70	<b>70</b>	0,45
Flexxion	Stałe	203	0,37	78	0,98	78	0,63
	Zmienne duże	205	0,62	81	1,56	81	1,27
	Zmienne małe	<b>210</b>	0,81	<b>83</b>	1,34	<b>84</b>	0,95
	Próba zerowa	186	0,22	62	0,47	61	0,54

Źródło: Obliczenia własne autora.

Stałe – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji z przedziału 5 – 100mT.

Zmienne małe – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 50– 150  $\mu$ T i częstotliwości 10-100Hz.

Zmienne duże – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 5– 100mT i częstotliwości 50Hz.

Próba zerowa – owoce nie poddane działaniu żadnego z pól magnetycznych.

V – współczynnik zmienności.

Tabela 2. Średnie wartości parametrów zawartości wody, cukru i jędrności dla sześciu odmian pomidorów przy zastosowaniu kolejnych pól magnetycznych

Table 2. Average parameter values of the water and sugar levels and firmness for tomatoes after using different magnetic fields

ODMIANA	RODZAJ POLA	WODA (%)	V (%)	CUKIER (%Brix)	V (%)	JĘDRNOŚĆ (N)	V (%)
Cunero	Stałe	<b>95,0</b>	0,01	2,7	1,13	25,5	0,14
	Zmienne duże	94,8	0,04	2,8	1,64	25,9	0,15
	Zmienne małe	<b>95,0</b>	0,03	<b>2,8</b>	0,98	<b>26,1</b>	0,13
	Próba zerowa	94,4	0,06	2,7	0,37	25,7	0,16
Bonaparte	Stałe	94,7	0,04	2,1	1,37	28,0	0,15
	Zmienne duże	94,2	0,03	2,4	1,72	28,4	0,16
	Zmienne małe	<b>94,9</b>	0,03	<b>3,2</b>	1,03	<b>29,0</b>	0,14
	Próba zerowa	94,7	0,03	2,3	0,75	28,7	0,12
Gronowy	Stałe	94,0	0,03	<b>3,1</b>	0,67	32,8	0,12
	Zmienne duże	94,3	0,05	<b>3,1</b>	0,58	38,3	0,23
	Zmienne małe	<b>94,8</b>	0,04	<b>3,1</b>	1,04	38,7	0,19
	Próba zerowa i	93,5	0,04	<b>3,1</b>	1,38	38,7	0,18
DRW	Stałe	94,3	0,04	2,8	1,12	49,1	0,27
	Zmienne duże	94,3	0,03	<b>3,2</b>	0,63	50,0	0,19
	Zmienne małe	<b>94,5</b>	0,04	2,7	1,00	<b>50,9</b>	0,14
	Próba zerowa	93,8	0,00	2,9	0,00	48,7	0,08

Idooll	Stałe	94,0	0,04	3,3	0,57	25,2	0,17
	Zmienne duże	94,4	0,05	<b>3,4</b>	0,56	25,5	0,19
	Zmienne małe	<b>94,9</b>	0,04	3,1	0,88	<b>25,8</b>	0,19
	Próba zerowa	94,7	0,03	2,7	0,93	25,6	0,16
Flexxion	Stałe	95,0	0,01	2,8	0,82	30,5	0,13
	Zmienne duże	94,9	0,03	<b>2,9</b>	0,95	30,5	0,12
	Zmienne małe	<b>95,1</b>	0,02	<b>2,9</b>	0,94	<b>30,7</b>	0,15
	Próba zerowa	94,8	0,01	2,5	0,81	28,7	0,09

Źródło: Obliczenia własne autora.

Stałe – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji z przedziału 5 – 100mT.

Zmienne małe – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 50– 150  $\mu$ T i częstotliwości 10-100Hz.

Zmienne duże – owoce poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 5– 100mT i częstotliwości 50Hz.

Próba zerowa – owoce nie poddane działaniu żadnego z pól magnetycznych.

V – współczynnik zmienności.

Tabela 3. Współczynniki korelacji poszczególnych parametrów jędrnościowych dla sześciu odmian pomidorów z liczbowymi współczynnikami koloru

Table 3. Correlation between firmness for six species of tomatoes and colour vision system

ODMIANA	WIELKOŚĆ KORELACJI DLA POSZCZEGÓLNYCH BARW		
	R	G	B
Cunero	0,41	0,41	0,41
Bonaparte	0,55	0,64	0,33
Gronowy	0,81	0,93	0,50
DRW	0,51	0,48	0,40
Idooll	0,32	0,41	0,32
Flexxion	0,57	0,53	0,61

Źródło: Obliczenia własne autora.

Wyniki te szczególnie dla odmiany Bonaparte Gronowy stwarzają perspektywy na przyszłość o możliwości zbudowania modelu matematycznego korzystającego z systemu wizyjnego do bezpośredniego, szybkiego i bezinwazyjnego szacowania jędrności owocu bez potrzeby wykonywania prób wytrzymałościowych



## WNIOSKI

Stwierdzono istotny wpływ zastosowanych pól magnetycznych zmiennych małych o indukcji z przedziału 50-150 $\mu$ T i częstotliwości 10-100Hz na zawartości wody i jędrność owoców pomidora.

Stwierdzono istotny wpływ pól magnetycznych zmiennych dużych o indukcji z przedziału 5-100mT i częstotliwości 50Hz oraz pól magnetycznych zmiennych małych o indukcji z przedziału 50-150 $\mu$ T i częstotliwości 10-100Hz na zawartość cukrów w pomidorach.

Zawartość wody i jędrność średnio były wyższe dla pól magnetycznych zmiennych małych w porównaniu do próby zerowej o odpowiednio: 0,2-0,8% oraz 0,8-6,9%.

Pole magnetyczne zmienne o indukcji 5-100mT spowodowało średni wzrost zawartości cukrów o 18% w porównaniu do próby zerowej, natomiast pole magnetyczne zmienne o indukcji 50-150 $\mu$ T wzrost o 21% w odniesieniu do tej samej próby.

Stwierdzono wpływ pól magnetycznych zmiennych małych na wybarwienie pomidora trzema podstawowymi barwami powodujące odnotowanie poziomów jasności dla tych barw na najwyższym poziomie.

Odnotowano istotny wzrost poziomu wybarwienia pomidorów barwą czerwoną przy zastosowaniu pól magnetycznych zmiennych o indukcjach 5-100mT i częstotliwości 50Hz. Wzrost ten odnotowano dla trzech odmian z sześciu badanych i wyniósł on średnio 3,7-9,5%.

Stwierdzono istotną korelację dla trendu wielomianowego II stopnia między jędrnością a poszczególnymi kolorami systemu RGB szczególnie dla odmiany Gronowy gdzie współczynniki te wyniosły kolejno: R – 0,81; G – 0,93 i B – 0,50.

Badania wykonane w ramach grantu własnego nr **2 P0G R 093 30**.

## PISMIENNICTWO

- Domagała D., Guz T. 2007.: Zastosowanie wybranych metod analizy obrazu podczas obserwacji rozpadu skrobi w jabłkach. Inżynieria Rolnicza. Nr 5 (93). s. 81-87).
- Guz T., Panasiewicz M. 2000.: Wykorzystanie systemu wizyjnego do oceny skuteczności procesu obłuskiwania gryki. Inżynieria Rolnicza. Nr 7 (18). s. 65-69.
- Kordas L. 2002.: Wpływ magnetycznej biostymulacji materiału siewnego pszenicy jarej na jej rozwój i plonowanie. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 226(90). s. 69-76.
- Kornarzyński K., Gładyszewska B., Pietruszewski S., Segit Z., Łacek R. 2004.: Ocena wpływu zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie ziarniaków pszenicy twardej. Acta Agrophysica nr 4(1). Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie. s. 59-68.
- Kornarzyński K., Łacek R. 2006.: Wpływ pola magnetycznego i elektrycznego na kiełkowanie nasion wybranych roślin kwiatowych. Inżynieria Rolnicza. Nr 5 (80).
- Podleśny J., Pietruszewski S. 2006.: Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy łubinu białego (*Lupinus albus* L.). Inżynieria Rolnicza. Nr 6 (81).
- Wojnar L., Majorek M. 1994.: Komputerowa analiza obrazu. Wyd. Fotobit Design. Kraków.

## USING A COMPUTER VISION SYSTEM TO INVESTIGATE THE EFFECT OF MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE QUALITY OF TOMATOES

**Summary.** This work presents the research on influence of the magnetic and electromagnetic fields on the quality of tomatoes of the following varieties: Cunero, Bonaparte, Grape Bonaparte, DRW, Idooll, Flexxion, as well as the study of a computer vision system for defining the external features and basic qualitative parameters. The fruits were subjected to three kinds of magnetic fields: the direct field of magnetic induction ranging from 5 mT to 100 mT, the alternating small magnetic field of magnetic induction ranging from 50  $\mu$ T to 150  $\mu$ T and the frequency of 10 Hz to 100 Hz, and also the alternative large magnetic field of magnetic induction of 5 mT to 100 mT and direct frequency of 50 Hz. The aim of the conducted research was to analyse the influence of the applied magnetic fields on the quality of the fruits by traditional methods such as the refractometry method, texture method as well as the examination of water content in the fruits. Also, an analysis of the fruits colouring was conducted by the computer vision system.

**Key words:** vision system, magnetic field, electromagnetic field, fruit quality, tomato.

## SPIS TREŚCI

### **Zbigniew Burski**

JUBILEUSZ DZIESIĘCIOLECIA „TEKI” KOMISJI MOTORYZACJI I ENERGETYKI  
ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE ..... 5

### **Stanisław Sosnowski**

10 LAT WYŻSZEJ SZKOŁY INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNEJ W RZESZOWIE..... 13

### **Leonid Aniskevych, Dmytro Voityuk, Stanislav Smolinsky**

РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ЗА  
ПРОГНОСТИЧНИМИ КАРТОГРАМИ ВРОЖАЙНОСТІ ..... 15

### **Artur Borek**

TENDENCJE ZMIAN W SYSTEMACH BEZPIECZEŃSTWA BIERNEGO W OCHRONIE  
PIESZYCH NA PODSTAWIE AKTYWNYCH POKRYW SILNIKA..... 23

### **Artur Boguta, Wiktor Pietrzyk**

OCENA PARAMETRÓW ŚWIETLNYCH ŻARÓWEK HALOGENOWYCH  
STOSOWANYCH W REFLEKTORACH SAMOCHODOWYCH..... 30

### **Marcin Buczaj, Maciej Drożdż**

WEWNĘTRZNY SYSTEM DIAGNOSTYKI UKŁADU OŚWIETLENIA W POJAZDACH  
SAMOCHODOWYCH..... 36

### **Marcin Buczaj, Andrzej Sumorek**

WIRTUALNY SYSTEM NADZORU STERUJĄCY PRACĄ SYSTEMU SYGNALIZACJI  
WŁAMANIA I NAPADU ..... 46

### **Norbert Chamier-Gliszczyński**

KRYTERIA OCENY REALIZACJI ODZYSKU Z SWE..... 54

### **Norbert Chamier-Gliszczyński**

ODZYSK ELEMENTÓW SAMOCHODU PO JEGO KASACJI ..... 60

### **Georgij Cherevko, Oleg Krupych, Iryna Cherevko, Wołodmyr Kowaliw**

THE ECONOMY OF BIOFUELS PRODUCTION IN UKRAINE:  
CHANCES AND CHALLENGES..... 66

### **Ihor Flys**

ENGINEER PROJECT MANAGEMENT OF PRODUCTION  
AND PROCESSING COMPLEXES ..... 75

<b>Ihor Flys, Andrij Naida, Vitalii Sokoliuk, Oleh Boiko</b> STRUCTURAL PARAMETERS OF A MACHINE FOR APPLE SLICING.....	82
<b>Józef Kowalczyk, Franciszek Bieganowski</b> ANALIZA JAKOŚCI PRACY ŁUSZCZARKI DO BOBU ŁB-2 .....	88
<b>Józef Kowalczyk, Tomasz Figiel</b> EKONOMICZNA OCENA PRODUKCJI CZERWONEJ PORZECZKI W WYBRANYM GOSPODARSTWIE JAGODOWYM .....	94
<b>Piotr Kuźniar, Stanisław Sosnowski</b> ENERGIA OTWARCIA STRĄKÓW FASOLI A WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH ELEMENTÓW ICH BUDOWY .....	99
<b>Ryszard Lipski, Stanisław Orliński</b> WPLYW SKŁADU PALIWA MIKROEMULSYJNEGO WĘGLOWODOROWO-ESTROWO-ETANOLOWEGO NA EFEKTYWNE WSKAŹNIKI PRACY SILNIKA PERKINS-1104C-44.....	108
<b>Piotr Piątkowski, Ryszard Lewkowicz</b> WPLYW KINEMATYKI ŁADUNKU NAPŁYWAJĄCEGO DO KOMORY SPALANIA NA EFEKTYWNOŚĆ PORCESU SPALANIA W SILNIKACH TŁOKOWYCH .....	115
<b>Volodymir Bulgakov, Sergiy Pylypaka, Wojciech Przystupa</b> ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ВЫСЕВАЮЩЕМ АППАРАТЕ.....	122
<b>Artur Przywara, Magdalena Kachel-Jakubowska, Janusz Nowak</b> OCENA ZBIORU SŁOMY NA PODSTAWIE WYBRANYCH TECHNOLOGII .....	132
<b>Sebastian Styła</b> ANALIZA MOŻLIWOŚCI I FUNKCJONALNOŚĆ ELEKTRONICZNYCH LICZNIKÓW DYSTRYBUTORÓW PALIW .....	139
<b>Andrzej Sumorek, Marcin Buczaj</b> PRZYSZŁOŚĆ MAGISTRALI LOCAL INTERCONNECT NETWORK .....	145
<b>Mirosław Uzdowski</b> EKOLOGICZNE ASPEKTY ZMIAN KONSTRUKCYJNYCH W TŁOKOWYCH SILNIKACH SPALINOWYCH .....	158
<b>Mirosław Uzdowski</b> MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOGAZU DO ZASILANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH.....	167
<b>Grzegorz Wcisło</b> OKREŚLENIE WPLYWU TEMPERATURY I SZYBKOŚCI ŚCINANIA NA LEPKOŚĆ DYNAMICZNĄ OLEJÓW SILNIKOWYCH Z DODATKIEM BIOPALIWA RME.....	173

**Grzegorz Wcisło**

WYZNACZENIE CIEPŁA SPALANIA ORAZ WARTOŚCI OPALOWEJ  
ULEPSZONYCH ODMIAN RZEPAKU..... 181

**Виктор Захарчук, Валентина Ткачук**

БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ИЗОПРОПИЛОВЫХ ЭФИРОВ  
РАПСОВОГО МАСЛА ..... 188

**Grzegorz Zaguła, Józef Gorzelany, Czesław Puchalski**

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEGO SYSTEMU WIZYJNEGO DO BADANIA  
WPŁYWU PÓL MAGNETYCZNYCH I ELEKTROMAGNETYCZNYCH  
NA JAKOŚĆ POMIDORÓW..... 194

