

ZASILANIE GAZOWE SILNIKÓW ROLNICZYCH

Kazimierz Lejda, Artur Jaworski

Zakład Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Politechnika Rzeszowska

Streszczenie. W pracy przedstawiono możliwości zastosowania silników zasilanych paliwami gazowymi (LPG, gazem ziemnym) w rolnictwie. Z pewnością stosowanie paliw gazowych, zarówno do silników pojazdów rolniczych, jak i silników maszyn stacjonarnych wykorzystywanych w rolnictwie (generatorów, agregatów), jest uzasadnione ekonomicznie. Obecnie wykorzystywanie napędów gazowych w polskim rolnictwie jest jeszcze znikome.

Słowa kluczowe: paliwa gazowe, zasilanie gazowe, silnik rolniczy, silnik gazowy, układy kogeneracyjne

WSTĘP

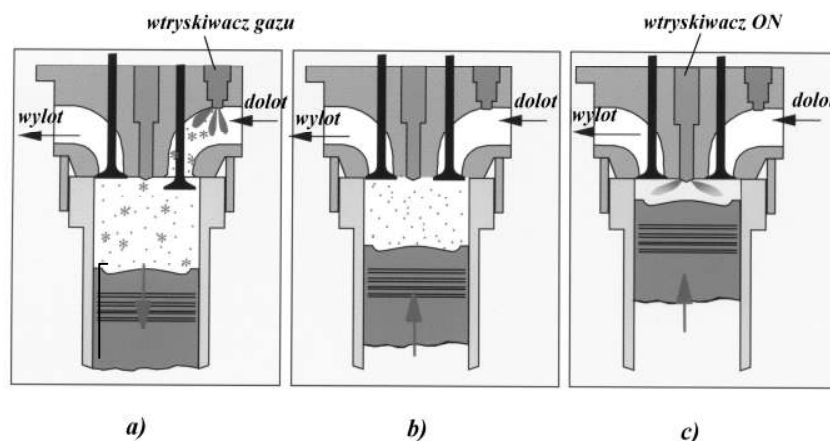
Stosując paliwa gazowe, przy odpowiedniej adaptacji silnika, uzyskujemy zmniejszenie kosztów eksploatacji i obniżenie emisji składników toksycznych w spalinach. Względy te powodują, że od wielu lat stosuje się paliwa gazowe do zasilania silników pojazdów poruszających się po drogach publicznych. Znaczną grupę pojazdów stanowią również pojazdy rolnicze, które głównie poruszają się poza drogami publicznymi i mają istotny udział w emisji związków szkodliwych do środowiska [Lindgren 2004]. Ważne znaczenie w tym aspekcie stanowią również silniki rolnicze wykorzystywane w warunkach stacjonarnych. Przystosowanie silników rolniczych do zasilania paliwami gazowymi wniosłoby korzystny wkład w poprawę czystości środowiska [Propan as a fuel...]. Silniki spalinowe wykorzystywane w rolnictwie są w większości jednostkami wysokoprężnymi zasilanymi olejem napędowym (ON). Są dwie możliwości zasilania wysokoprężnych silników rolniczych paliwem gazowym [Flekiewicz 1999, Gettled *i in.*; Hill i Gunavan; Żółtkowski i Jarczewski 2000]:

- w systemie dwupaliwowym (dual-fuel), przy jednoczesnym zasilaniu silnika ON i paliwem gazowym (rys. 1),
- w systemie jednopaliwowym, w którym silnik z ZS przekonstruowany jest na silnik o ZI (rys. 2).

Przystosowanie tych silników do pracy na paliwie gazowym związane jest z wieloma problemami [Lejda i Jaworski 2000, 2003]. Problemy te dotyczą głównie:

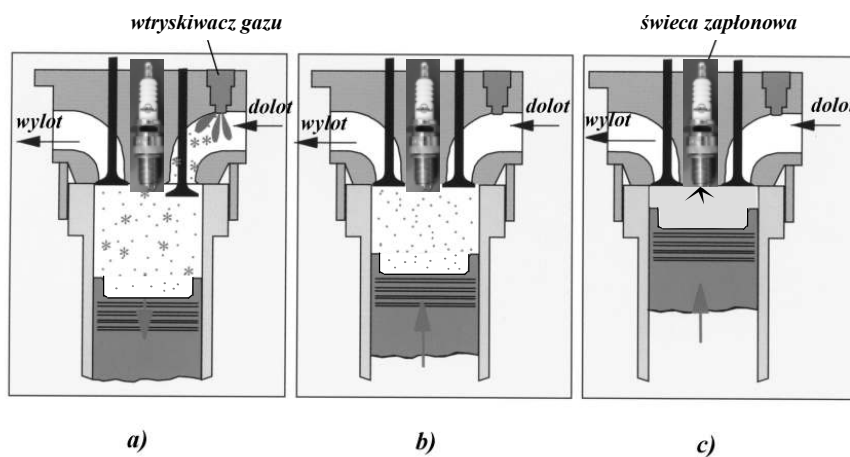
kosztów adaptacji instalacji, tankowania paliwa, trwałości silnika, umiejscowienia zbiornika na pojeździe rolniczym, bezpieczeństwa obsługi i eksploatacji.

Spośród paliw gazowych najczęściej do zasilania silników spalinowych stosowane są: gaz ziemny (CNG – sprężony, LNG – skroplony), ciekła mieszanina propanu i butanu (LPG) oraz biogaz. Podstawowe parametry tych paliw przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Schemat wybranych faz pracy silnika zasilanego w systemie dual-fuel przy zastosowaniu układu wtrysku paliwa gazowego do kolektora dolotowego: a) zassanie mieszanki gazowo-powietrznej, b) sprężanie, c) wtrysk dawki ON inicjującej zapłon mieszanki gazowo-powietrznej

Fig. 1. Principal working processes of dual-fuel engine with gaseous fuel injection into suction manifold: a) gas-air mixture suction, b) compression, c) pilot diesel fuel injection dose for beginning of gas-air mixture ignition



Rys. 2. Schemat wybranych faz pracy silnika ZI zasilanego z wtryskiem paliwa gazowego do kolektora dolotowego: a) zassanie mieszanki gazowo-powietrznej, b) sprężanie, c) przeskok iskry między elektrodami świecy zapłonowej i rozpoczęcie procesu spalania

Fig. 2. Principal working processes of SI engine with gaseous fuel injection into suction manifold: a) gas-air mixture suction, b) compression, c) spark-over between sparking plug electrodes and beginning of combustion process

Tabela 1. Podstawowe parametry wybranych paliw gazowych [Molenda 1996, Merkisz 1999]

Table 1. Basic parameters of essential gaseous fuels

Właściwość		Olej napędowy	LPG (70% butanu)	Gaz ziemny – metan	Biogaz	Wodór – H
Wartość opałowa MJ/kg		42,5	45,78	50	17,5	120
Wartość opałowa mieszanki stechiometrycznej MJ/kg		2,74	2,77	2,74	2,46	3,42
Gęstość kg/m ³	cieczy gazu	815-855	540 2,06	424 0,72	1,2	71 0,09
Liczba oktanowa LOB		-	105	110		70
Granice wybuchowości, %		0,6 6,5	2 9	5 15	5 20	4 75
Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania L_t , kg/kg		14,5	15,5	17,2	6,1	34

SILNIKI POJAZDÓW ROLNICZYCH

Indywidualne gospodarstwa rolnicze w Polsce są w przeważającej części małe. Ze względu na małą ich powierzchnię oraz prace sezonowe, użytkowanie pojazdów rolniczych jest niewielkie. Powoduje to, że ich właściciele nie są zainteresowani zastosowaniem paliw gazowych do zasilania silników swoich pojazdów rolniczych. Zastosowaniem paliw gazowych są natomiast zainteresowani właściciele dużych gospodarstw rolnych, dla których zasilanie gazowe stanowiłoby znaczącą korzyść ekonomiczną. Jest to podstawowy czynnik, który może zdecydować o zastosowaniu paliwa gazowego do zasilania silnika pojazdu. Efekty ekonomiczne zależą natomiast od zakresu użytkowania pojazdu rolniczego (czasu użytkowania i obciążenia), które ma wpływ na zużycie paliwa, co przy różnicy cen paliw daje określony zysk.

Istnieją empiryczne zależności, które określają średnią wielkość zużycia paliwa przez silnik pojazdu rolniczego. Poniżej przedstawiono przykładowe wzory na obliczenie średniego zużycia paliwa przez silnik ciągnika rolniczego [Grisso *i in*]:

– zasilanego benzyną

$$Q_{benz} = 0,305 \cdot P \quad (1)$$

gdzie:

Q_{benz} – średnie godzinowe zużycie benzyny, dm³/h,

P – moc użyteczna silnika, kW.

– zasilanego olejem napędowym

$$Q_{benz} = 0,305 \cdot P \quad (2)$$

gdzie:

Q_{ON} – średnie godzinowe zużycie oleju napędowego, dm³/h.

– zasilanego LPG

$$Q_{LPG} = 0,366 \cdot P \quad (3)$$

gdzie:

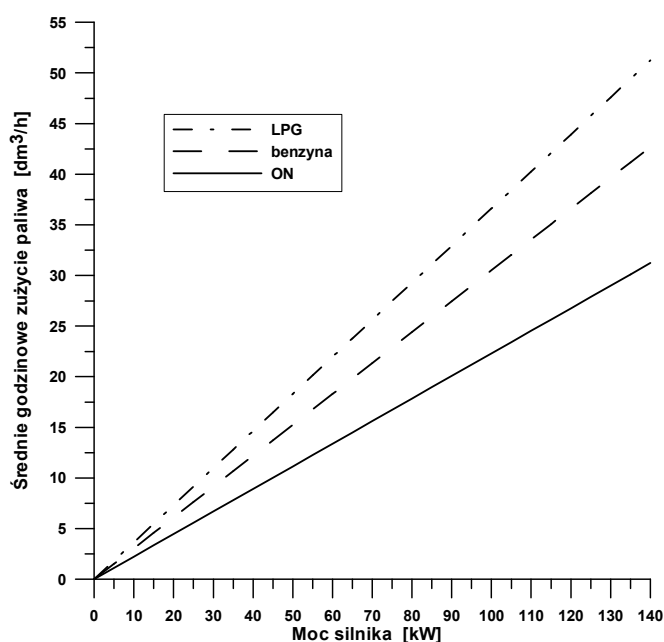
Q_{LPG} – średnie godzinowe zużycie LPG, dm^3/h .

Dla zasilania gazem ziemnym można przyjąć następującą zależność:

$$Q_{NG} = 0,305 \cdot P \quad (4)$$

gdzie:

Q_{NG} – średnie godzinowe zużycie gazu ziemnego, dm^3/h .



Rys. 3. Zależność średniego godzinowego zużycia paliw od mocy silnika ciągnika rolniczego

Fig. 3. Dependence of mean fuel consumption on power of farm tractor engine

Potencjalnym obszarem zastosowania paliw gazowych jest również ich wykorzystanie do zasilania silników ciągników i maszyn stosowanych w dużych gospodarstwach sadowniczych.

W kraju m.in. firma NGV AUTOGAS [Rutkowski M. i Rutkowski J. 1998] przeprowadziła szereg prac związanych z przystosowaniem silników ciągników do zasilania paliwami gazowymi, które przedstawia tabela 2.

Pomimo zrealizowanych prac adaptacyjnych silników ciągników do zasilania paliwami gazowymi, zainteresowanie w kraju ich szerszym wykorzystaniem jest znikome.

Znacznie szersza oferta pojazdów zasilanych paliwami gazowymi (głównie LPG) dotyczy wózków widłowych.

Tabela 2. Prace wdrożeniowe dotyczące wykorzystania paliw gazowych do zasilania silników ciągników rolniczych przez NGV AUTOGAS

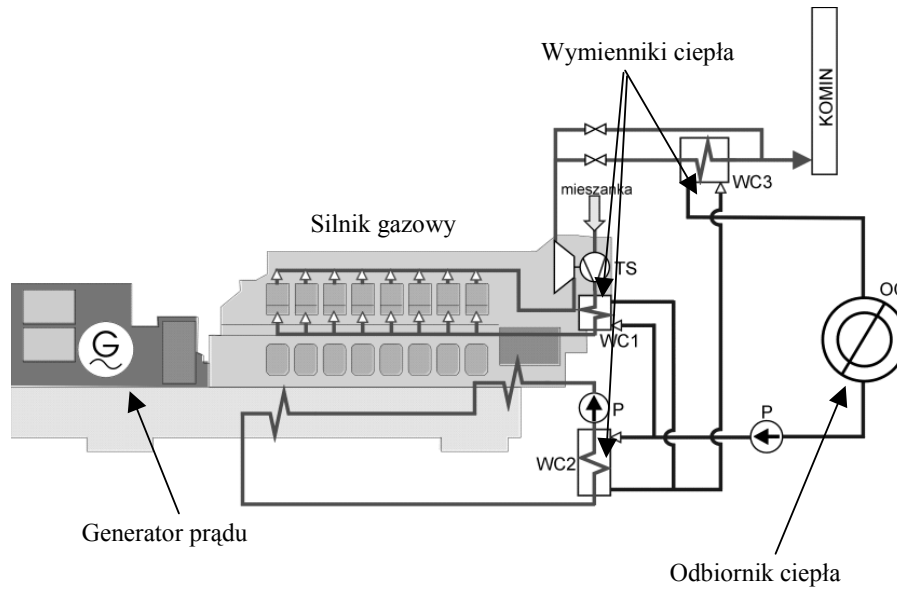
Table 2. Practical application of gaseous fuels for farm tractor engines through NGV AUTOGAS

Opis adaptacji	Miejsce wdrożenia
Przystosowanie ciągnika MF z silnikiem AD3.152 do zasilania gazem ziemnym	Centrala Ogrodnicza POLSAD k. Krakowa
Przystosowanie mikrociągnika „Ghepard” z silnikiem Ruggerini do zasilania gazem ziemnym	Praca wykonana dla SIPMA Lublin
Przystosowanie ciągnika klasy 14 KN do zasilania gazem ziemnym	Gospodarstwo rolne pod Tarnowem
Przystosowanie ciągnika klasy 14 KN (URSUS) do zasilania gazem propan-butan	Producent ciągnika rolniczego – FC URSUS
Badania trwałościowe silnika AD 3.152 zasilanego gazem ziemnym	Producent ciągnika rolniczego FC URSUS
Mikrociągnik z silnikiem 1-cyl. Ruggerini zasilany gazem propan-butan	Praca wykonana dla SIPMA Lublin
Badanie ciągnika URSUS 4512 zasilanego gazem propan-butan, opracowanie układów zasilania gazem propan-butan	Praca wykonana dla IBMER
Badania eksploatacyjne ciągnika Ursus 4512 zasilanego gazem propan-butan	Ciągnik jest eksploatowany w gospodarstwie rolnym szkoły rolniczej

SILNIKI STACJONARNE

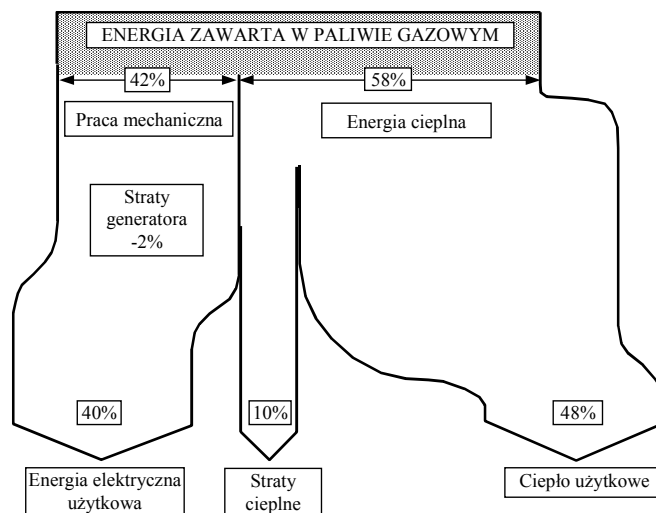
Znacznie większe zainteresowanie w gospodarstwach rolniczych dotyczy wykorzystania agregatów prądotwórczych oraz kogeneracyjnych napędzanych silnikami zasilanymi paliwami gazowymi (rys. 4). W układach kogeneracyjnych, poza energią elektryczną, wykorzystywana jest energia cieplna generowana przez silnik. Charakteryzują się one wysoką sprawnością energetyczną. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy bilans energetyczny takiego układu.

Przykładem są dwa gospodarstwa szklarniowe w Stężycy k. Lublina, gdzie zainstalowano trzy agregaty kogeneracyjne ABB wyposażone w silniki gazowe firmy Caterpillar o mocy elektrycznej 1,03 MW i mocy cieplnej 1,7 MW każdy oraz jeden agregat kogeneracyjny wyposażony w silnik hiszpańskiej firmy Guascor o mocy elektrycznej 0,93 MW i mocy cieplnej 1,3 MW. Agregat został wyposażony w katalityczny reaktor spalin, co pozwala skierować CO₂ do atmosfery wewnątrz szklarni. Efektem końcowym spalania gazu ziemnego, oprócz energii elektrycznej i cieplnej, jest para wodna i tlen. Właściciele obu firm zbudowali na własny koszt 6,7 km gazociągu F250 (do ujęcia gazu ziemnego w pobliskiej kopalni), co pozwoliło im wynegocjować cenę gazu bez opłaty przesyłowej. Agregaty pracują po około 4000 godzin w ciągu roku, a uzyskana energia elektryczna i cieplna są zużywane we własnym zakresie [Podziemski i Bałut 2003].



Rys. 4. Układ kogeneracyjny z tłokowym silnikiem spalinowym

Fig. 4. Cogeneration system with internal combustion engine



Rys. 5. Bilans energetyczny skojarzonego układu z gazowym silnikiem spalinowym

Fig. 5. Energy balance of cogeneration system with gas internal combustion engine

W miejscowości Zgłobień na Podkarpaciu w gospodarstwie ogrodniczym wykorzystywane jest zasilanie gazem ziemnym w układzie kogeneracyjnym z silnikiem Iveco o mocy elektrycznej 100 kW. Celem tej inwestycji było uzyskanie energii elektrycznej do doświetlania uprawy pomidorów oraz energii cieplnej z gazu ziemnego, który został doprowadzony z kopalni ropy naftowej Nosówka odległej o 600 m.

Kolejnym przykładem wykorzystania lokalnych zasobów gazu ziemnego jest Grabownica k. Brzozowa, gdzie od wielu lat w układzie kogeneracyjnym pracują trzy silniki spalinowe polskiej produkcji. Do ich zasilania wykorzystywany jest gaz z kopalni Grabownica. Uzyskana energia elektryczna pozwala na doświetlanie roślin (m.in. uprawy ogórków), a wykorzystywane ciepło pochodzi nie tylko z układu chłodzenia silników, ale również z wymiennika ciepła chłodzącego spaliny.

PODSUMOWANIE

Zasilanie silników pojazdów rolniczych paliwami gazowymi jest jeszcze bardzo rzadko stosowane. Małe zainteresowanie rolników paliwami gazowymi wynika głównie z kosztów adaptacji pojazdu rolniczego do zasilania gazowego. Przy stosunkowo krótkich okresach eksploatacji rocznej maszyn wykonujących sezonowe prace czas zwrotu nakładów poniesionych na adaptację jest bardzo długi. Również przy zakupie nowego ciągnika producenci nie oferują wersji zasilanej paliwami gazowymi [Materiały ofertowe...].

Większe zainteresowanie obserwuje się w zakresie zasilania gazowego silników stacjonarnych wykorzystywanych w rolnictwie. Firmy produkujące agregaty prądotwórcze oraz kogeneracyjne (wytwarzające jednocześnie energię elektryczną i ciepłą) mają w swoich ofertach wersje przystosowane do zasilania LPG oraz gazem ziemnym. Zespoły te wykorzystywane są głównie do zapewnienia odpowiednich warunków cieplnych, wymaganych przy hodowli roślin w warunkach szklarniowych oraz na potrzeby własne w gospodarstwach.

Z uwagi na reorientację krajów Unii Europejskiej w kierunku szerszego wykorzystywania paliw gazowych, w tym głównie gazu ziemnego, należy spodziewać się również w Polsce wzrostu zainteresowania wykorzystywaniem silników gazowych w rolnictwie.

PIŚMIENNICTWO

- Flekiewicz M. 1999: Systemy zasilania paliwem gazowym w samochodach ciężarowych i autobusach. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji, 66, 37–40.
- Gettled L.E., Perry G.C., Boisvert J.: Microprocessor Dual-Fuel Diesel Engine Control System. SAE 861577, 952–961.
- Grisso R., Kocher M.F., Vaughan D.H.: Predicting tractor fuel consumption. Report from the Nebraska Tractor Test Laboratory.
- Hill P. G., Gunavan H.: Intensifier-Injector for Natural Gas Fuelling of Diesel Engines. SAE 921553, 270–283.
- Lejda K., Jaworski A. 2000: Problemy zasilania gazowego silników samochodowych. Mat. V Międzyn. Konf. Nauk. „Silniki gazowe 2000”. Częstochowa, 229–246.
- Lejda K., Jaworski A. 2003: Problemy zasilania gazowego silników rolniczych. Mat. Konferencji Międzynarodowej MOTROL 2003 nt. „Motoryzacja i energetyka rolnictwa”, 5, 92–100.

- Lindgren M. 2004: Engine exhaust gas emissions from non-road mobile machinery. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Materiały ofertowe i reklamowe firm z lat 2000-2004: H. Cegielski-Fabryka Silników Agregatowych i Trakcyjnych Spółka z o.o., GESCO, WSW „Diesel” Mielec, Perkins, Bosch, RICARDO, AVL, Fabryka Ciągników URSUS Sp. z o.o
- Merkisz J. 1999: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Molenda J. 1996: Gaz ziemny. Paliwo i surowiec. WNT, Warszawa.
- Podziemski T., Bałut H. 2003: W XXI wieku gaz ziemny źródłem prądu, ciepła i chłodu. Energetyka i Ekologia, 5.
- Propan as a fuel for vehicles and tractors. Energy Factsheet. Ministry of Agriculture. Canada
- Rutkowski M., Rutkowski J. 1998: NGV w Polsce. Zesz. Nauk.-Techn. Oddz. Krakowskiego SITK 60, 51–62.
- Żółtkowski A., Jarczewski M. 2000: Adaptacja trakcyjnych silników o ZS do zasilania paliwami gazowymi. Mat. V Międzyn. Konf. Nauk. „Silniki gazowe 2000”, Częstochowa, 387–394.

GAS FUELLING OF AGRICULTURAL ENGINES

Summary. The present paper presents the possibility of using gas engines (LPG, natural gas) in agriculture. There are considered the farm tractor engines and CHP engines (generators, conditioning units). At present application of gaseous engines in the Polish agriculture is still very poor.

Key words: gaseous fuels, gaseous fuel feed, agrimotor, gas engine, kogeneration systems

Recenzent: prof. dr hab. Jerzy Merkisz