

## KONCEPCJA POJAZDU SADOWNICZEGO Z NAPĘDEM PNEUMATYCZNYM

Ireneusz Hetmańczyk, Waław Hepner  
*Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych, Politechnika Opolska*

Dominika Matuszek, Katarzyna Szwedziak  
*Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono koncepcję zastosowania napędu pneumatycznego do wolnobieżnego, ultralekkiego pojazdu sadowniczego. Zastosowanie silników pneumatycznych stwarza możliwość radykalnego uproszczenia konstrukcji układu napędowego pojazdu. Możliwe jest również zastosowanie proponowanego rozwiązania do napędu innych pojazdów rolniczych charakteryzujących się niską energochłonnością ruchu.

**Słowa kluczowe:** napęd pneumatyczny, silnik pneumatyczny, platforma sadownicza, łązik księżycowy

### Wprowadzenie

Obecnie w użyciu znajduje się cały szereg pojazdów sadowniczych z napędem spalinowym bądź elektrycznym (rys. 1, 2) [Przyrowski 2011, Hansen 2011, Lehnart 2010].



Źródło <http://www.firmaweremczuk.com.pl/new/upload/be04307f8cc1.JPG>

Rys. 1. Przykładowa platforma z napędem spalinowym  
Fig. 1. An exemplary platform with a diesel drive






Źródło [www.bermartec.com/](http://www.bermartec.com/)

Rys. 2. Przykładowa platforma z napędem elektrycznym  
Fig. 2. An exemplary platform with an electric drive

Pojazdy te charakteryzują się stosunkowo dużą masą własną i znaczną mocą silnika napędowego. Jednak analiza rynku wykazała, że do napędu niewielkich pojazdów sadowniczych wystarczające okazują się jednostki silnikowe o mocy ok. 2 kW (tabela 1).

Tabela 1. Dane techniczne samojezdnych platform sadowniczych  
Table 1. Technical data of mobile fruit picking platforms

Nazwa producenta	Ditta Seria	Tyrolese	BerMarTec
Widok			
Masa [kg]	2100	1800	1390-1570
Ładowność [kg]	2400	1400	Brak danych
Rodzaj napędu	Silnik spalinowy ZS	Silnik spalinowy ZS	Silnik elektryczny
Moc silnika [kW]	21,5	21,7	2,0 (24V)
Szerokość podestu [m]	1,45-2,20	1,58-3,50	1,00-2,10
Wysokość podestu [m]	1,10-1,64	1,15-2,20	0,95-2,60

Źródło: Materiały reklamowe firm: Ditta Seria, Tyrolese, BerMarTec

Tymczasem prędkość poruszania się pojazdu przy zbiorze owoców jest wyjątkowo niska, rzędu  $0,5-1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Z racji niskiego zapotrzebowania na moc napędową nie muszą być stosowane typowe mechanizmy jezdne, kierownicze, napędowe czy silniki. Szacowana moc oporów ruchu takiego pojazdu przy założeniu niskiej masy i niskich nacisków jednostkowych na grunt nie powinna przekroczyć 1 kW [Hetmańczyk 2005, Siłka, Hetmańczyk 2008]. W tej sytuacji możliwym do przyjęcia systemem napędu mógłby być zespół łopatkowych silników pneumatycznych [Sosin 2008]. Silniki takie są powszechnie stosowane w przemyśle, mają małą masę w stosunku do rozwijanych mocy a ich charakterystyki robocze, dzięki zastosowaniu przekładni planetarnych dają się modyfikować w bardzo szerokim zakresie. W opracowaniu przedstawiono koncepcję wyspecjalizowanej samobieżnej platformy sadowniczej o zminimalizowanej masie i uproszczonych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Pojazd miałby być wyposażony w wysokociśnieniowe kompozytowe zasobniki powietrza, dopełniane w miarę potrzeby z bazowej stacji kompresorowej czasowo lokalizowanej w pobliżu miejsca zbiorów.

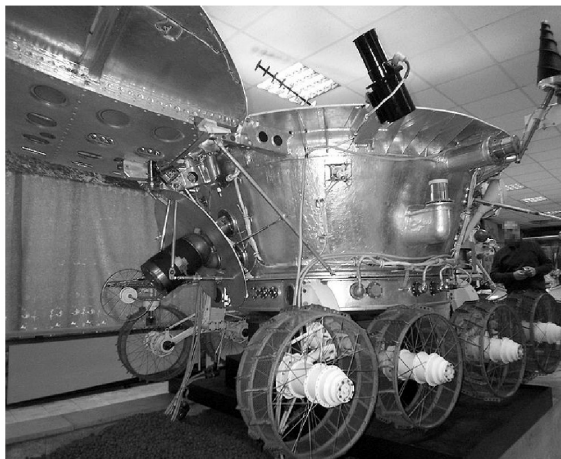
Przyjęto następujące założenia konstrukcyjne:

- napęd pneumatyczny (rys. 3),
- brak sprzęgła i skrzyni biegów,
- brak układu kierowniczego,
- brak układu hamulcowego,
- konstrukcja zawieszenia wzorowana na pojeździe księżycowym (rys. 4),
- kompozytowe zbiorniki ciśnieniowe (rys. 5),
- stacja bazowa zasilania (rys. 6).



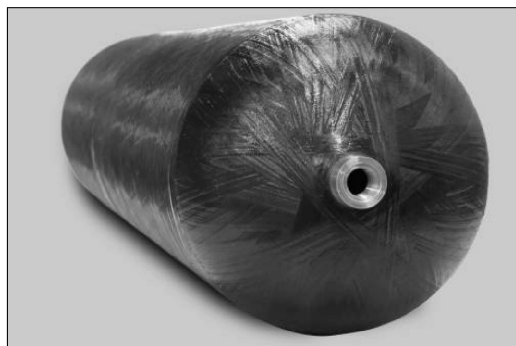
Źródło: materiały reklamowe firmy  
Ingersoll Rand

Rys. 3. Silniki pneumatyczne  
Fig. 3. Pneumatic engines



Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Lunokhod-3\\_side.jpg&filetimestamp=20090426125151](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Lunokhod-3_side.jpg&filetimestamp=20090426125151)

Rys. 4. Łazik księżycowy „Lunochod”  
Fig. 4. "Lunokhod" Lunar Rover



Źródło: [http://www.gazeo.pl/img/e74962f8\\_large.jpg](http://www.gazeo.pl/img/e74962f8_large.jpg)

Rys. 5. Zbiornik kompozytowy  
Fig. 5. Composite container



Źródło: materiały reklamowe Paramina Greece

Rys. 6. Stacja kompresorowa Mistral 6  
Fig. 6. Mistral 6 compressor station

### Pojazdy o napędie pneumatycznym

Silniki o napędie pneumatycznym z powodzeniem znajdują zastosowanie jako źródło zasilania pojazdów drogowych – głównie lekkich i ultralekkich (rys.7, 8, 9, 10, 11, 12) chociaż znane są historyczne rozwiązania napędów tramwajów miejskich i lokomotyw (rys. 13,14).



Źródło: [autoconverse.com/files/2010/12/volvomotion.jpg](http://autoconverse.com/files/2010/12/volvomotion.jpg)

Rys. 7. Samochód koncepcyjny firmy Volvo  
Fig. 7. Volvo concept car



Źródło: <http://www.carsdesignspot.com/wp-content/uploads/2010/11/Cool-Honda-Air-Car-Concept-Pictures-500x375.jpg>

Rys. 8. Samochód koncepcyjny firmy Honda  
Fig. 8. Honda concept car



Źródło: <http://www.inhabitat.com/wp-content/uploads/mdi-tata-cars.jp>

Rys. 9. Samochód firmy MDI/Tata Motor  
Fig. 9. MDI/Tata Motor car



Źródło: <http://www.carsdesignspot.com/wp-content/>

Rys. 10. Samochód firmy MDI  
Fig. 10. MDI car

Koncepcja pojazdu sadowniczego...



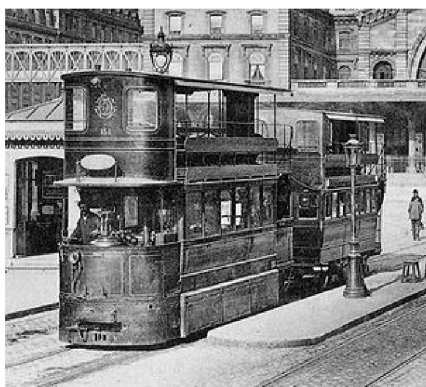
Źródło: [www.gizmos.pl/index.php/page/141/](http://www.gizmos.pl/index.php/page/141/)

Rys. 11. Rower na targach w Shanghaju  
Fig. 11. A bicycle at the trade shows in Shanghai



Źródło: <http://www.motorcycle-usa.com/312/1478/Motorcycle-Article/The-Future-of-Alternative-Motorcycles.aspx>

Rys. 12. Rower ze Stansfield  
Fig. 12. Stansfield bicycle



Źródło:  
[http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Ludwik\\_M%C4%99karski\\_spx](http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Ludwik_M%C4%99karski_spx)

Rys. 13. Tramwaj na ulicach Paryża (1900 r.)  
Fig. 13. A tram in the streets of Paris (1900)



Źródło: [www.ask.com/wiki/Pneumatic\\_motor](http://www.ask.com/wiki/Pneumatic_motor)

Rys. 14. Lokomotywa Homestake Mine (1928 r.)  
Fig. 14. Homestake Mine locomotive (1928)

### Charakterystyka elementów pneumatyki siłowej

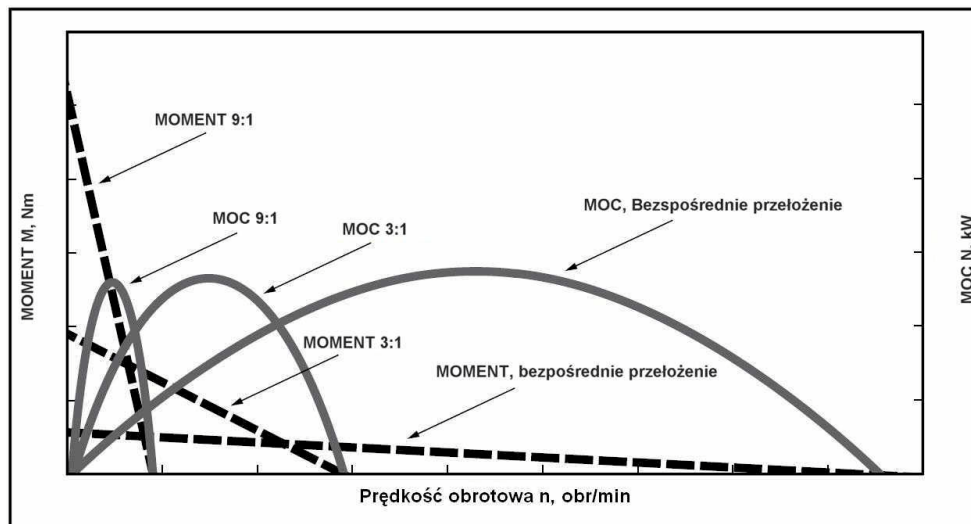
W poniższej tabeli przedstawiono dane techniczne przykładowej rodziny silników pneumatycznych.

Tabela 2. Dane techniczne przykładowej rodziny silników pneumatycznych  
Table 2. Technical data of an exemplary group of pneumatic engines

Model	Moc [kW]	Maksymalna prędkość obrotowa [obr·min <sup>-1</sup> ]	Moment [N·m]	Masa [kg]
22ME-3600	0,21	4400 (1940)	1,0 (1,6)	0,5
22ME-2250	0,21	2900 (1215)	1,4 (2,4)	0,5
22ME-900	0,21	1080 (455)	3,5 (6,4)	1,1
22ME-540	0,21	680 (280)	5,7 (10,2)	1,1
22ME-360	0,19	420 (185)	8,8 (14,9)	1,1
M002RVR101AR3	0,08	209 (104)	9,1 (15,2)	0,54
M002RVR159AR3	0,08	132 (66)	14,5 (19,3)	0,54
2202ME-3200	0,28	3600 (1650)	1,8 (2,7)	0,7
2202ME-2000	0,28	2300 (1100)	2,7 (4,1)	0,7
2202ME-750	0,28	850 (420)	7,5 (11,3)	1,0
2202ME-480	0,28	550 (270)	10,9 (17,6)	1,0
2202ME-320	0,27	350 (170)	18,3 (27,1)	1,0
M004RVR050AR3	0,23	280 (140)	12,3 (16,5)	1,2
M004RVR083AR3	0,23	169 (84)	20,6 (27,5)	1,2
33ME-720	0,56	750 (370)	13,3 (19,9)	1,8
33ME-405	0,55	425 (210)	23,7 (36,1)	1,8
33ME-220	0,54	220 (105)	43,8 (65,8)	1,8
M007RVR119BR6	0,46	148 (74)	48 (64)	3,4
M007RVR151BR6	0,46	117 (58)	61 (81)	3,4
M007RVR188BR6	0,46	94 (47)	76 (102)	3,4
M007RVR275BR6	0,46	64 (32)	111 (148)	3,4
M007RVR374BR6	0,46	47 (23)	152 (202)	3,4

Źródło: Broszura reklamowa Silniki Pneumatyczne firmy Ingersoll Rand

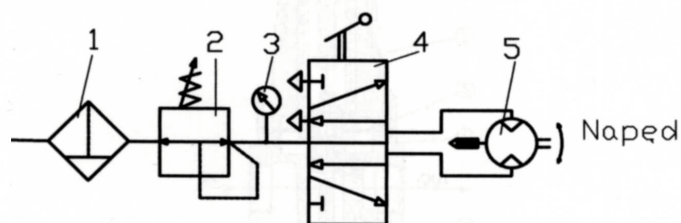
Charakterystyka robocza silnika pneumatycznego (rys. 15) jest korzystna dla napędu pojazdu ze względu na opadającą w funkcji obrotów krzywą momentu. Maksimum mocy silnika występuje przy połowie zakresu prędkości obrotowej i dla tych parametrów należałoby zaprojektować skojarzenie z silnika z kołami napędowymi. Szacunkowe zużycie powietrza przy mocy 0,1 kW wynosi ok. 4 l·s<sup>-1</sup>.



Źródło: własne na podstawie [http://www.ingersollrand.pl/download/Process%20Solutions/IRITS-0409044\\_AirMotorsDD.pdf](http://www.ingersollrand.pl/download/Process%20Solutions/IRITS-0409044_AirMotorsDD.pdf)

Rys. 15. Poglądowy wykres przebiegu momentu obrotowego i mocy silnika pneumatycznego w zależności od zastosowanego przełożenia przekładni planetarnej (1:1 ... 9:1)

Fig. 15. A pictorial graph of the course of engine torque and the power of pneumatic engine in relation to the applied planetary transmission ratio (1:1...9:1)



Rys. 16. Schemat ideowy napędu pneumatycznego: 1 – filtr, 2 – zawór regulacyjny (reduktor), 3 – manometr, 4 – zawór rozdzielający, 5 – silnik pneumatyczny

Fig. 16. A schematic diagram of a pneumatic drive: 1 – filter, 2 – control valve (reducer), 3 – manometer, 4 – distribution valve, 5 – pneumatic engine

### Układ jezdny

Przewiduje się rozwiązanie specjalnego zawieszenia kół jezdnych wzorowanego na łażniku księżycowym „Lunochod”. Zawieszenie takie obejmuje z każdej strony dwa wahacze zamocowane obrotowo, łożyskujące po dwa koła jezdne o specjalnej konstrukcji. Zastosowanie silników pneumatycznych o odpowiednio dużym momencie obrotowym i niskiej szybkoobrotowości powinno pozwolić na zamocowanie ich w piastach kół.



Źródło: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Lunokhod\\_detail.jpg/220px-Lunokhod\\_detail.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Lunokhod_detail.jpg/220px-Lunokhod_detail.jpg)

Rys. 16. Zawieszenie i koła łazika księżycowego „Lunochod”  
Fig. 16. Suspension and wheels of "Lunokhod" lunar rover

Przewiduje się zastosowanie czterech silników o mocy rzędu 0,2 kW każdy, po jednym w skrajnych kołach [Siłka, Hetmańczyk 2008]. Zawieszenie przymocowane będzie do ramy platformowej o kształcie prostopadłościennym mieszczącej trzy lub cztery zbiorniki wysokociśnieniowe (30 MPa) [Hepner, Hetmańczyk 2006]. Każdy z silników będzie sterowany niezależnie, co pozwoli na zmianę kierunku ruchu platformy. W ten sposób zbędny staje się układ kierowniczy, hamulcowy i napędowy. Tak rozwiązane zawieszenie nie wymaga elementów sprężystych a jednocześnie pozwoli na poruszanie się pojazdu w nierównym terenie przy minimalnych przechyłach bocznych.

### Uwagi końcowe

Opisane dotychczas uproszczenia konstrukcyjne pojazdu mogą być zastosowane tylko w warunkach nizinnych gdzie moc oporów toczenia jest stała i niewielka [Hetmańczyk 2005]. Pod tym warunkiem zapas powietrza w zbiornikach może wystarczyć na kilka godzin pracy. Wydaje się, że proponowane rozwiązanie może stanowić uzupełnienie istniejącej oferty handlowej przynosząc konstrukcję ultralekką i stosunkowo tanią. Zaproponowany schemat pneumatycznego układu napędowego może być zastosowany również w innych pojazdach rolniczych przeznaczonych do powolnej jazdy (wózki magazynowe, opryskiwacze, inne pojazdy sadownicze). Napęd pneumatyczny nie wyklucza również ruchu ze znacznymi prędkościami jednak wysokie zużycie powietrza znacząco zmniejsza zasięg pojazdu. Do najważniejszych zalet napędu pneumatycznego można zaliczyć bezobsługowość posezonową (brak akumulatorów elektrochemicznych) oraz bezobsługowość bieżącą (wymiana oleju, filtrów). Ze względu na mocno uproszczoną konstrukcję platformy oraz zastosowanie typowych silników pneumatycznych koszty produkcji powinny być znacząco niższe w stosunku do oferowanych obecnie konstrukcji [Papson i inni 2010]. Proponowana bazowa stacja kompresorowa może obsługiwać naprzemiennie kilka platform sadowniczych w zależności od wydajności kompresora. Napęd kompresora może stanowić silnik elektryczny (zasilany np. przez panele fotowoltaiczne) lub spalinowy (zasilany biogazem).



Technologia zastosowana przy sprężaniu powietrza jest dużo prostsza niż ta stosowana w pojazdach elektrycznych czy hybrydowych. Zasilanie platformy powietrzem powinno się odbywać ze zbiornika magazynowego w czasie zaledwie kilku minut. Tego typu system umożliwia zastąpienie jednej rozbudowanej tradycyjnej platformy szeregiem platform mniejszych, co powinno usprawnić zbiór owoców.

## Bibliografia

- Hepner W., Hetmańczyk I.** 2006. SYSTER – The study of styling of an oldtimer car, The 4<sup>th</sup> Symposium with International Participation KOD. Palić, Serbia i Crna Gora. s. 249-251.
- Hetmańczyk I.** 2005. Wyznaczanie podstawowych oporów ruchu na podstawie próby wybiegu. Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej. Seria Mechanika Z. 81. Opole. s. 17-27.
- Papson A., Creutzig F., Schipper L.** 2010. Compressed air vehicles: a drive cycle, analysis of vehicle performance, environmental impacts, and economic costs. Annual Meeting of the Transportation Research Board, Publication on Transportation Research Record.
- Przyrowski J.** 2011. Nowoczesna technika na MTAS cz.I. Owoce, Warzywa, Kwiaty Nr 6. Warszawa.
- Silka W., Hetmańczyk I.** 2008. Analiza wpływu stylu jazdy na energochłonność ruchu samochodu, Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji, Konstrukcja, badania, eksploatacja, technologia pojazdów samochodowych i silników spalinowych, PAN Kraków. Z. 33-34. s. 373-381.
- Sosin Z.** 2008. Niekonwencjonalne napędzanie samochodów – sposób na obniżenie kosztów transportu i zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska. Foton 102. Instytut Fizyki. Uniwersytet Jagielloński. Kraków. s. 39-47.
- Lehnert R.** 2010. Platform transforms orchard work, Good Fruit Grower 12.
- Hansen M.** 2011. New orchard technologies are coming. Good Fruit Grower 1.

## A CONCEPT OF A FRUIT PICKING VEHICLE WITH A PNEUMATIC DRIVE

**Abstract.** The study presents an applicable concept with regard to a pneumatic slow-speed drive, an ultra-light fruit picking vehicle. The use of compressed air engines makes it possible to considerably simplify the design of the power transmission system of the vehicle. It is also possible to use the suggested solution for a drive of other farm vehicles characterized by low energy consumption during traffic.

**Key words:** pneumatic drive, pneumatic engine, fruit-picking platform, lunar vehicle

### Adres do korespondencji:

Ireneusz Hetmańczyk; e-mail: i.hetmanczyk@po.opole.pl  
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych  
Politechnika Opolska,  
ul. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole