

Wskaźnik optymalizacji pracy silników spalinowych stosowanych w rolnictwie

W artykule przedstawiono nową metodę oceny pracy silnika ciągnika rolniczego pod względem optymalnego wykorzystania pola podaży mocy. Na podstawie stworzonego wskaźnika optymalizacji porównano dwa okresy pracy silnika ciągnikowego Z 8401.12 eksploatowanego w różnych warunkach agrotechnicznych. Stwierdzono, że wskaźnik optymalizacji pracy silnika może być miarą porównawczą silników o różnych mocach oraz o różnych zakresach obciążeń.

Słowa kluczowe: *ciągnik rolniczy, silnik spalinowy, wskaźnik optymalizacji*

Optimization index of combustion engines used in agriculture

A new method of agricultural tractor engine work evaluation in the scope of maximum use of power supply was presented in the article. On the basis of the optimization index that was created, two diagrams of tractor engine work Z 8401.12 were compared in different agricultural conditions. It was stated that the engine optimum working index may be a comparable measurement of engines with different powers and load ranges.

Key words: *agricultural tractor, combustion engine, optimum working index*

1. Wstęp

Podczas produkcji ciągników istnieje problem stopniowania mocy w typoszeregach. Oznacza to, że przy zakupie użytkownik wybiera ciągnik o mocy innej, z reguły większej od optymalnie wymaganej do posiadanego parku maszyn współpracujących. Odstępstwo od doboru właściwej mocy sprawia, że wiele prac wykonywanych jest przy większym udziale energii niż jest to wymagane. Oprócz strat energii związanych ze wzrostem masy ciągnika znaczną rolę odgrywają straty związane ze spadkiem sprawności ogólnej silnika pracującego przy niepełnych obciążeniach, a przez to i ze wzrostem jednostkowego zużycia paliwa

Optymalizacja pracy silnika, oprócz regulacji parametrów związanych bezpośrednio z procesem spalania i wymiany ładunku, polega m.in. na zapewnieniu pracy silnika przy możliwie dużej sprawności ogólnej. Taki stan można osiągnąć poprzez właściwy wybór przełożenia w układzie napędowym pojazdu. Korzystne jest zatem aby w zakresie tej samej mocy uzyskać możliwie duży moment obrotowy przy możliwie małej prędkości obrotowej wału korbowego silnika.

W ciągnikach rolniczych, dzięki zastosowaniu reduktora oraz wzmacniacza momentu, liczba uzyskiwanych przełożeń jest znacznie większa w porównaniu z pojazdami samochodowymi. W zakresie jednej roboczej prędkości jazdy ciągnika możliwych jest kilka różnych ustawień przełożeń i odpowiadających im prędkości obrotowych wału korbowego silnika. Fakt ten wykorzystywany jest do optymalizacji pracy silników ciągnikowych, szczególnie w zakresie małych i średnich obciążeń, poprzez stosowanie techniki jazdy GUTD (*Gear Up Throttle Down*), dzięki której oszczędności w zużyciu paliwa mogą wynieść nawet do 20% [2].

Z dostępnej literatury znane są metody oceny i porównania silników pojazdów drogowych w aspekcie ich opty-

1. Introduction

During production of tractors there is a problem of power gradation in series of types. It means that when buying a tractor a user chooses one with a different power, usually greater than optimally required for the available cooperating. This deviation from choosing appropriate power results in many works performed with higher contribution of energy than necessary. Apart from energy losses due to the tractor mass increase, there are losses related to the decrease of the tractor general capacity when not working under full load and, thus with increase of unit fuel consumption.

Engine work optimization consists of, apart from adjusting parameters directly related to the combustion process and charge exchange, among others, engine operation at possibly high general efficiency. Such a condition can be achieved by proper choice of drive ratios in the power transmission system of the vehicle. It is therefore advantageous to obtain, within the same power, a possibly high torque at a possibly low engine speed.

In agricultural tractors, due to the use of a reducer and torque amplifier, the number of obtained drive ratios is significantly bigger as compared with cars. In the range of one operating speed of a tractor, there are several possibilities of gear ratios and their relevant engine speeds. This fact is used for the optimization of agricultural tractor operation, especially in the range of small and medium load, by applying GUTD driving technique (*Gear Up Throttle Down*), due to which the economies in the fuel consumption can be as high as 20% [2].

On the basis of available literature, evaluation and comparison methods of road vehicle engines in the aspect of their optimum use in operation, are known. The ratio of fuel consumption per 100 km [8] is very helpful and reliable. However, in the case of agricultural tractors it may not be totally

malnego wykorzystania w eksploatacji. Bardzo przydatny i miarodajny jest przy tym wskaźnik przebiegowego zużycia paliwa na 100 km [8]. Jednak w przypadku ciągników rolniczych nie może on być w pełni obiektywny, ponieważ nie uwzględnia wykorzystania ciągnika w pracach polowych lub napędach stacjonarnych.

Ocena i poprawa wskaźników ekonomiki pracy silnika powinna odbywać się w oparciu o charakterystykę gęstości czasowej, uwzględniającą rozkład warunków pracy silnika w jego konkretnym zastosowaniu, tak jak ma to miejsce np. w badaniach pojazdów drogowych wg założonego w teście profilu prędkości [1, 8]. W obszarze eksploatacji ciągników brak jest tego typu badań. Nieliczne, prowadzone w tym zakresie próby wskazują jedynie na fakt niepełnego wykorzystania mocy silników ciągnikowych w gospodarstwach rolnych ze wskazaniem na możliwość poprawy ekonomiki pracy poprzez optymalny wybór przełożeń [6].

Stworzenie bezwymiarowego wskaźnika, określającego w jakim stopniu praca silnika odpowiada warunkom optymalnym, pozwoliłoby na pełniejszą ocenę efektywności wykorzystania silnika ciągnikowego, niezależnie od jego mocy znamionowej czy też zakresów obciążeń. Celem badań było wyznaczenie zależności charakteryzującej bezwymiarowy wskaźnik optymalizacji pracy silnika oraz porównanie na jego podstawie dwóch sporządzonych charakterystyk gęstości czasowej silnika Z 8401.12. Ze względu na brak tego typu wskaźnika w technice motoryzacyjnej postanowiono nadać mu nazwę OWI (*Optimum Working Index*).

2. Metodyka badań

Klasyczne sporządzenie charakterystyki uniwersalnej silnika spalinowego polega na pomiarze wskaźników pracy silnika w co najmniej 50 punktach określających stany pracy oraz aproksymację uzyskanych wartości pomiędzy tymi punktami. Uzyskana w ten sposób mapa przedstawia pełen obraz jednostkowego zużycia paliwa g_c . Można również, przy tworzeniu charakterystyki uniwersalnej posłużyć się metodą modelu, dzięki której liczba punktów pomiarowych ograniczona zostaje do 9 [3]. Jak wykazują badania, optymalne osiągi dla większości silników ZS stosowanych w rolnictwie, naniesione na bezwymiarową charakterystykę uniwersalną są podobne [3, 7]. Optymalna praca silnika odbywa się w punkcie o najmniejszym jednostkowym zużyciu paliwa g_c .

Jeśli silnik pracuje z mocą N_s w zakresie od 0 do 100% mocy znamionowej $N_{z\text{nam}}$ to można wyznaczyć optymalne punkty pracy silnika odpowiadające minimum jednostkowego zużycia paliwa g_c przy każdej podanej mocy N_s (rys. 1).

Przedstawiona powyżej analiza, ze względu na graficzną interpretację, wymaga ustalenia jednej, bezwymiarowej skali obu osi. Stąd też wprowadzono następujące oznaczenia (1):

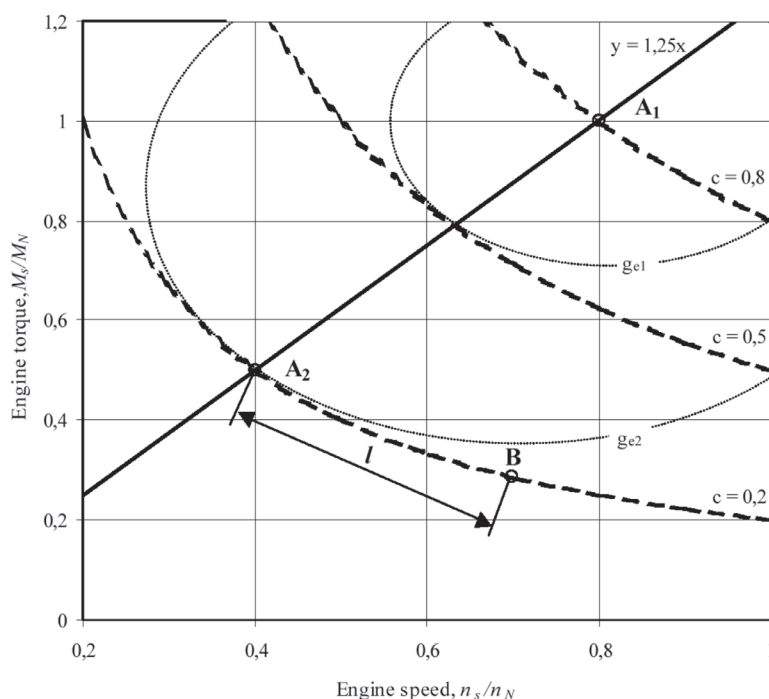
unbiased as it does not take into consideration the work of the tractor in field works as well as in stationary operation.

Evaluation and improvement of the engine operation economics shall be performed on the basis of the characteristics of time density, taking into account the distribution of engine work conditions in its particular use as is the case in road vehicle examination in accordance with a speed profile assumed in the test [1, 8]. In the area of tractor operation there are no such examinations. Rare trials in the said scope indicate only the fact of a merely partial usage of tractor engines on the farms, which in turn indicates the possibility of improving the operation economics by optimum choice of drive ratios. [6].

The creation of no-dimension indicator that would specify to what extent the work of the engine responds to the optimum conditions would let to fuller evaluation of the tractor engine usage efficiency, regardless of its rated power or load ranges. The aim of the research was to establish the dependence that characterizes the no-dimension indicator of engine work optimization, and on this basis, a comparison of two characteristics of time density of the Z 8401.12 engine that were performed. Due to lack of this kind of indicator in the scope of automotive technique, it was decided that it shall be called OWI (*Optimum Working Index*).

2. Research methodology

Classic characteristics of the combustion engine consists of measurement of engine work indicators at minimum 50 points specifying work status and approximation of the obtained values among the points. The map obtained in the above mentioned way presents a complete picture of unit consumption g_c . It is also possible, when creating universal



Rys. 1. Graficzny sposób interpretacji wskaźnika OWI
Fig. 1. Graphic way of OWI indicator interpretation

$$x = \frac{n_s}{n_N}, \quad y = \frac{M_s}{M_N}, \quad c = \frac{N_s}{N_{znam}}, \quad (1)$$

gdzie:

n_s – chwilowa prędkość obrotowa wału korowego silnika, n_N – prędkość obrotowa przy mocy znamionowej, M_s – chwilowy moment obrotowy silnika, M_N – moment obrotowy przy mocy znamionowej, N_s – chwilowa moc silnika, N_{znam} – moc znamionowa silnika.

Założono również, że interpretacja wskaźnika OWI, odbywać się będzie w polu charakterystyki uniwersalnej silnika jako charakterystyki statycznej. Założenie takie przyjęto ze względu na mniejszy udział stanów nieustalonych, w porównaniu do pojazdów samochodowych, dla których ocena parametrów pracy, m.in. zużycia paliwa, odbywa się w oparciu o testy dynamiczne [5].

Dobór optymalnej prostej pracy silnika można przyjąć wg charakterystyki ogólnej danego typu silnika lub grupy silników o zbliżonej konstrukcji. W analizowanym przykładzie przyjęto założenie o podobieństwie bezwymiarowych charakterystyk uniwersalnych dla ponad 80% populacji silników ciągnikowych [7].

Stałe mocy c określono wg zależności (2):

$$c = x \cdot y. \quad (2)$$

Punkt A_1 na rysunku 1 charakteryzują współrzędne minimum g_c , w tym przypadku $x_{A1} = 1$ i $y_{A1} = 0,8$. Drugi punkt A_2 ustalany jest wg relacji momentu obrotowego do prędkości obrotowej punktu A_1 (3) [7]:

$$x_{A2} = y_{A2} \cdot \frac{x_{A1}}{y_{A1}}. \quad (3)$$

Przykładowo, jeżeli $y_{A2} = 0,5$, to $x_{A2} = 0,4$. Łącząc te dwa punkty otrzymano prostą o równaniu (4):

$$y = a \cdot x + b \quad (4)$$

definiującym optymalne punkty pracy, niezależnie od mocy N_s jaką w danej chwili rozwija silnik.

Miarą bezwzględnego wskaźnika optymalizacji jest zatem odległość danego punktu pracy silnika B od prostej optymalnej, mierzona po łuku krzywej c . Długość łuku krzywej c wyznaczonego przez punkty A_2 i B można w przybliżeniu określić odcinkiem prostym A_2 –B. Współrzędne punktu B są znane z pomiaru, natomiast współrzędne punktu A_2 można wyznaczyć wg układu równań (5):

$$\begin{cases} y_B = a \cdot x_B + b \\ y_B = \frac{c_{A2,B}}{x_B} \end{cases} \quad (5)$$

Po przekształceniu układu równań (5) otrzymano funkcję postaci (6):

$$a \cdot x_B^2 + b \cdot x_B + c_{A2,B} = 0, \quad (6)$$

której rozwiązanie stanowi jeden pierwiastek dodatni (7):

$$x_B = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot a}, \quad \Delta = b^2 - 4 \cdot a \cdot c_{A2,B}. \quad (7)$$

characteristics, to use a model method, hence limiting the number of measurement points to 9 [3]. As the research shows, optimum results for most of SI engines used in agriculture and marked on no-dimension universal characteristics, are similar [3, 7]. Optimum work of the engine takes place at the point of the lowest unit fuel consumption g_c .

If the engine works with N_s power within the range from 0 to 100% of rated power N_{znam} , it is possible to establish an optimum point of engine work that reflects a minimum unit fuel consumption point g_c at each given power N_s (Fig. 1).

The above presented analysis, due to graphic interpretation, requires setting one, no-dimension scale of both axes. Therefore, the following markings have been introduced (1) where: n_s – momentary engine speed of the engine’s crankshaft, n_N – engine speed at rated power, M_s – momentary torque of the engine, M_N – torque at rated power, N_s – momentary power of the engine, N_{znam} – rated power of the engine.

It was also assumed that the interpretation of OWI shall take place in the field of universal characteristics of the engine as a static characteristics. The above assumption was made due to smaller contribution of non-stated conditions as compared with cars, for which the evaluation of work parameters, i.e. fuel consumption, takes place on the basis of dynamic tests [5].

The choice of optimum simple work of the engine may be assumed in accordance with general characteristics of a given engine type or group of engines of similar design. In the analysed example the assumption concerning similarity of no-dimension universal characteristics for over 80% of tractor engines population [7].

Power constant c was specified in accordance to the relation (2).

Point A_1 on Fig. 1 is characterized by coordinates of minimum g_c , in this case $x_{A1} = 1$ and $y_{A1} = 0.8$. Second point A_2 is established in accordance with the relation of torque to engine speed of the point A_1 (3) [7].

For example, if $y_{A2} = 0.5$ then $x_{A2} = 0.4$. By connecting the two points we shall achieve a straight line of the following equation (4).

That defines optimum work points, regardless of power N_s that the engine obtains at a given moment.

Therefore, the measurement of absolute optimization indicator is the distance of a given point concerning engine work B from optimum straight line, measured along the arc of curve c . The length of the arc of curve c marked by A_2 and B points may be estimated by the line segment A_2 –B. The coordinates of B point are known from the measurement, and the coordinates of A_2 may be established in accordance with system of equations (5).

After the transformation of equations system (5) the following function was obtained (6)

whose solution shall constitute one positive root (7).

The coordinate of y_B may be established in accordance with one dependence (5). Eventually, the geometrical length of the segment l , i.e. the measure of the optimization of one point of engine work, amounts to (8).

Współrzędną y_B można wyznaczyć wg jednej z zależności (5). Ostatecznie, geometryczna długość odcinka l , będącego miarą optymalizacji jednego punktu pracy silnika, wynosi (8):

$$OWI = l = \sqrt{(x_B - x_{A2})^2 + (y_B - y_{A2})^2} \quad (8)$$

Dla zbioru punktów pracy silnika, miarą optymalizacji jest wyrażenie (9):

$$OWI = \bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (9)$$

gdzie: t_i – udział czasu pracy silnika przy danym obciążeniu w ogólnym czasie pracy silnika.

3. Wyniki badań

Zarejestrowane podczas eksploatacji stany pracy, przedstawiono na rys. 2 i 3 w postaci dwóch trajektorii pracy silnika Z 8401.12. Prędkości obrotowe wału korbowego i odpowiadające im momenty obrotowe silnika zarejestrowano za pomocą urządzenia TRS (*Tractor Recording System*) wykonanego w Zakładzie Podstaw Techniki Akademii Rolniczej w Szczecinie.

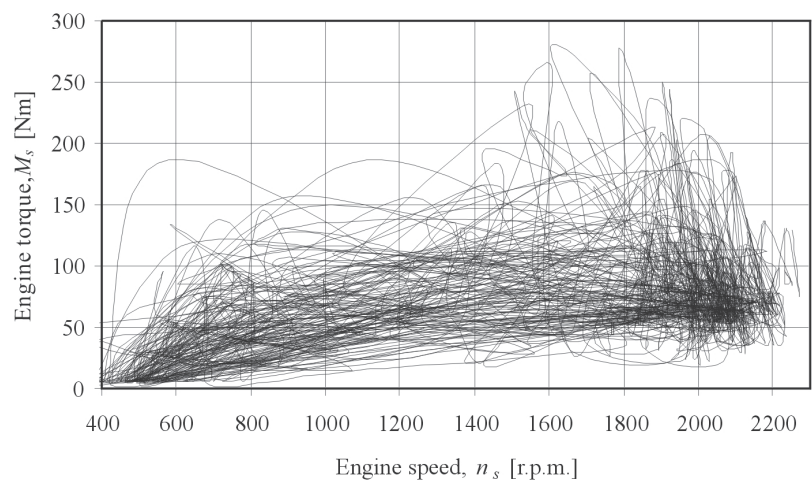
Urządzenie TRS pozwala na pomiar i rejestrację w czasie rzeczywistym prędkości obrotowej wału korbowego silnika oraz przeprowadzenie metodą pośrednią obliczeń wartości momentu obrotowego. Dodatkowo, możliwy jest także pomiar i rejestracja chwilowego położenia, drogi, czasu pracy oraz prędkości ciągnika. Urządzenie TRS nie wymaga obsługi ze strony użytkownika pojazdu. Prawidłowo zainstalowany moduł rejestratora aktywuje się samoczynnie przy uruchomieniu silnika i wyłącza po jego zatrzymaniu. Rejestrowane wielkości mogą być gromadzone na wymiennym nośniku danych lub wysyłane bezpośrednio do komputera bazowego za pomocą urządzeń nadawczych. Pojemność wymiennego nośnika pozwala na zapis danych z ponad 2000 godzin pracy, tj. ok. 4 lat intensywnej eksploatacji ciągnika, przy częstotliwości zliczania i uśredniania danych w odstępach 15 sekundowych. Przy transmisji danych do komputera bazowego czas pracy urządzenia jest nieograniczony. Możliwa jest również rejestracja i monitoring wielkości mierzonych z kilku urządzeń jednocześnie, co ma istotne znaczenie w przypadku gospodarstw wielkoobszarowych. Dokładna specyfikacja wraz z opisem urządzenia zawarta jest w zgłoszeniu patentowym do Urzędu Patentowego RP [4].

For set of engine working points, the measure of optimization is the following expression (9),

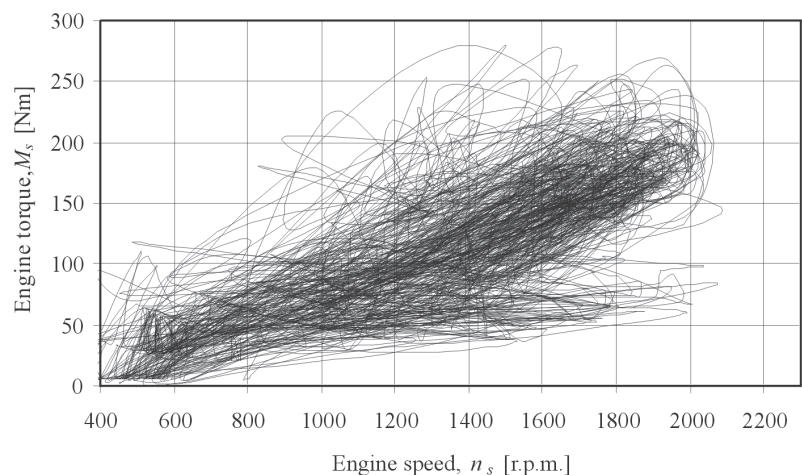
where: t_i – share of engine work time at a given load in overall time of engine work.

3. Research results

The work conditions registered during the operation are presented in Fig. 2 and Fig. 3 in the form of two trajectories of the work of the Z 8401.12 engine. Engine speed and the relevant engine torque the engine were recorded by means of TRS device (*Tractor Recording System*) performed at the Chair of Basics of Technology, Agricultural University, Szczecin.



Rys. 2. Trajektoria pracy silnika Z 8401.12 podczas prac transportowych
Fig. 2. Trajectory of the Z 8401.12 engine work during transportation works



Rys. 3. Trajektoria pracy silnika Z 8401.12 podczas upraw pożniwnych
Fig. 3. Trajectory of the Z 8401.12 engine work during post-harvest cultivation

TRS device measures and registers the engine speed in real time and performs, by means of indirect method, calculations concerning the torque value. Additionally, it is also possible to measure and record momentary position, covered distance, work time and speed of a tractor. TRS does not require operation on the part of the vehicle user. Cor-

Tabela 1. Wybrane statystyki pomiarów eksploatacyjnych
 Table 1. Selected statistics of operation measurements

Rodzaj eksploatacji ciągnika U 912/Type of U 912 tractor operation	Okres objęty badaniami/Periods covered by the research	Efektywny czas pracy silnika/Effective time of engine work, t [min]	Liczba punktów pomiarowych w obszarze charakterystyki ogólnej/Number of measurement points in the area of general characteristics	Średnia moc silnika w efektywnym czasie pracy/Average power of the engine in effective work time
Prace transportowe/Transportation works	10.07.2006-03.08.2006	1819	3638	12,93 kW
Uprawy poźniwne/Post-harvest cultivation	06.08.2006-09.09.2006	1685	3370	16,8 kW

Następnie, zgodnie z podanymi w metodyce badań zależnościami, wyznaczono średnią wartość wskaźnika OWI stanowiącego miarę optymalizacji pracy silnika (tabela 1).

Mniejszy, a zarazem bardziej korzystny pod względem optymalizacji pracy był wskaźnik OWI w uprawach poźniwnych; jego wartość wyniosła 0,197. W transporcie wskaźnik OWI był równy 0,402. Wynika z tego, że transport z wykorzystaniem ciągnika rolniczego nie jest optymalny; silnik pracuje przy mniejszej, możliwej do uzyskania, sprawności ogólnej w porównaniu do prac polowych, przy których sprawność ogólna silnika jest większa.

Teoretycznie, optymalnie pracujący silnik charakteryzuje się wskaźnikiem OWI równym 0. W praktyce eksploatacyjnej jednak taka sytuacja jest niemożliwa, chociażby ze względu na konieczność zapewnienia wymaganych prędkości obrotowych elementów roboczych aktywnych maszyn uprawowych.

Na podstawie wskaźnika OWI użytkownik ma możliwość oceny stopnia wykorzystania silnika ciągnika w różnych okresach agrotechnicznych lub porównania kilku ciągników między sobą. Istotną zaletą wskaźnika OWI jest uniwersalność jego zastosowania do porównań silników ciągnikowych o różnych mocach. Ponadto, szczególnie przy mniejszych niż znamionowe zakresach obciążeń silnika, wskaźnik OWI charakteryzuje optymalny wybór przełożenia przez kierującego ciągnikiem.

Podniesienie wskaźnika OWI do rangi wskaźnika przebiegowego zużycia paliwa pozwoliłoby na pełniejszą ocenę pojazdów rolniczych w obszarze badań eksploatacyjnych.

Opisany w artykule system rejestracji obciążeń silnika oraz wskaźnik OWI pozwalają na dokładną charakterystykę zakresów obciążeń silników w różnych, zależnych od regionu, warunkach eksploatacji ciągnika. Jednak, ze względu na rozpiętość badań, dalsze prace autora ograniczą się do regionu Pomorza Zachodniego.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania i analiza uzyskanych wyników pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wskaźnik OWI (*Optimum Working Index*) jest parametrem porównawczym optymalnej pracy silnika spalinowego.

rectly installed module of the recording device activates itself at the start of the engine and switches itself off after engine stop. Recorded quantities may be stored on an exchangeable data carrier or directly sent to a base computer by means of transmitting devices. The capacity of an exchangeable carrier allows the record of data

from over 2000 work hours i.e. about 4 years of intense operation of the tractor with the frequency of 15 seconds for data calculating and averaging. At the transmission of data to base computer, the work time of the device is unlimited. It is also possible to record and monitor the quantities measured from a few devices at the same time which is significant in case of large area farms. Exact specification together with device description is included in the patent application to Patent Office of the Republic of Poland [4].

Then, in accordance with dependences provided in the research methodology, the average values of OWI indicator, being the measurement of optimum engine work (Table 1), were established.

OWI was lower and at the same time more advantageous as it comes to post-harvest cultivation; its value amounted to 0.197. In transportation the OWI equaled to 0.402. Therefore, transportation with the use of agricultural tractors is less optimal, the engine work at lower general efficiency possible to obtain as compared with field works during which the general efficiency of the engine is higher.

Theoretically, an engine working optimally is characterized by OWI equaling 0. In operation practice such a situation is not possible, due to the fact that there is the necessity to provide required engine speeds for the working elements of active cultivation machines.

On the basis of the OWI, the user has the possibility to evaluate the extent of tractor engine usage in various agricultural periods or compare several tractors. A significant advantage of the OWI is the universality of its application for comparing tractors with different powers. Moreover, especially with smaller than rated engine loads, OWI is characterized by an optimum choice of gear by the tractor driver.

Choosing OWI to be the indicator of mileage fuel consumption, would allow more complete evaluation of the farm vehicles in the field of operation tests.

The system of engine load recording as well as OWI allow exact characteristics of the ranges of engine loads at various operating conditions of a tractor depending on the region. However, due to the extent of the research, further works of the author are limited to the region of Pomorze Zachodnie (West Pomerania).

2. Silnik ciągnika U 912 pracujący podczas upraw poźniowych charakteryzował się mniejszym (korzystniejszym) wskaźnikiem OWI w porównaniu do prac transportowych.
3. Ze względu na wprowadzenie bezwymiarowej skali analizowanych wielkości istnieje możliwość porównania wskaźnika OWI silników o różnych mocach i zakresach obciążeń.

Artykuł recenzowany

Literatura/Bibliography

- [1] Cichy M.: Nowe teoretyczne ujęcie charakterystyki gęstości czasowej. *Silniki Spalinowe* 2-3, 1986, 75-78.
- [2] Grisso R., Pitman R.: Gear Up and Throttle Down – Saving Fuel. Virginia Cooperative Extension. Virginia Polytechnic Institute and University. Publication 442-450, 2001, 6 page.
- [3] Jahns G., Forster K.– J., Hellickson M.: Computer Simulation of Diesel Engine Performance. *Transactions of the ASAE* 3 (33), 1990, 764-770.
- [4] Koniuszy A., Nadolny R.: Sposób monitoringu pracy ciągnika oraz urządzenie do jego realizacji. Zgłoszenie patentowe P 381892, 2007.
- [5] Romaniszyn K. M.: Ocena różnic w określaniu zużycia paliwa samochodu na podstawie charakterystyki uniwersalnej i dynamicznej. *Silniki Spalinowe* 2 (119), 2004, 48-54.
- [6] Saglam C., Akdemir B.: Annual Usage of Tractors in North – West Turkey. *Biosystems Engineering* 1 (82), 2002, 39-44.
- [7] Wang G., Zoerb G.C.: Determination of Optimum Working Points for Diesel Engines. *Transactions of the ASAE* 5 (32), 1989, 1519-1522.
- [8] Wisłocki K.: Rozkład warunków pracy w optymalizacji silnika spalinowego i pojazdu. *Silniki Spalinowe* 4, 1989, 26-33.

Dr inż. Adam Koniuszy – Zakład Podstaw Techniki, Akademia Rolnicza w Szczecinie.

Mr Adam Koniuszy, DEng. – Chair of Basics of Technology, Agricultural University Szczecin.



4. Conclusions

The measurements and its analysis made it possible to formulate some conclusions:

1. OWI is a comparable parameter of combustion engine optimum work.
2. The engine of the U 912 tractor working during post-harvest cultivation was characterized by lower (more advantageous) OWI as compared to transportation works.
3. Due to the implementation of no-dimension scale of the analyzed quantities, there is a possibility of comparing OWI of engines with different powers and load ranges.