

Bronisław Kolator
Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

METODYKA BADAŃ PROCESU FUNKCJONOWANIA AGREGATU CIĄGNIKOWEGO W ASPEKCIE POPRAWY WSKAŹNIKÓW EFEKTYWNOŚCI JEGO PRACY

Streszczenie

Praca zawiera opracowanie koncepcji metodyki badań procesu funkcjonowania agregatu ciągnikowego. Opisano obiekt badań, mobilne stanowisko badawcze i aparaturę pomiarową. Przedstawiono program eksperymentu bierno-czynnego.

Słowa kluczowe: metodyka badań, agregat ciągnikowy, model, efektywność

Wstęp i cel pracy

Wiele prac rolniczych wykonuje się agregatami ciągnikowymi wykorzystując siłę uciągu ciągników. Ze względu na dużą złożoność agregatów ciągnikowych i koszty ich eksploatacji, istotne stało się określenie ze względu na warunki funkcjonowania parametrów ich pracy. W związku z tym należy uwzględnić te czynniki, które w warunkach polowych wpływają na proces funkcjonowania i osiągnięte eksploatacyjne wskaźniki efektywności (tj. zużycie paliwa i czas potrzebny do obróbki jednostki powierzchni, oraz sprawność uciągu). Do tych czynników należy zaliczyć: dane techniczne ciągnika i współpracującego z nim narzędzia/maszyny, właściwości gleby (zwięzłość, skład granulometryczny, wilgotność). Określenie efektywności procesu funkcjonowania agregatu ciągnikowego było przedmiotem prac wielu autorów [Al-Hamed i in. 1994; Sharma, Pandey 2001; Sahay, Tewari 2004]. Efektem tych rozważań są opracowania dotyczące doboru optymalnych warunków funkcjonowania systemu: ciągnik - maszyna rolnicza – gleba. Cytowane prace skupiają się głównie na zagadnieniach maksymalizacji wydajności lub minimalizacji nakładów energetycznych, a także na maksymalizacji sprawności uciągu [Jenane i in. 1996, Serrano i in. 2003]. Zabieg rolniczy przeprowadzany zgodnie z wymaganiami agrotechnicznymi przez agregat ciągnikowy nazwano procesem funkcjonowania tego agregatu.

Celem pracy jest opracowanie koncepcji metodyki badań procesu funkcjonowania agregatu ciągnikowego. Wyniki badań przeprowadzonych w oparciu o zaproponowaną koncepcję posłużą do przeprowadzenia odpowiednich analiz mających na celu poprawę procesu funkcjonowania agregatu ciągnikowego, uwzględniających zależności pomiędzy: siłą napędową, siłą uciągu, zużyciem paliwa, prędkością jazdy, poślizgiem, szerokością i głębokością roboczą narzędzia oraz właściwościami gleby.

Obiekt badań

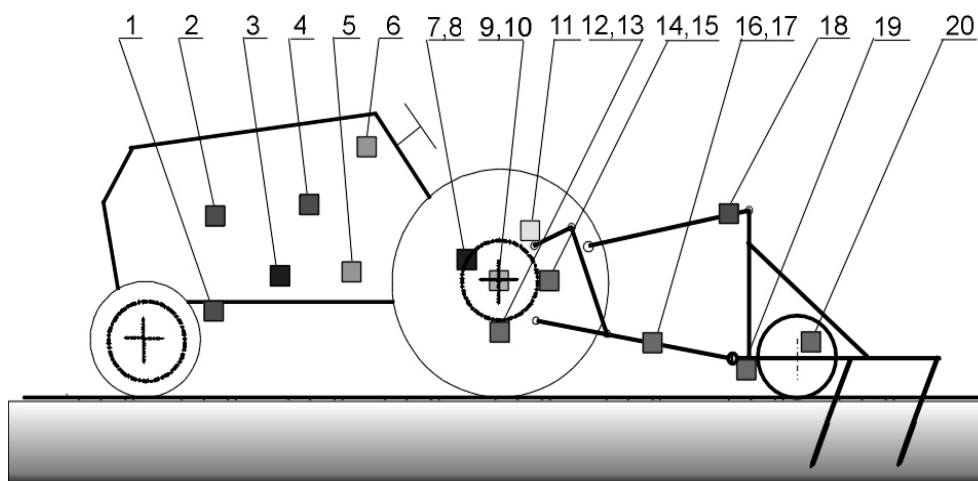
Obiektem badań jest proces funkcjonowania agregatu ciągnikowego wykorzystanego do uprawy gleby. W skład agregatu wchodzi ciągnik rolniczy oraz zawieszane narzędzie. Zastosowano ciągnik Ursus MF235 (z napędem na koła tylne). Moc znamionowa silnika ciągnika wynosi 28 kW przy 2000 obr/min. Maksymalny moment obrotowy silnika wynosi 147 Nm (przy prędkości obrotowej 1400 obr/min). Jednostkowe zużycie paliwa w czasie pracy z mocą znamionową wynosi 228 +5 g/kWh. Prędkości teoretyczne ciągnika zawierają się w granicach 0,5÷6,4 m/s (1,8÷23,05 km/h). Nominalna masa ciągnika wynosi 2145 kg. Ciągnik posiada tylny trzypunktowy układ zawieszenia narzędzi, który jest wyposażony w mechaniczną regulację siłową i pozycyjną oraz umożliwia „pływające” połączenie narzędzia z ciągnikiem. Na omawianym ciągniku zamontowano układ sterujący elektronicznie tylnym układem zawieszenia ciągnika (EHR firmy Bosch), w taki sposób, aby alternatywnie możliwym było sterowanie pracą narzędzia za pomocą obydwu układów: mechanicznego lub elektronicznego. Na ciągniku zawieszono głębosz KRET 3B, o masie własnej 610 kg. Maksymalna głębokość pracy tego narzędzia wynosiła 600 mm, a szerokość podcinania gleby jednym zębem 150 mm.

Aparatura i stanowisko badawcze

W celu mierzenia potrzebnych do analiz wielkości, agregat ciągnikowy wyposażono w układ pomiarowo-rejestrujący, którego schemat jako mobilnego stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1.

Umieszczone na mobilnym stanowisku badawczym czujniki odwzorowujące mierzone sygnały mogą rejestrować w funkcji czasu następujące wielkości:

- długość odcinka testowego (pomiarowego) L – bezkontaktowym czujnikiem optycznym (1);
- zużycie paliwa G_e – paliwomierzem (2);
- rzeczywista prędkość liniowa ciągnika v – radarem (3);
- pochylenie wzdłużne p_z i poprzeczne ciągnika p_y – inklinometrem (4);



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia czujników pomiarowych na mobilnym stanowisku badawczym: 1 – czujnik CORREVIT L-400; 2 – paliwomierz Flowtronic 215-217; 3 – radar II DICKEY-john; 4 - inklinometr AccuStar II; 5 - czujnik PCID-2 ZN; 6 - czujnik SCOO-1000 ZN; 7, 8 – czujnik PCID-4 ZN; 9, 10, 18 – czujniki tensometryczne; 11 – czujnik LVDT; 12 ÷ 15 – czujniki U9B; 16 i 17 – czujniki elastomagnetyczne; 19 – czujnik UM 30-300 A-HP; 20 – czujnik MM30

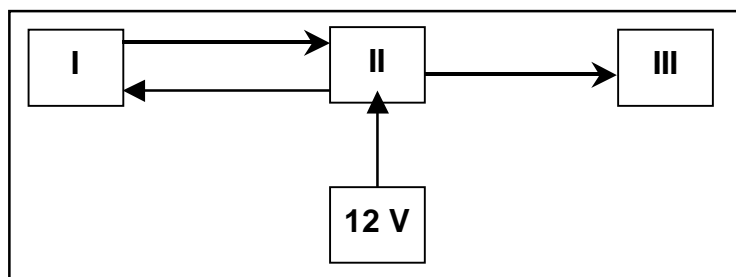
Fig. 1. Arrangement scheme of measuring sensors in the mobile research test stand: 1 – sensor CORREVIT L-400; 2 – sensor Flowtronic 215-217; 3 – radar II DICKEY-john; 4 - sensor AccuStar II; 5 - sensor PCID-2 ZN; 6 - sensor SCOO-1000 ZN; 7, 8 – sensor PCID-4 ZN; 9, 10, 18 – sensor tensometr; 11 – sensor LVDT; 12 ÷ 15 – sensor U9B; 16 i 17 – sensor elastomagnetic; 19 – sensor UM 30-300 A-HP; 20 – sensor MM30

- prędkość kątowna silnika ω_e – czujnikiem indukcyjnym (5);
- początek i koniec odcinka testowego P/K – odbiciowym czujnikiem optoelektronicznym (6);
- prędkości kątowne kół tylnych ciągnika ω_{kt} – czujnikami indukcyjnymi (7, 8);
- moment skracający półoś lewą M_{pl} i prawą M_{pp} – czujnikami tensometrycznymi (9, 10). Czujniki umieszczono tak na półosiach, że reagowały jedynie na zmianę momentu skracającego, niezależnie od momentów gnących jakie obciążały półosie;
- położenie narzędzia względem ciągnika h_p – czujnikiem o zmiennej indukcyjności wzajemnej (z układu EHR, 11);

Bronisław Kolator

- siły normalne działające na koła napędowe ciągnika Q_{tl} , Q_{tp} – czujnikami (12, 13);
- siły horyzontalne działające na koła napędowe ciągnika P_{tl} , P_{tp} , – czujnikami (14, 15 firmy HMB);
- siły w dolnych cięglach; lewym P_{cl} i prawym P_{cp} – elastomagnetycznymi czujnikami (z układu EHR, 16, 17);
- siłę w cięgłe górnym P_{cg} – czujnikiem tensometrycznym (18);
- głębokość roboczą narzędzia a – czujnikiem ultradźwiękowym (19) i potencjometrycznym czujnikiem liniowym – mierząc położenie pomiarowego koła kopiującego (20).

Do przetwarzania sygnałów z czujników w układzie pomiarowym wykorzystano zestaw przetworników analogowo-cyfrowych Spider 8. W zestawie było 24 kanały i program do obsługi tych przetworników Catman 32 (firmy HMB). Do akwizycji rejestrowanych wielkości podczas badań polowych wykorzystano komputer TOUGHBOOK Panasonic CF-28. Komputer jest odporny na wstrząsy oraz pyłoszczelny. Schemat blokowy przetwarzania sygnałów i akwizycji rejestrowanych wielkości przedstawiono na rys. 2.



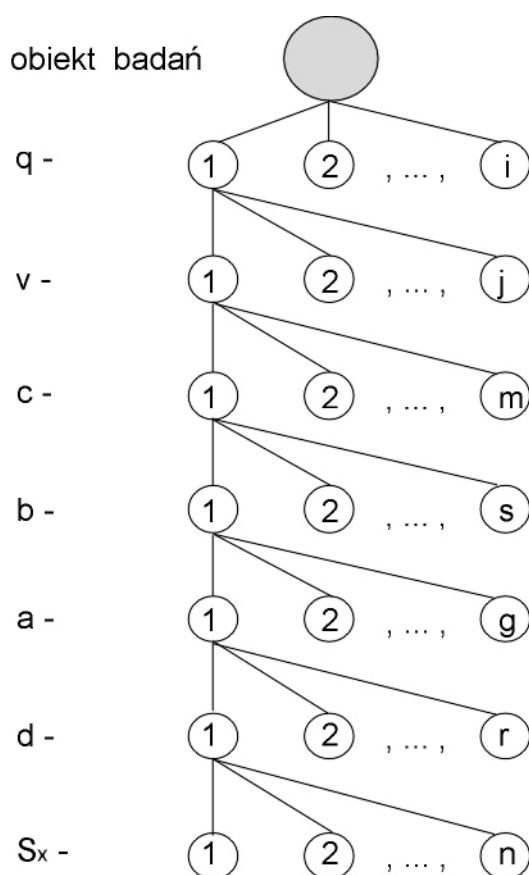
Rys. 2. Schemat blokowy przetwarzania sygnałów w układzie pomiarowym i akwizycji rejestrowanych wielkości: I – czujniki mierzonych wielkości; II – przetworniki analogowo-cyfrowe Spider 8; III – komputer; 12 V – akumulator

Fig. 2. Signals processing block diagram in the measuring system and registered quantities canvassing: I – sensors of measured quantities, II – analogue and digital transducers Spider 8, III – computer; 12 V – battery

Przed rozpoczęciem badań należy zestroić i wycechować aparaturę pomiarową, dobrać zakresy i czułości pomiaru. Przejazdy rozpoznawcze (z różnymi wielkościami nastawionymi jako zmienne wejściowe) pozwolą na sprawdzenie aparatury pomiarowej w warunkach poligonowych.

Sposób realizacji eksperymentu

W fazie badań eksperymentalnych przewidziano wykonanie pomiarów wielkości (zgodnie z opracowanymi metodykami), według planu badań przedstawionego na rys. 3.



Rys. 3. Plan badań eksperymentalnych, gdzie poszczególne poziomy (wskaźniki) grafu oznaczają: q - nastawa dźwigni dawkowania paliwa; v - prędkość agregatu ciągnikowego; c - rodzaj narzędzia; b - szerokość skrawania; a - głębokość skrawania; d - typ gleby; S_x - badane stany

Fig. 3. Plan of experimental research, where particular levels (indexes) of graph mean: q - setting of fuel dosage lever, v - tractor aggregate velocity, c - tool type, b - width of slicing, a - depth of slicing, d - soil type, S_x - investigated states

Przyjęto, że w trakcie eksperymentu będą zastosowane następujące zakresy zmian parametrów wejściowych:

- q – nastawa dźwigni dawkowania paliwa $i = 3$; (100%; 75%; 50%)
- v – prędkość agregatu ciągnikowego $j = 3$; (1,3 m/s; 1,7 m/s; 2,5 m/s)
- c – rodzaj narzędzia $m = 1$; (głębosz)
- b – szerokość skrawania $s = 3$; (liczba zębów)
- a – głębokość skrawania $g = 4$; (0,2 m; 0,3 m; 0,4 m; 0,5 m)
- d – typ gleby $r = 2$; (piasek gliniasty, glina średnia)

S_x – badane stany, n – numer badanego stanu, każdemu numerowi badanego stanu $S_x = 1, 2, \dots, n$ przyporządkowano grupę wskaźników:

$$S_x = \langle q, v, c, b, a, d \rangle \quad (1)$$

W celu odtworzenia badanego stanu w eksperymencie należy wyczerpać wartości wskaźnika q . Z chwilą gdy q przebiegnie wszystkie wartości grafu następuje zmiana wskaźnika na v itd. Wskaźniki te są jednocześnie badanymi czynnikami wpływającymi na wartości średnie: siły uciągu P_u ; zużycia paliwa G_e ; momentu na lewej półosi napędowej M_{pl} ; momentu na prawej półosi napędowej M_{pp} ; poślizgu kół napędowych ciągnika s .

Plan badań musi być możliwy do zrealizowania w odniesieniu do agregatu ciągnikowego, przy zastosowaniu określonych metod i posiadanej aparatury pomiarowej. Badania będą przeprowadzone na dwóch typach gleby, piasek gliniasty oraz glina średnia.

Podsumowanie

W celu przeprowadzenia wg zaproponowanej metodyki badań procesu funkcjonowania agregatu ciągnikowego w aspekcie poprawy wskaźników efektywności jego pracy, przygotowano mobilne stanowisko badawcze wyposażone w aparaturę kontrolno-pomiarową z możliwością komputerowej rejestracji i gromadzenia danych oraz opracowywania wyników badań takich jak: siły uciągu, siły napędowej, zużycia paliwa, prędkości jazdy, poślizgu, szerokości oraz głębokości skrawania gleby, parametrów trakcyjnych podłoża oraz własności obrabianej gleby.

Analiza tych wyników może być wykorzystana do prac nad optymalizacją procesów funkcjonowania agregatów ciągnikowych, w których jako kryterium efektywności wystąpią: wydajność powierzchniowa, nakłady energetyczne i sprawności uciągu.

Bibliografia

Al-Hamed S.A., Grisso R.D., Zoz F.M., Bargaen K. 1994. Tractor performance spreadsheet for radial tires. *Comp.Electronics Agricult.* Vol.10 nr 1.

Jenane C., Bashford L.L., Monroe G. 1996. Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. *J.Agricult.Eng.Res.* Vol.64 nr 2.

Sahay C.S., Tewari V.K. 2004. Computer simulation of tractor single-point draw-bar performance. *Biosystems Eng.* Vol.88 nr 4.

Serrano J.M. i in. 2003. The effect of gang angle of offset disc harrows on soil tilth, work rate and fuel consumption. *Biosystems Eng.* Vol.84 nr 2.

Sharma A.K., Pandey K.P. 2001. Matching tyre size to weight, speed and power available for maximising pulling ability of agricultural tractors. *J.Terramechanics* Vol.38 nr 2.

RESEARCH METHODOLOGY OF TRACTOR AGGREGATE FUNCTIONING PROCESS IN ASPECT OF IMPROVING ITS WORK EFFECTIVENESS

Summary

The paper includes conception of the research methodology of the tractor aggregate functioning process. The object of research, a mobile testing stand and measuring devices were described. The program of passive-active experiment was presented.

Key words: research methodology, tractor aggregate, model, efficiency