

*Bogusław Cieślukowski, Zbigniew Ślipek*  
*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki*  
*Akademia Rolnicza w Krakowie*

## **DIAGNOSTYKA POKŁADOWA MOSTU NAPĘDOWEGO KOMBAJNU Z-058 REKORD**

### **Streszczenie**

Brak skutecznych metod i procesów diagnozowania zespołów przekładniowych kombajnów zbożowych dały podstawę do rozwoju metod diagnostyki funkcjonalnej z wykorzystaniem istniejącego komputera pokładowego kombajnu. Istotnym problemem jest nie tylko ustalenie wartości granicznych parametru diagnostycznego, lecz również określenie zmienności tego parametru w funkcji czasu eksploatacji kombajnu. Celem pracy jest wyznaczenie kąta względnego skręcania wałów przekładni głównej kombajnu w warunkach prac polowych oraz poznanie zmienności cech analizowanego parametru diagnostycznego w odniesieniu do zespołów napędowych uznanych za sprawne lub zużyte.

**Słowa kluczowe:** diagnostyka funkcjonalna, komputer pokładowy, podatność diagnostyczna, przekładnia główna

### **Obiekt diagnozy**

Badany kombajn Z-058 REKORD wyposażony był w komputer pokładowy typu LH 965 AGRO z mikrokontrolerem SAB ©552 i wyświetlaczem graficznym LCD firmy Siemens. Komputer ten realizuje głównie pomiary parametrów pracy kombajnu, tj. prędkość jazdy, prędkości obrotowe podzespołów roboczych oraz pomiar strat ilościowych ziarna. Możliwości komputera pokładowego wykorzystywane są w ok. 30%. Każde przekroczenie wartości granicznej parametru sygnalizowane jest operatorowi akustycznie i świetlnie. Ponadto komputer przetwarza sygnały z przetworników pomiarowych silnika, sygnał położenia zespołu żniwnego oraz rejestruje wyniki dziennej i sezonowej pracy kombajnu.

Podatność diagnostyczna mostu napędowego kombajnu jest ważnym zagadnieniem procesu diagnozowania, mającym istotny wpływ na szybkość i dokładność diagnozy.

Istotne są również koszty wynikające z ewentualnych modyfikacji konstrukcyjnych diagnozowanego układu oraz rozszerzenia funkcji komputera. Podatność diagnostyczna obiektu określa ocenę technologiczności proponowanego procesu diagnostycznego.

### **Technologiczność diagnostyczna**

Technologiczność diagnostyczna zespołu przekładniowego uwzględnia cechy obiektu i wyraża się przez [Niziński, Michalski 1996, 2002]:

- dostępność do miejsc diagnozowania,
- możliwość zainstalowania przetworników,
- minimalizację modyfikacji konstrukcyjnych związanych z pozyskaniem sygnału użytecznego,
- wykorzystanie przetworników odpornych na działanie niekorzystnych warunków pracy kombajnu,
- minimalizację pracochłonności i kosztów diagnozowania.

Proces oceny stanu technicznego przekładni zębatych oparty jest na metodach: wibroakustycznych, ferrograficznych (wyodrębnienia produktów zużycia zespołu zawartych w oleju przekładniowym) oraz na metodach diagnostyki termicznej. Metody te mają głównie charakter badawczy daleki od celów wykorzystania w warunkach pracy złożonych obiektów diagnostycznych. W przypadku stosowania metod wibroakustycznych istnieje podstawowy problem identyfikacji sygnału amplitudowo-częstotliwościowego z uszkodzeniem zespołu [Cieślukowski 2005]. Metoda ferrograficzna oraz identyfikacja termiczna uszkodzonej pary kinematycznej złożonego zespołu jest całkowicie nieskuteczna. Należy zaznaczyć, iż skrzynia przekładniowa wraz z przekładnią główną i mechanizmem różnicowym kombajnu zabudowane są we wspólnym korpusie i posiadają wspólny układ smarowania.

Istnieją trzy podstawowe sposoby wykorzystania komputerów w diagnostyce obiektów technicznych [Niziński, Michalski, Żółtowski 1996]:

- bezpośrednio połączenie z obiektem, tzw. wykorzystanie na bieżąco,
- pośrednia rejestracja danych – w tym przypadku opracowanie wyników pomiarów nie jest dokonywane podczas pomiarów lecz odbywa się w innym czasie,
- wstępne przetwarzanie danych może być wykonywane przez specjalizowany analizator lub komputer niższego rzędu [Cieślukowski, Langman 2005].

Ostatnia z wymienionych metod wykazuje znaczną użyteczność w procesach diagnostyki pokładowej, gdyż oprócz pomiarów sygnałów analogowych i cyfrowych

przekazuje przetworzone sygnały do komputera nadrzędnego za pomocą złącza sieciowego [Cieślikowski 2005].

Ze względu na charakter i warunki pracy przekładni głównej i mechanizmu różnicowego (wysokie temperatury, drgania przenoszone z układu żniwnego, wytrząsaczy, rozdrabniacza słomy) należy stosować metody diagnozowania przekładni dające jednoznaczny obraz stanu technicznego mechanizmu z możliwością konfiguracji sygnałów w procedury automatyczne pomiarów z udziałem komputera pokładowego.

Diagnostyka mostu napędowego kombajnu oparta jest obecnie na metodach diagnostyki obsługowej z wykorzystaniem serwisu naprawczego po zakończeniu kampanii żniwnej.

W procesie projektowym kombajnu nie uwzględniono przystosowania przekładni głównej do wprowadzenia systemu diagnostyki funkcjonalnej o charakterze ciągłym. Wprowadzenie nowoczesnych technik diagnozowania wyznacza potrzebę wykonania dodatkowego osprzętu zawierającego przetworniki sygnałów. Wybór metody diagnozowania obiektu wyznacza zakres zmian konstrukcyjnych w strukturze dotychczas produkowanego zespołu przekładniowego kombajnu. Modyfikacje konstrukcyjne powinny obejmować tylko zamocowanie przetworników do zespołu przekładniowego wraz z niewielkimi zmianami konstrukcji korpusu przekładni zapewniając konieczny dostęp do stref pomiarowych [Basista, Cieślikowski 2005].

Oceny stanu technicznego zespołu przekładniowego kombajnu dokonano na podstawie pomiaru dynamicznego luzu skrętnego wałów mostu napędowego w czasie wykonywania prac polowych.

Ocena subiektywna luzów przekładni przez wykonującego przegląd w warunkach statycznych przy niepracujących zespołach roboczych kombajnu zasadniczo różni się od metod diagnozowania dynamicznego, realizowanych w trakcie obciążeń eksploatacyjnych. Pomiary statyczne mogą stanowić bazę danych wyjściowych do dalszej oceny pracy zespołu przekładniowego popartych analizą procesów dynamicznych.

Wykorzystanie zaproponowanego systemu diagnostyki funkcjonalnej o charakterze ciągłym zapewnia stałe diagnozowanie zespołu przekładniowego podczas pracy kombajnu. System ten pozwoli uniknąć awarii zespołu napędowego w trakcie prac polowych a tym samym konieczności holowania maszyny z użyciem sprzętu specjalistycznego.

## **Badania obiektu w warunkach obciążeń roboczych**

Proces skrećania wałów obejmuje zarówno odkształcenia sprężyste wałów na odległościach wyznaczonych położeniem kół zębatych przekładni głównej i mechanizmu różnicowego, jak również uwzględnia odkształcenia wieńców kół zębatych, ukosowanie kół koronowych i satelitów względem osi wałów wraz ze zmianami napięcia wstępnego łożysk na obudowie mechanizmu różnicowego. Przeprowadzone analizy zmierzają do adaptacji komputera pokładowego LH 965 AGRO kombajnu Z-058 dla celów diagnostyki funkcjonalnej mostu napędowego kombajnu w systemie pokładowym.

Podejmując badania związane z diagnozowaniem mostu napędowego wprowadzono różnorodność obciążeń odpowiadających warunkom rzeczywistym pracy kombajnu w odniesieniu do dwóch przypadków:

- kombajnu technicznie sprawnego o symbolu „A” (65mth czasu eksploatacji),
- kombajnu „B” eksploatowanego w okresie 4-ech kampanii żniwnych w rejonie Michałowic (ok. 800mth) wymagającym interwencji diagnostyczno-naprawczej ze względu na głośną pracę mostu napędowego.

Most napędowy kombajnu REKORD Z-058 zawierający przekładnię główną walcową i symetryczny mechanizm różnicowy został poddany analizie konstrukcyjnej ze względu na wybór miejsc odbioru sygnałów diagnostycznych. Rozmieszczenie przetworników pomiarowych zaprezentowano na rys. 1.

Na wale wejściowym mostu tj. na powierzchni zewnętrznej bębna hamulcowego zainstalowano tarczę z 39 zębami o zarysie prostokątnym i wymiarach 10x8 x5mm. Do celów badawczych posłużono się tarczą stalową zamocowaną centralnie względem bębna hamulca. Wykorzystano dwa czujniki pojemnościowe firmy OMRON dające sygnał napięciowy prostokątny 0/12V. Czujnik sygnału pozycjonowania wału wejściowego przekładni zamontowano na wsporniku przykręconym do korpusu skrzyni przekładniowej. Czujnik sygnału pozycjonowania półosi napędowych zamontowano w strefie wielowypustu półosi napędowej kombajnu. Do celów badawczych wykonano przejazdy prostoliniowe kombajnem na pierwszym biegu roboczym po powierzchni poziomej w obu kierunkach. Uzyskane sygnały prostokątne z obu czujników pozwolą określić przesunięcia fazowe sygnałów jako wynik porównywania impulsów przy stałej podstawie czasu wraz z zapisem przebiegów czasowych w pamięci odpowiednio przygotowanego programu [Cieślowski 2005].



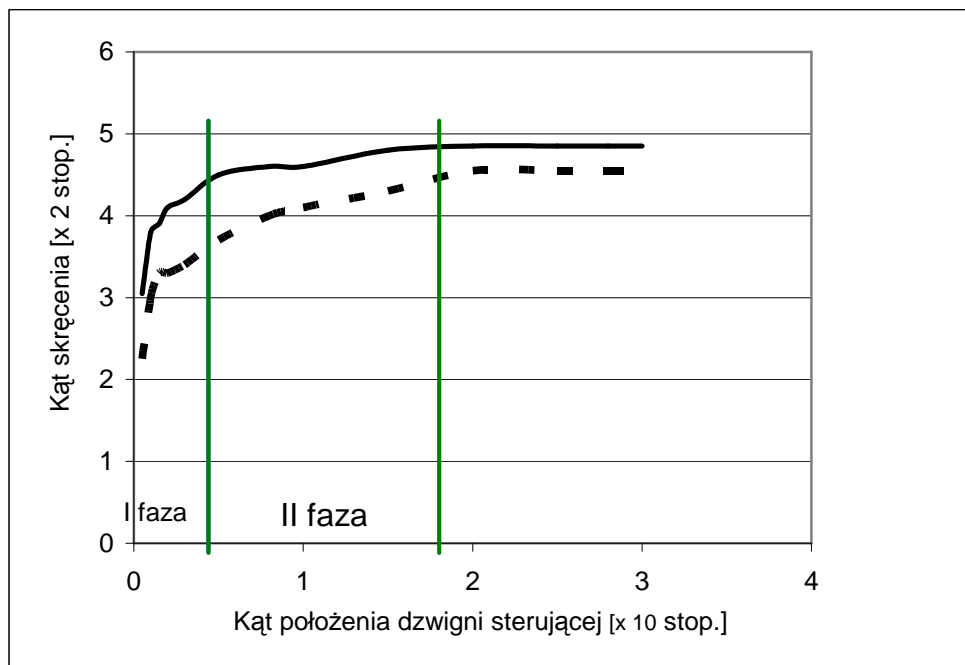
Rys. 1. Sposób montażu przetworników pomiarowych na korpusie zespołu przekładniowego. Oznaczenia: 1- Przetwornik pozycjonowania wału wyjściowego skrzyni biegów (wał wejściowy przekładni głównej), 2- Przetwornik pozycjonowania płośli napędowej

Fig. 1. The procedure applied to install measuring converters on transmission unit body. Symbols: 1 – Positioning converter for gearbox output shaft (final drive output shaft), 2 – Positioning converter for drive shaft.

Zmianę wartości luzów skrętnych przedstawiono na rys. 2 jako zależność względnego kąta skrećania wałów od wielkości obciążenia układu napędowego wyrażonego przez zapis położenia kąтового dźwigni pompy wtryskowej (sygnał uzyskano z potencjometru połączonego z wałkiem dźwigni).

Proces oceny zużycia eksploatacyjnego mostu napędowego kombajnu odniesiony jest do stromości narastania charakterystyk w fazie pierwszej oraz wartości rzędnych luzu roboczego w fazie drugiej.

W fazie pierwszej następuje głównie kasowanie luzu międzyrębego przekładni walcowej –głównej, mechanizmu różnicowego i wielowypustów kół koronowych. Faza druga przedstawia wartości rzędnych jako efekt przemieszczeń wałów na ich łożyskowaniu.



Rys. 2. Względny kąt skręcenia wałów wejściowego i półosi napędowej mostu napędowego kombajnów („A” i „B”) REKORD Z-058 (I bieg roboczy):  
— dla badanego mostu napędowego kombajnu „B”  
- - - dla badanego mostu napędowego kombajnu „A”.

Fig. 2. Relative angle of torsion for input shaft and driving axle drive shaft in REKORD Z-058 harvesters (“A” and “B”) (working gear 1):  
— for tested driving axle in harvester “B”,  
- - - for tested driving axle in harvester “A”.

Tak więc stan zużycia przekładni głównej sygnalizowany jest przebiegiem zmian kąta skręcenia wałów przy narastającym momencie napędowym. Dalszy etap prac badawczych wyznaczony jest potrzebą określenia wartości granicznych luzu skrętnego na podstawie odniesień do bezpośredniej weryfikacji części po demontażu przekładni. Można zatem wnioskować wstępnie, iż dla przekładni sprawnej kasowanie luzów wewnętrznych w zakresie I-jej fazy procesu nie powinno przekraczać 0,14rad. Całkowity luz skrętu względnego wałów dla zakresów nominalnej dawki paliwa dla II fazy nie powinien zwiększać się dodatkowo powyżej 0,007rad.

## **Wnioski**

1. Kąty względnego skręcania wałów stanowią bazę danych wejściowych pozwalających na sprecyzowanie wartości granicznych analizowanego parametru wraz z poznaniem przebiegu zmienności tego parametru pomiędzy wartościami granicznymi.
2. Przeprowadzone pomiary kątów względnego skręcania wałów w warunkach dynamicznych stanowią podstawę do wprowadzenia tej metody jako analizy diagnostycznej mostu napędowego kombajnu.
3. Metoda pomiaru kątów względnego skręcania wałów mostu napędowego nie wymaga znaczącej modyfikacji zespołu przekładniowego w celu zainstalowania przetworników pomiarowych.
4. Pamięć komputera pokładowego Bizona Z 0-58 nie wymaga dodatkowego rozszerzenia.

## **Bibliografia**

Basista G., Cieślikowski B. 2005. Ocena zmiany prędkości roboczej agregatu ciągnikowego na podstawie sygnału pozycjonowania półosi napędowych, *Inżynieria Rolnicza* 14 (74).

Cieślikowski B. 2005. Analiza procesu drganiowego tarczy rozsiewacza nawozowego, *Acta Agrophysika*, 5(3) – 117, s. 589-595.

Cieślikowski B. 2005. System autodiagnozy zespołu przekładniowego kombajnu zbożowego, *Inżynieria Rolnicza* 8 (68), s. 49-57.

Cieślikowski B., Langman J. Analiza parametru diagnostycznego zespołu przekładniowego kombajnu zbożowego z użyciem sztucznych sieci neuronowych *Inżynieria Rolnicza* 8 (68) , s. 57-63.

Niziński S., Michalski R. 2002. Diagnostyka obiektów technicznych. PWN 2002.

Michalski R., Niziński S., Żółtowski B. 1996. Diagnostyka maszyn rolniczych. PWN.

## **ON-BOARD DIAGNOSTICS FOR DRIVING AXLE IN THE Z-058 REKORD HARVESTER**

### **Summary**

Lack of effective methods and diagnostic processes for combine harvester transmission units gave grounds to develop functional diagnostic methods, which use existing on-board computer of the vehicle. Besides specifying limit value for the diagnostic parameter, an essential issue is to determine variability of this parameter in relation to harvester operation time. The purpose of this work is to determine relative angle of torsion for harvester final drive shafts during field work, and to study variability of the analysed diagnostic parameter properties in relation to power units deemed to be in good working order, or worn out.

**Key words:** functional diagnostics, on-board computer, diagnostic susceptibility, final drive