

Włodzimierz Kęska, Stanisław Jankowiak *, Roman Pomianowski *
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
*Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

ZESTAW DO WYKONYWANIA MAP PŁONU ZIARNA INSTALOWANY NA KOMBAJNIE ZBOŻOWYM

Streszczenie

Prezentowany zestaw służy do sporządzania map plonu ziarna podczas kombajnowego zbioru zbóż, składający się z mikroprocesorowego przetwornika natężenia strumienia ziarna, komputera pokładowego, odbiornika GPS i specjalnego oprogramowania, służącego do akwizycji danych oraz statystycznego opracowania cyfrowych map plonu wraz z ich graficzną wizualizacją. Opisano działanie zestawu, wyniki badań laboratoryjnych przetwornika oraz wyniki testów polowych całego zestawu. Stwierdzono, że zaprojektowany i wykonany w PIMR zestaw działa zgodnie z przyjętymi założeniami i może być stosowany w rolnictwie precyzyjnym.

Słowa kluczowe: plon, ziarno, pomiary, rolnictwo precyzyjne

Wstęp

Jednym z ważniejszych elementów rolnictwa precyzyjnego są mapy rozmieszczenia plonu na powierzchni pola, pośrednio określające rozkład urodzajności gleby. Mapy te najczęściej sporządzane są na podstawie pomiarów dokonywanych w czasie kombajnowego zbioru. Według badań duńskich [Pedersen 2003] sporządzanie map plonu należy do najczęściej stosowanych elementów rolnictwa precyzyjnego. Kombajny zbożowe, oprócz komputera pokładowego, muszą być w tym celu wyposażone w specjalne przetworniki do pomiaru natężenia strumienia ziarna transportowanego do zbiornika. Obecnie wszystkie współcześnie produkowane kombajny zbożowe mogą być fabrycznie wyposażone w systemy do monitorowania plonu i komputery pokładowe [Jankowiak 2002]. Stosowane są w praktyce różnorodne systemy, które różnią się między sobą zarówno fizyczną zasadą działania, jak i stosowanymi algorytmami przetwarzania danych uzyskiwanych z pomiarów bezpośrednich na praktycznie użyteczną postać mapy rozmieszczenia plonu. Jak dotąd, istnieje znaczna rozbieżność wyników uzyskiwanych z różnych systemów w porównywalnych warunkach, implikująca niepewność co do dokładności tworzonych z nich map [Jurschik 1995]. Te, oraz inne jeszcze względy uzasadniają potrzebę prowadzenia dalszych prac nad takimi systemami,

gdyż rozwój wiedzy w tym zakresie będzie sprzyjał wprowadzaniu metod rolnictwa precyzyjnego także w polskim rolnictwie. Współcześnie stosowane systemy do sporządzania map rozmieszczenia plonu różnią się między sobą przede wszystkim sposobem i miejscem pomiaru natężenia strumienia ziarna. Jedną z chętniej stosowanych metod tego pomiaru polega na pomiarze siły, jaką wywiera rozpędzony do danej prędkości strumień ziarna na umieszczonej w nim przeszkodę. Wektor tej siły, zgodnie z ogólnie znanym prawem mechaniki, odpowiada wektorowi zmiany pędu strumienia nasion. Jeśli przyjąć, że prędkości strumienia przed i po zmianie są stałe w czasie i znane, masowe natężenie przepływu ziarna jest wprost proporcjonalne do zarejestrowanej siły. Tego rodzaju przetwornik jest montowany zazwyczaj w miejscu, w którym strumień ziarna opuszcza przenośnik łańcuchowo łopatkowy transportujący ziarno do zbiornika.

Istnieje szereg przyczyn, które mogą generować błędy wyznaczania lokalnej wysokości plonu. Należą do nich:

- opóźnienie zarejestrowanego sygnału pomiarowego względem chwili zebrania mierzzonego ziarna, wynikające z długiej drogi ziarna w układzie technologicznym kombajnu, przejściowych zatorów w systemie transportowym itp.,
- zmienna efektywna szerokość robocza żniwiarki kombajnu,
- wahania prędkości ziarna opuszczającego przenośnik, wynikające ze zmiennego tarcia, drgań mechanicznych, zmian prędkości obrotowej silnika itp.,
- znaczna pulsacja strumienia ziarna wynikająca z przerywanego charakteru jego transportu na łopatkach przenośnika,
- wpływ zmian parametrów mechanicznych ziarna na współczynniki tarcia i restytucji, determinujące przebieg prędkości ziarna w układzie pomiarowo-transportowym.

Wiele z tych zakłóceń można skompensować w wyniku inteligentnego filtrowania sygnału pomiarowego i optymalizacji matematycznych metod konstrukcji map na podstawie tegoż sygnału. Stąd, bardzo istotne są algorytmy przetwarzania surowego sygnału pomiarowego na mapę rozmieszczenia plonu. Prowadzenie własnych prac badawczych w tym zakresie nie jest możliwe bez możliwości ingerowania zarówno w konstrukcję przetwornika, jak i oprogramowanie systemu. Dlatego tak bardzo istotne jest opracowanie własnego przetwornika i oprogramowania do własnych badań systemów sporządzania plonu ziarna.

Bezpośrednim celem niniejszej pracy było opracowanie własnej wersji zestawu do sporządzania map plonu ziarna na kombajnie zbożowym, składającego się z części hardwarowej i softwarowej, który będzie bazą do

dalszych badań własnych nad rozwojem systemów dla rolnictwa precyzyjnego. Opracowany zestaw powinien być też użyteczny praktycznie, przez przystosowanie go do montowania w powszechnie eksploatowanych u nas jeszcze kombajnach Bizon oraz innych, niewyposażonych jeszcze w te układy przez swego producenta. Założono, że w zestawie powinny być wykorzystane najnowocześniejsze, ale popularne, masowo produkowane składniki zawansowanej technologii, takie jak komputery mobilne i odbiorniki GPS o wysokim stosunku osiągnięć do ceny.

Materiał i metody

W skład zestawu wchodzi specjalnej konstrukcji przetwornik pomiarowy do pomiaru natężenia strumienia ziarna, odbiornik GPS, mikrokomputer pokładowy oraz oprogramowanie obsługujące proces pomiarowy i akwizycję danych, a także oprogramowanie do statystycznej obróbki danych zebranych w czasie zbioru i graficznej prezentacji map plonu.

Najistotniejszym elementem zestawu, poza oprogramowaniem, jest mikroprocesorowy przetwornik pomiarowy skonstruowany w PIMR. Przetwornik działa na zasadzie pomiaru siły uderzenia strumienia nasion, opuszczającego przenośnik łańcuchowo-płytkowy transportujący ziarno z czyszczalni kombajnu do zbiornika. Zgodnie z prawem zmiany pędu, siła ta jest proporcjonalna do iloczynu masowego natężenia przepływu ziarna i prędkości zderzenia z tarczą pomiarową. Pomiar siły uderzenia strumienia ziarna w tę płytkę dokonywany jest za pomocą tensometrycznego przetwornika siły, którego element sprężysty ma postać belki z wycięciami nadającymi jej formę sprężystego równoległoboku (tzw. kształt „okularowy”). Taka forma geometryczna belki zapewnia niezależność strzałki ugięcia jej końca od położenia punktu przyłożenia siły. Obsługę mostka tensometrycznego zapewnia specjalizowany układ scalony firmy Analog Devices oraz komputer jednoukładowy, którego zadaniem jest sterowanie procesem pomiarowym, wstępna obróbka statystyczna, a potem transmisja danych pomiarowych do komputera pokładowego przez popularne łącze transmisji szeregowej RS232. Elementy elektroniczne przetwornika są umieszczone w jego obudowie.

Wygląd opisanego przetwornika, zamontowanego w kombajnie przedstawiono na rysunku 1 (położenie przetwornika zaznaczono strzałką). Przetwornik montuje się w kombajnie bardzo łatwo przez zastąpienie nim klapy zamykającej otwór rewizyjny, znajdujący się na szczycie obudowy przenośnika ziarna. Nie wymaga to żadnych zmian w konstrukcji kombajnu.

Dodatkowo, na końcu wału dolnego przenośnika, może być zamontowany czujnik kąta obrotu, pozwalający zmierzyć i zarejestrować rzeczywistą prędkość wału.



Rys. 1. Widok przetwornika zamontowanego na kombajnie zbożowym BIZON
Fig. 1. View of the converter mounted on BIZON combine harvester

Program instalowany na komputerze pokładowym umożliwia rejestrację wszystkich niezbędnych danych w pliku tekstowym oraz wizualizację położenia kombajnu na mapie pól i aktualnie wyliczoną wysokość lokalnego plonu. Po przepisaniu tych danych do komputera stacjonarnego należy przeprowadzić ich statystyczną obróbkę. Do tego celu można wykorzystać zarówno utworzony w ramach niniejszej pracy specjalny program, jak i dostępne już na rynku inne oprogramowanie dla rolnictwa precyzyjnego.

Program ten wykonuje następujące funkcje:

- czytanie i analizowanie pliku źródłowego, zapisanego na komputerze pokładowym, który zawiera dane o pozycji geograficznej i prędkości kombajnu oraz średniej sile wywieranej na element pomiarowy przetwornika i prędkości obrotowej wału transportera ziarna,
- analiza danych i odrzucenie niepewnych danych, tj. danych z uwroci, koszenia niepełną szerokością żniwiarki itp.,
- wprowadzenie poprawki opóźnienia transportowego, oszacowanej na podstawie symulacji zbioru i obliczenie wysokości plonu w punktach pomiarowych,
- wyrównanie i interpolacja danych metodą lokalnych średnich ważonych z wykorzystaniem wybranych funkcji wagowych,

- graficzna prezentacja map na tle zapisanego wektorowo planu gospodarstwa.

W efekcie działania programu uzyskuje się macierz rozmieszczenia plonu na siatce regularnej o dowolnie wybranym module, która może być prezentowana w różnych formach graficznych na papierze lub ekranie monitora. Stosunkowo łatwo można dodawać do systemu procedury generacji map zabiegów, które można potem przenosić do komputera pokładowego, sterującego maszyną aplikacyjną.

Cały zestaw poddano testom empirycznym w warunkach laboratoryjnych i polowych. Badania laboratoryjne przeprowadzono na stanowisku, którego głównym elementem był przenośnik ziarna z kombajnu BIZON RECORD, zasilany ziarnem z zasobnika przez regulowaną zasuwę. W tym przenośniku montowano badany przetwornik pomiarowy. Ziarno, po przejściu przez przenośnik, było zbierane do zasobnika umieszczonego na wadze i stamtąd po zważeniu transportowane pneumatycznie z powrotem do zasobnika zasilającego. W układzie tym sprawdzono liniowość wskazań przetwornika pomiarowego i przeprowadzono jego skalowanie. W badaniach dotychczasowych używano ziarna pszenicy o wilgotności 10%.

Badania w warunkach polowych prowadzono w sezonie agrotechnicznym 2003 r. podczas zbioru pszenżyta i kukurydzy kombajnem Bizon Super. Celem tych badań było ogólne sprawdzenie poprawności funkcjonowania systemu i możliwości jego montażu na losowo wybranym kombajnie. W charakterze komputera pokładowego zastosowano przenośny komputer typu notebook w obudowie przystosowanej do warunków polowych. Docelowo, system będzie oparty na komputerze typu Pocket PC, pracującym pod systemem operacyjnym Windows CE™.

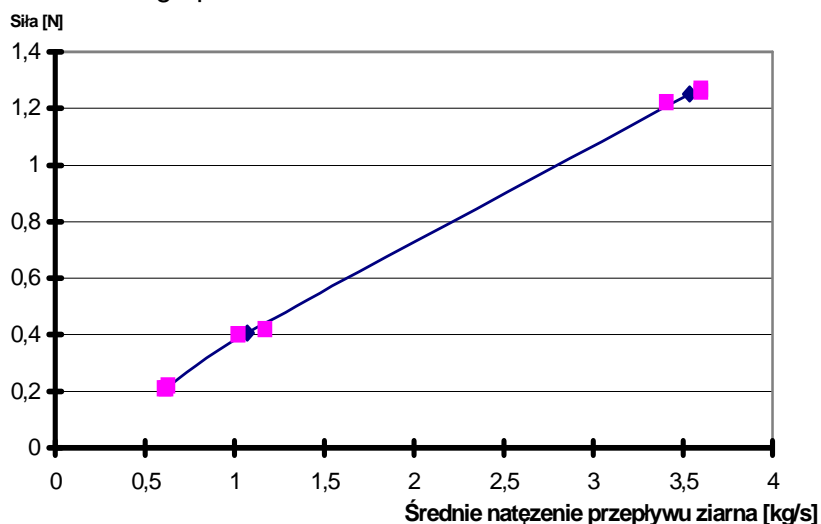
Wyniki i dyskusja

Wybrane wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono na rysunku 2. Wykres przedstawia zależność pomiędzy średnią wartością siły rejestrowanej przez przetwornik pomiarowy a rzeczywistym średnim natężeniem wypływu ziarna, określonym jako stosunek masy porcji ziarna zmierzonej na wadze do czasu transportu tej porcji. Czas ten był mierzony przez system komputerowy za pomocą zegara systemowego komputera.

Dla każdego z trzech wybranych położeń zasuw regulującej wypływ ziarna próbę powtarzano trzykrotnie. Uzyskany współczynnik korelacji pomiędzy wartością siły rejestrowanej przez przetwornik pomiarowy a średnim natężeniem przepływu ziarna był wysoki i wynosił ok. 98%.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy przebieg siły na przetworniku podczas transportowania porcji ziarna o masie 70 kg z różną wydajnością,

zmienianą w zakresie od 0 do 4 kg/s. Jak widać, punkty pomiarowe dobrze układają się wokół prostej wychodzącej z początku układu współrzędnych, odzwierciedlającej teoretyczną, liniową zależność pomiędzy siłą a masowym natężeniem strumienia ziarna, wynikającą ze wzoru na popęd siły. A zatem, można było uznać, że dokładność pomiaru tego przetwornika będzie wystarczająca do tworzenia map plonu ziarna i nie będzie w istotny sposób zmniejszała ich dokładności, szczególnie w relacji z innymi omówionymi wyżej czynnikami obiektywnymi, wpływającymi na błędy określenia lokalnego plonu.



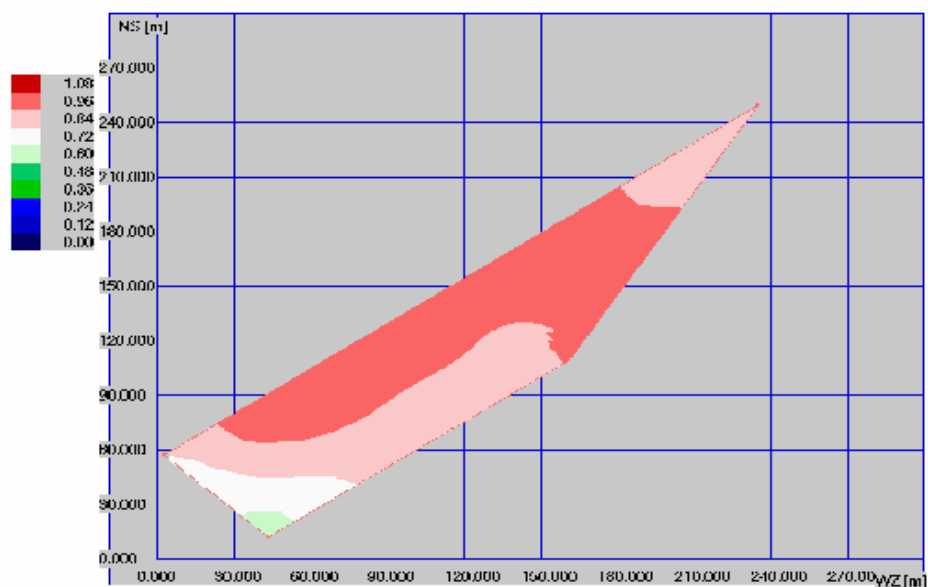
Rys. 2. Zależność pomiędzy średnim natężeniem przepływu ziarna a siłą zarejestrowaną na przetworniku

Fig. 2. Relationship between average grain flow intensity and the force acting on converter plate

Wykorzystując to urządzenie przeprowadzono w sezonie agrotechnicznym 2003 r. dwie próby sporządzenia mapy plonu ziarna podczas zbioru pszenżyta oraz kukurydzy. Próby te przebiegły pomyślnie, a uzyskane dane są obecnie wykorzystywane do doskonalenia własnych postprocesorów, pozwalających na ich statystyczną filtrację, interpolację i aproksymację oraz wizualizację uzyskanych na ich podstawie map cyfrowych [Kęska 2002].

Na rysunku 3 pokazano przykład mapy plonu wygenerowanej za pomocą opisanego programu na podstawie danych zebranych podczas zbioru kukurydzy w sezonie agrotechnicznym 2003, na polu w okolicy Kórnika

k. Poznania. Dane interpolowano z wykorzystaniem funkcji wagowych o postaci rozkładu Gaussa.



Rys. 3. Cyfrowa mapa rozmieszczenia plonu kukurydzy
Fig. 3. Digital map of maize grain yield distribution

Aktualnie przygotowywane jest oprogramowanie na komputery kieszonkowe serii IPAQ, służące do akwizycji danych potrzebnych do sporządzania map plonu, a także innych wielkości na maszynach rolniczych oraz do wspomagania sterownia maszynami w czasie zabiegów precyzyjnych.

Wnioski

1. Opracowany w PIMR system do tworzenia map plonu ziarna działał zgodnie z przyjętymi założeniami i może być wykorzystywany do dalszych własnych badań w dziedzinie rolnictwa precyzyjnego, a także praktycznie stosowany przez rolników próbujących wdrażać w swoich przedsiębiorstwach metody rolnictwa precyzyjnego, stanowiąc dostępną cenowo alternatywę dla zagranicznych systemów montowanych na kosztownych kombajnach zbożowych. Pozwoli to na łatwiejsze pokonanie ekonomicznej bariery na drodze wdrażania metod rolnictwa precyzyjnego.
2. Należy prowadzić dalsze prace badawcze i konstrukcyjne w celu udoskonalenia systemu sporządzania map plonu rozszerzenia funkcji jego oprogramowania w kierunku wykorzystania map

zasobności gleby do sterowania maszyn aplikacyjnych, a szczególnie opryskiwaczy, rozsiewaczy nawozów i siewników.

Bibliografia

Jankowiak S. 2002. Czujniki chwilowych wydajności przepływającego strumienia ziarna, zwłaszcza w kombajnach zbożowych, współpracujące z satelitarnymi systemami pozycjonowania obiektów ruchomych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 47: 36-41

Jurschik P., Schmerler J. 1995. Drei Ertragsysteme im Vergleich. *DLG-Mitteilungen*, 1, s.7

Kęska W. 2002. Modelowanie map glebowych dla celów komputerowej symulacji procesów rolnictwa precyzyjnego. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 47: 8-12

Pedersen S.M. & al. 2003. *Adoption of Precision Agriculture in Denmark*. Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers

SET OF THE EQUIPMENT TO MAPPING GRAIN YIELD MOUNTED ON A COMBINE HARVESTER

Summary

A set of the equipment to mapping of grain yield during combine harvesting of the cereals was presented. The unit consisted of the microprocessor converter for grain stream intensity, board computer, GPS receiver as well as the special software to data collection and statistical processing of digital yield maps including their graphical visualization. Functioning of the unit was described. Laboratory test results of the converter as well as field test results of the whole equipment set were also given. It was stated that designed and developed by the Industrial Institute of Farm Machinery (PIMR) mapping unit was functioning in accordance with the expectations and may be useful to precision farming.

Key words: cereal grain, yield, mapping, measuring, board computer, combine harvester, precision agriculture

Recenzent – Bogusław Cieślowski