

NOWOCZESNE SYSTEMY KONTROLNO-STERUJĄCE STOSOWANE W KOMBAJNACH DO ZBIORU ZBÓŻ

Streszczenie

W artykule omówiono nowoczesne systemy kontrolno-sterujące stosowane w kombajnach do zbioru zbóż oferowanych do sprzedaży na polskim rynku maszyn rolniczych. Zwrócono szczególną uwagę na systemy automatyczne, które wspomagają operatora podczas pracy i pomagają osiągnąć większą wydajność zbioru oraz zminimalizować straty zbieranego ziarna lub nasion. Scharakteryzowano systemy, które automatycznie sterują parametrami zespołów roboczych kombajnów podczas zbioru zbóż i pozwalają na uzyskanie wysokiej jakości ziarna lub nasion. Scharakteryzowano również systemy automatycznego prowadzenia kombajnu oraz systemy telemetryczne.

Słowa kluczowe: zbiór zbóż, kombajn do zbioru zbóż, systemy wspomagające

Wstęp

W Polsce zboża uprawiane są w około 90% gospodarstw i zajmują około 73% ogólnej powierzchni zasiewów. Wraz z postępowaniem hodowlanym, producenci rolni wykorzystują coraz wydajniejsze odmiany, co przyczynia się do znaczącego wzrostu plonów i wymaga wykorzystania do zbioru bardziej wydajnych kombajnów [6, 12]. W związku z tym rosną też wymagania stawiane środkom technicznym wykorzystywanym do zbioru, a stosunkowo krótki agrotechniczny okres zbioru (wynoszący około 20 dni) jest dodatkowym wyzwaniem. W procesie produkcji podstawowych zbóż, rzepaku, kukurydzy oraz roślin strączkowych największy udział pod względem kosztów, robocizny oraz zapotrzebowania na nośniki energetyczne przypada na zbiór tych roślin. Zmniejszenie kosztów zbioru i pozostałych nakładów jest możliwe m.in. przez stosowanie nowoczesnych rozwiązań w kombajnach zbożowych oraz umiejętne wykorzystanie ich w procesie technologicznym zbioru [2, 9, 10].

Rozwój konstrukcji kombajnów do zbioru zbóż skierowany jest przede wszystkim na zwiększanie ich wydajności i niezawodności, polepszanie ergonomii pracy operatorów oraz poprawę jakości zbieranych plonów. Następujące zmiany wpływają też pozytywnie na zmniejszanie kosztów eksploatacji [1, 11]. Do najnowszych trendów w rozwoju konstrukcji kombajnów można zaliczyć działania ukierunkowane na:

- zmiany konstrukcyjne w przyrządach żniwnych,
- innowacyjne rozwiązania w zespołach omłotowych, separujących i czyszczących,
- unowocześnianie rozwiązań konstrukcyjnych w kombajnach z automatycznym poziomowaniem maszyny w tzw. „wersjach górskich”,
- wprowadzanie systemów telemetrycznych oraz automatycznego prowadzenia kombajnów z użyciem sygnału GPS,
- wprowadzanie systemów automatycznego regulowania przepływu masy [2, 3, 8, 12].

W celu poprawy wydajności i jakości zbieranych plonów rolnych, zmniejszenia strat oraz odciążenia operatora, czołowi producenci kombajnów do zbioru zbóż, tj.: Claas, John Deere, New Holland, Fendt i Massey Ferguson stosują szereg nowoczesnych systemów kontrolno-sterujących. Należą do nich m.in.:

- system automatycznego prowadzenia kombajnu i automatycznego sterowania prędkością jazdy w zależności od przepustowości,
- system automatycznej regulacji parametrów roboczych w zależności od jakości ziarna i wielkości strat,
- pomiar i mapowanie plonów,
- systemy telemetryczne do rejestrowania, przesyłania i przechowywania danych na serwerze, które zostały zebrane podczas pracy maszyny [1, 13, 14, 15, 16].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości funkcjonalnych obecnie produkowanych nowoczesnych kombajnów do zbioru zbóż oraz scharakteryzowanie systemów kontrolnych, które wspomagają operatora podczas pracy. Scharakteryzowane zostaną też systemy automatycznie sterujące parametrami roboczymi kombajnów, które pozwalają zwiększyć ich wydajność, osiągnąć wyższą jakość zbieranego ziarna oraz ograniczyć straty zbieranego plonu.

Poziomowanie przyrządu żniwnego

Utrzymanie równej wysokości cięcia jest bardzo ważnym parametrem, szczególnie przy stosowaniu systemów uprawy bezplużnej. W celu zwiększenia wydajności, a zarazem zredukowania ilości przejazdów użytkuje się coraz szersze przyrządy żniwne. Szerokość robocza największych zespołów żniwnych przekracza 12 m [3, 8]. W kombajnach oferowanych obecnie przez wiodących producentów automatyczny system poziomowania poprzecznego dla przyrządów żniwnych o szerokości powyżej 6 m jest wyposażeniem standardowym. Zapewnia to wyrównaną wysokość ścinania roślin i dokładne kopiowanie nierównego terenu [1, 13, 14, 15, 16]. Przyrządy żniwne wyposażane są w czujniki ślizgowe umieszczone pod spodem z prawej i lewej strony (rys. 1). W najszerszych przyrządach żniwnych, o szerokości powyżej 10 m, niektórzy producenci stosują trzeci czujnik, który jest montowany w środkowej części [13]. Pozwala to uniknąć oparcia się o grunt lub nabrania gleby w przypadku wjechania kombajnu w ścieżkę technologiczną lub napotkania nierówności na powierzchni pola w środkowej części przyrządu żniwnego. W celu poprawnego kopiowania terenu i poziomowania poprzecznego niezbędne jest wykonanie kalibracji wysokości. Polega to na ustawieniu przyrządu w kilku pozycjach i zarejestrowaniu przez moduł sygnałów przekazywanych z czujników. Proces

kalibracji zazwyczaj przebiega automatycznie po włączeniu go w ustawieniach kombajnu. Po zmianie przyrządu żniwnego do zbioru zbóż na inny, np. do zbioru kukurydzy, wymagana jest ponowna kalibracja założonej wysokości ścinania roślin [1, 5].



Rys. 1. Czujniki ślizgowe w przyrządzie żniwnym kombajnu zbożowego określające wysokość ścinania roślin [15]

Fig. 1. Sliding sensors in the grain harvester cutter bar determining the cutting height of plants [15]

Regulacja przepływu masy

Stosowanie zaawansowanych systemów młócaço-separujących w nowoczesnych kombajnach do zbioru zbóż umożliwi pracę z wydajnością masową do $40 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ziarna [2]. Nowoczesne kombajny do zbioru zbóż wyposażone są w szereg czujników mierzących przepływ masy. Objętość masy wchodzącej do kombajnu jest mierzona przez czujniki umieszczone w przenośniku pochylonym, które określają pozycję przedniego walca. Następnie system przelicza zmierzoną wartość na objętość masy wchodzącej do zespołu młócacego [5]. Wielkości występujących strat w zespołach czyszczącym i separującym określana jest za pomocą systemu do pomiaru straty ziarna. Czujniki zamocowane za sitami i za wytrząsaczami rejestrują uderzenia ziarniaków lub nasion, które następnie są przetwarzane i prezentowane na dwóch czytelnych wskaźnikach monitora. W celu uzyskania poprawności wskazań systemu, operator po rozpoczęciu zbioru musi skorygować ustawienia czujników, aby dostosować ich czułość do wielkości zbieranych ziarniaków lub nasion. Dzięki systemowi rejestracji strat ziarna, operator ma kontrolę nad wielkością strat (rys. 2) i może dostosowywać prędkość jazdy do aktualnych warunków z zachowaniem maksymalnej przepustowości i minimalnego poziomu strat [1, 8].

Kombajny do zbioru zbóż mogą być również wyposażone w automatyczny system regulacji prędkości roboczej, który wykorzystuje sygnały z czujników strat ziarna. Kombajn w zależności od wybranej strategii może pracować utrzymując maksymalne obciążenie silnika, stałą przepustowość ustaloną przez operatora albo nastawiony poziom strat zbieranego ziarna lub nasion. Strategię drugą i trzecią można ze sobą powiązać. W takim przypadku prędkość robocza będzie uzależniona od parametru, który szybciej przekroczy zadaną wartość graniczną [1, 5, 11]. Firma Claas w swoich kombajnach dodatkowo oferuje system, który nie tylko reguluje przepływ masy przez zmianę prędkości jazdy, ale również zabezpiecza przed nagłym zapchaniem zespołu młócacego przez zatrzymanie przenośnika pochylonego. W momencie gdy system

wykryje nadmierne obciążenie bębna młócacego, to w pierwszej kolejności zredukuje prędkość jazdy, a w skrajnych przypadkach wyłączy napęd przenośnika pochylonego w celu zatrzymania masy na zespole żniwnym (rys. 3). System ten pozwala utrzymać przepustowość na możliwie wysokim poziomie oraz w wyjątkowych okolicznościach uniknąć zapchania zespołu młócacego przez masę zbożową, która już została ścięta przez przyrząd żniwny [13].



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 2. Terminal kombajnu firmy Massey Ferguson - seria Activa S

Fig. 2. Massey Ferguson harvester terminal - Activa S series

Kombajny do zbioru zbóż mogą być również wyposażone w automatyczny system regulacji prędkości roboczej, który wykorzystuje sygnały z czujników strat ziarna. Kombajn w zależności od wybranej strategii może pracować utrzymując maksymalne obciążenie silnika, stałą przepustowość ustaloną przez operatora albo nastawiony poziom strat zbieranego ziarna lub nasion. Strategię drugą i trzecią można ze sobą powiązać. W takim przypadku prędkość robocza będzie uzależniona od parametru, który szybciej przekroczy zadaną wartość graniczną [1, 5, 11]. Firma Claas w swoich kombajnach dodatkowo oferuje system, który nie tylko reguluje przepływ masy przez zmianę prędkości jazdy, ale również zabezpiecza przed nagłym zapchaniem zespołu młócacego przez zatrzymanie przenośnika pochylonego. W momencie gdy system wykryje nadmierne obciążenie bębna młócacego, to w pierwszej kolejności zredukuje prędkość jazdy, a w skrajnych przypadkach wyłączy napęd przenośnika pochylonego w celu zatrzymania masy na zespole żniwnym (rys. 3). System ten pozwala utrzymać przepustowość na możliwie wysokim poziomie oraz w wyjątkowych okolicznościach uniknąć zapchania zespołu młócacego przez masę zbożową, która już została ścięta przez przyrząd żniwny [13].



Rys. 3. Schemat działania systemu firmy Claas - „Claas Auto Crop Flow” [13]

Fig. 3. Functional diagram of the Claas system - "Claas Auto Crop Flow" [13]

Regulacja parametrów roboczych

Zmienne warunki podczas zbioru, tj. wielkość plonu, wilgotność oraz wysokość łanu, zmuszają operatora do zmiany ustawień parametrów roboczych w celu utrzymania wysokiej jakości zbieranego ziarna oraz niskiego poziomu strat. Najbardziej zaawansowane technicznie kombajny do zbioru zbóż wyposażone są w dodatkowe grupy czujników monitorujących uszkodzenia i zanieczyszczenia ziarna (rys. 4) oraz rozkład materiału na sitach [3, 8]. Jakość ziarna kontrolowana jest przez kamerę umieszczoną w przenośniku czystego ziarna. System za pomocą cyfrowej analizy obrazu określa stopień zanieczyszczeń i uszkodzeń ziarna. Analiza odbywa się w czasie rzeczywistym z częstotliwością pomiarów co kilka sekund (około 12-15 pomiarów na minutę - w zależności od producenta). Na terminalu maszyny wyświetla się procentowa wartość uszkodzonych ziaren i zanieczyszczeń. Operator może też dodatkowo wyświetlić zdjęcie z ostatniego pomiaru na terminalu maszyny i je osobiście zweryfikować (rys. 5) [5].

Najbardziej zaawansowane systemy automatyczne, prezentują również wizualizację graficzną jakości zbieranego ziarna. Przedstawiają też rozmieszczenie masy na sitach oraz przekazują rzeczywisty obraz wymłóconego ziarna. W zależności od wybranej przez operatora strategii, mają również

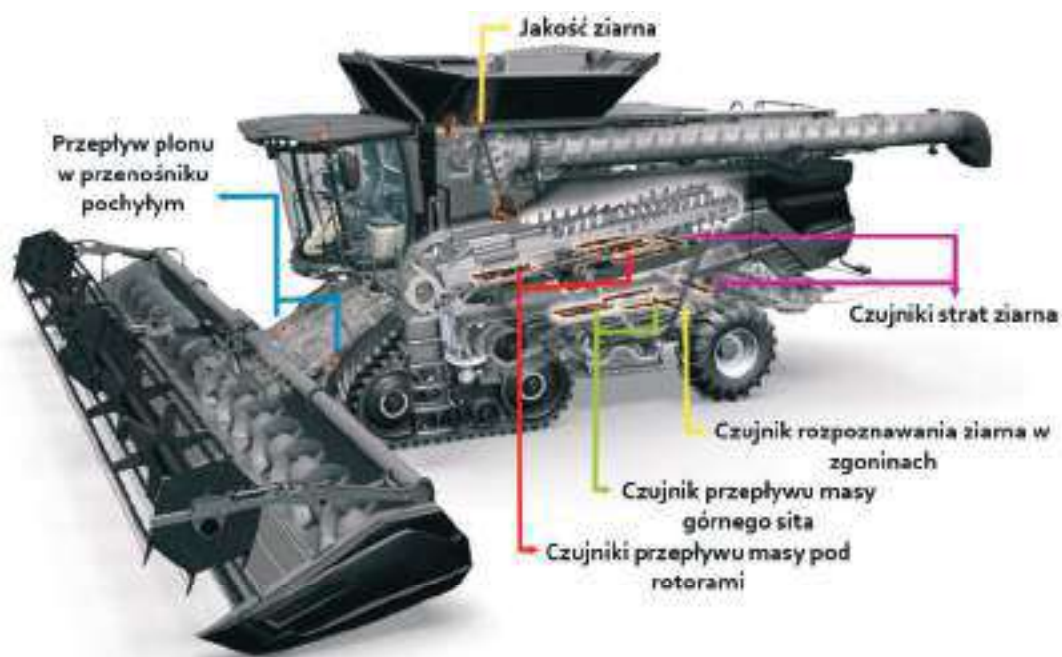
możliwość dostosowywania parametrów roboczych maszyny do warunków zbioru, tj. prędkości obrotowej bębna młócającego, wielkości szczeliny między bębniem młócającym a klepiskiem, prędkości obrotowej dmuchawy oraz szczeliny na sitach [1, 5]. Głównymi kryteriami pracy w automatycznym systemie regulacji są: maksymalna przepustowość, minimalne straty, minimalne uszkodzenia i zanieczyszczenia ziarna i nasion oraz niskie zużycie paliwa. Operator decyduje, które kryterium ma mieć priorytet i według jakich parametrów system będzie regulował zespoły robocze. Można również wybrać opcję zbalansowanego zbioru, wtedy wszystkie kryteria będą brane pod uwagę w równym stopniu. Dodatkowo system automatycznej regulacji zespołów roboczych współpracuje z systemem automatycznej regulacji prędkości roboczej [13, 14, 15, 16].



Rys. 5. Zrzut ekranu wyświetlającego system automatycznej regulacji „IDEALharvest” w kombajnie firmy FENDT - seria IDEAL

Fig. 5. Screenshot of the display monitor of automatic control "IDEALharvest" in the company Fendt combine - IDEAL

Grupa AGCO w kombajnach serii IDEAL wprowadziła nowatorski system przesyłania ustawień pomiędzy kombajnami podczas ich pracy. Pozwala on na zdalne przesyłanie nastaw zespołów roboczych pracującego na polu kombajnu oraz



Źródło: opracowanie własne na podstawie [5] / Source: own work based by [5]

Rys. 4. Rozmieszczenie czujników przepływu masy i strat ziarna w kombajnie firmy Fendt - seria IDEAL

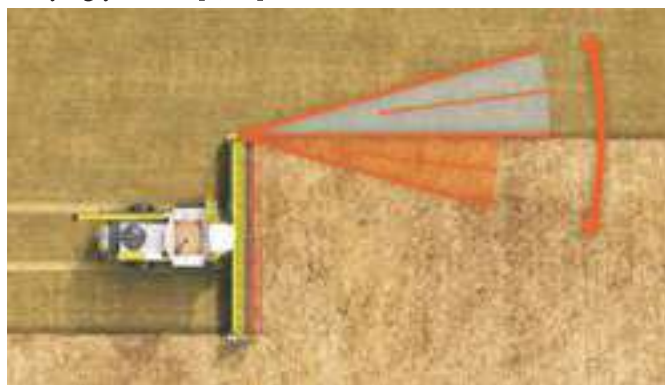
Fig. 4. Arrangement of mass flow and grain loss sensors in a Fendt combine - IDEAL series

przekazywanie linii prowadzenia z nawigacji do maszyn, które rozpoczynają zbiór. System przesyłania informacji wykorzystuje transmisję danych poprzez sieci komórkowe. Dzięki nowym możliwościom komunikowania się pomiędzy kombajnami, można uzyskać większą ich wydajność oraz jakość zbieranego plonu, w przypadku gdy kilka maszyn pracuje na tym samym polu [5].

System automatycznego prowadzenia

Prowadzenie kombajnu z przyrządem żniwnym o szerokości ponad 9 metrów wymaga od operatora skupienia i dużego doświadczenia. W celu odciążenia kierującego, producenci kombajnów zbożowych wprowadzili systemy automatycznego prowadzenia za pomocą sygnału GPS. Podczas zbioru kombajnowego zbóż wystarczający jest standardowy sygnał bez dodatkowej korekcji. Umożliwia on dokładność prowadzenia +/- 30 cm [3, 4]. W celu uniknięcia odmińców można ustawić odległość buforową lub w czasie pracy sterować odchyleniem od śladu. Pozwala to operatorowi podczas chwilowego pogorszenia sygnału na korektę toru jazdy bez konieczności wyłączenia trybu automatycznego. Dostępne są opcje prowadzenia równoległego według wyrysowanego śladu (linie proste oraz krzywe). Systemy niektórych producentów pozwalają na przypisywanie śladów do danego pola i w kolejnych latach na korzystanie z już wyrysowanych linii prowadzenia [4, 13, 14]. Dodatkowo z systemu automatycznego prowadzenia maszyny, pobierane są informacje do licznika hektarów z opcją wyłączenia powierzchni, na której ślady się pokrywają. Daje to dokładny wynik skoszonej powierzchni, bez dublowania w przypadku koszenia niepełną szerokością przyrządu żniwnego lub podczas zawracania [5]. Dostępna jest również opcja automatycznego zawracania. Aby jednak zawracanie przebiegło pomyślnie i bezpiecznie, potrzebna jest odpowiednia szerokość zagonu. Po wyjeździe z ładu na terminalu kombajnu aktywuje się funkcja automatycznego nawrotu. Aby maszyna samodzielnie wykonała ten manewr, to aktywowaną funkcję musi zaakceptować operator [13].

Firma CLAAS w produkowanych kombajnach oferuje dodatkowo rozwiązanie automatycznego prowadzenia maszyny z wykorzystaniem czujników optyczno-elektronicznych. Rozwiązanie to wykorzystuje impulsy świetlne, które wykrywają krawędź między skoszonym a nieskoszonym ładem (rys. 6). System automatyczny prowadzi kombajn wzdłuż tej krawędzi i może być stosowany z prawej i lewej strony przyrządu żniwnego, co pozwala na nawroty w dowolnym kierunku. Rozwiązanie to jest tańsze od systemu automatycznego prowadzenia za pomocą sygnału GPS, ale cechuje się też mniejszą dokładnością, co szczególnie uwidoczni się w wyległym ładzie [2, 13].



Rys. 6. System automatycznego prowadzenia wzdłuż ładu firmy Claas - „Laser Pilot” [13]

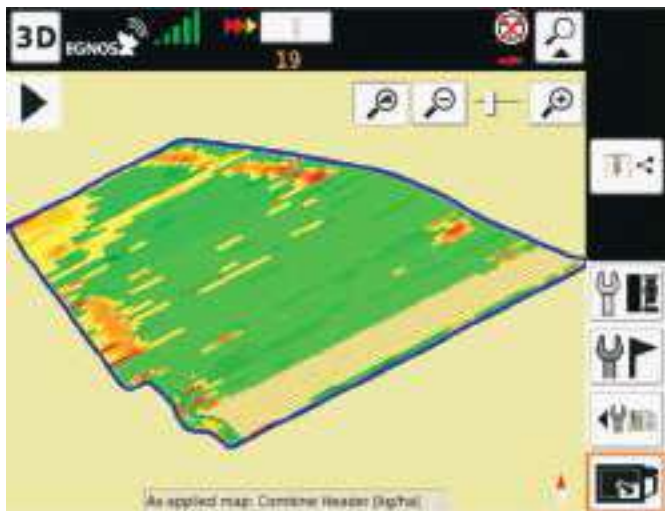
Fig. 6. Claas automatic guiding system - "Laser Pilot" [13]

Firma John Deere oferuje w swoich kombajnach innowacyjny system optymalizacji procesów logistycznych i zdalnego sterowania toru jazdy zestawu transportowego podczas rozładunku zbiornika w czasie pracy o nazwie „Machine Sync”. Opracowany przez firmę John Deere system korzysta z sygnału GPS i składa się z nadajnika i odbiornika do przekazywania informacji pomiędzy kombajnem zbożowym i ciągnikiem rolniczym. System „Machine Sync” został opracowany w celu optymalizacji procesu transportu podczas zbioru zbóż na dużych powierzchniach lub w sytuacji gdy na różnych polach pracuje kilka kombajnów. Niezbędny jest wtedy sprawny odbiór zboża, co wymaga bardzo dobrej organizacji pracy środków transportowych. Wynika to z faktu, że kierowcy ciągników nie znają zmieniającej się pozycji poszczególnych kombajnów podczas pracy na polach, ich kierunku jazdy ani też aktualnego stanu napełnienia zbiorników ziarnem. Opóźnienia w odbiorze ziarna od kombajnów skutkują przerwami w pracy, co staje się czynnikiem ograniczającym ich wydajność. Problem taki występuje na terenach pagórkowatych, podczas pracy w godzinach nocnych oraz przy zbiorze zbóż na małych (roproszonych) polach. Dzięki systemowi „Machine Sync”, operatorzy zestawów transportowych mogą obserwować poziom napełniania zbiorników kombajnów ziarnem i w pierwszej kolejności podejść do maszyny z najbardziej zapełnionym zbiornikiem. Takie rozwiązanie oszczędza czas, olej napędowy, minimalizuje zagęszczanie gleby na polach dzięki ograniczeniu niepotrzebnych przejazdów, ponieważ do kombajnu podejść najbliższy znajdujący się zestaw transportowy.

System John Deere „Machine Sync” umożliwia też operatorowi kombajnu przejmowanie kontroli nad jazdą ciągnika z przyczepą obok kombajnu podczas rozładunku zbiornika. Po zajęciu odpowiedniej pozycji pod przenośnikiem śrubowym operator kombajnu może sterować prędkością jazdy i układem kierowniczym zestawu transportowego. Zestaw transportowy podejżdżając do kombajnu automatycznie obiera pozycję pod przenośnikiem śrubowym do rozładunku ziarna ze zbiornika i synchronizuje tor jazdy równoległy do śladu, którym porusza się kombajn. Operator kombajnu w razie potrzeby może za pomocą terminala korygować położenie ciągnika z przyczepą i decydować o prędkości jazdy zestawu transportowego oraz jego odległości od kombajnu. Synchronizacja zostaje przerwana w momencie wykonania ruchu kierownicą przez operatora ciągnika. Rozwiązanie to zmniejsza ryzyko strat przy rozładunku zbiornika podczas pracy kombajnu, co może wynikać z nieporozumień w komunikacji między operatorami kombajnu i ciągnika [14]. Do funkcjonowania systemu „Machine Sync” niezbędne jest też wyposażenie kombajnów i ciągników w układ jazdy równoległej oraz ciągników w przekładnie bezstopniowe.

Mapowanie plonu i telemetria

Kombajny wyposażone w system pomiaru zbieranego plonu oraz nadajnik GPS mają opcję mapowania plonów. W czasie zbioru system przetwarza dane z czujnika umieszczonego na przenośniku czystego ziarna i rejestruje plon jednostkowy przypisując go do aktualnych współrzędnych. Dzięki temu tworzona jest mapa plonu dla danego pola (rys. 7). Do poprawnych wskazań czujnik wymaga kalibracji masy właściwej zbieranego ziarna lub nasion. W tym celu pobiera się próbkę do pojemnika o objętości 1 litra i następnie dokonuje pomiaru masy. Otrzymany wynik w gramach na litr wprowadza się do terminala kombajnu. Czynność tę należy powtarzać po zmianie zbieranego gatunku czy odmiany zboża oraz przy zmianie wilgotności zbieranego ziarna [2, 7, 8].



Rys. 7. Widok ekranu z systemu mapowania plonu kombajnu firmy Fendt [5]

Fig. 7. Screen view of the Fendt combine's crop mapping system [5]

Dane z systemu mapującego plon mogą zostać zapisane na karcie pamięci zamontowanej w kombajnie. W przypadku gdy kombajn posiada system telemetryczny transmisji danych z wykorzystaniem sieci komórkowej, to dane mogą być przekazywane bezpośrednio do serwera. Poza samym przesyłaniem mapy plonu, telemetria służy również do rejestracji parametrów eksploatacyjnych takich jak: wydajność, zużycie paliwa, czas pracy, aktualna pozycja kombajnu. Dane te można odczytać z wykorzystaniem przeglądarki internetowej albo za pomocą aplikacji mobilnej [7]. Po przepracowanym sezonie agrotechnicznym, istnieje możliwość wygenerowania raportu podsumowującego. Jest to bardzo pomocne narzędzie do oceny wykorzystania czasu pracy maszyny. Dodatkowo przesyłane są aktywne kody błędów, co pomaga pracownikom serwisu na wykonanie zdalnej diagnostyki przed przyjazdem do maszyny [5].

Podsumowanie

Zwiększający się systematycznie potencjał plonotwórczy zbóż wymaga stosowania kombajnów o dużej wydajności. Wraz z rozwojem konstrukcji kombajnów zbożowych pojawiają się liczne problemy eksploatacyjno-techniczne. Większej przepustowości często towarzyszą zwiększone straty lub obniżenie jakości zbieranego ziarna. W celu osiągnięcia wysokiej wydajności zbioru przy jednoczesnym ograniczeniu strat i zachowaniu dobrej jakości zebranego ziarna stosuje się szereg elektronicznych systemów kontrolno-wspomagających pracę operatora. Obecnie produkowane kombajny do zbioru

zboż wyposażone są w układy pozwalające na regulację zespołów roboczych z kabiny operatora oraz kontrolę parametrów na terminalu maszyny. Najbardziej zaawansowane systemy odciążają w dużej mierze operatora. Do tego typu rozwiązań można zaliczyć m.in. system automatycznej regulacji przepustowości, system automatycznej regulacji zespołów roboczych, system automatycznego prowadzenia oraz system mapowania plonu. Stosowanie tych systemów nie tylko wpływa na poprawę parametrów zbioru ale również na zmniejszanie kosztów produkcji. Dane zebrane przez kombajn podczas zbioru mogą być wykorzystywane podczas wykonywania innych zabiegów w procesach technologicznych w czasie kolejnych sezonów wegetacyjnych.

Bibliografia

- [1] Baerdemaeker J., Saeys W.: Advanced Control of Combine Harvesters. 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Finland, 2013.
- [2] Bieniek J.: Ekspertyza - Kombajnowy zbiór zbóż, Agrotechnika gospodarcza. Wrocław, 2011.
- [3] Dreszer K., Pawłowski T., Szczepaniak J., Szymanek., Tanaś W.: Maszyny rolnicze. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2015.
- [4] Gozdowski D.: Systemy nawigacji ciągników i maszyn rolniczych. Rolnictwo precyzyjne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018, 253-263.
- [5] Materiały szkoleniowe AGCO Academy, Breganze, 2019.
- [6] Oleksiak T., Aresniuk E., Kraśniewska A.: Postęp hodowlany i jego wykorzystanie w polskim nasiennictwie. Radzików, 2017.
- [7] Samborski S.: Mapowanie plonów. Rolnictwo precyzyjne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018, 275-295.
- [8] Sikora Z.: Kombajny zbożowe - budowa, działanie, użytkowanie, obsługa. Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, Krosno, 2013.
- [9] Szuk T., Berberka T.: Wykorzystanie roczne jako kryterium wyboru formy użytkowania kombajnu zbożowego. Inżynieria Rolnicza, 2014, 1(149), 221-227.
- [10] Szymanek M., Tanaś W., Zagajski P., Dreszer K. A.: Możliwości wykorzystania kombajnów zbożowych do zbioru kukurydzy i roślin niezbóżowych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 2008, 3, 21-24.
- [11] Tanaś W., Zagajski P.: Wpływ automatycznej regulacji zespołów roboczych na jakość pracy kombajnów zbożowych, Inżynieria Rolnicza, 2010, 4(122), 245-251.
- [12] Zagajski P., Dreszer K.: Stan badań teoretycznych nad omłotem i wydzieleniem ziarna z masy zbożowej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2006, 51(4), 4-9.
- [13] www.claas.pl.
- [14] www.deere.pl.
- [15] www.fendt.com.
- [16] www.newholland.com.

MODERN CONTROL-STEERING SYSTEMS APLIED IN CEREAL HARVESTERS

Summary

The paper presents modern control-steering systems used in cereal harvesters offered for sale on the Polish agricultural machinery market. Particular attention has been paid to automatic systems that support the operator during operation and help to achieve greater harvesting efficiency and minimize losses of harvested grain or seeds. The systems that automatically control the parameters of the combine harvester's working units during the harvest of cereals and allow to obtain high quality grain or seeds are characterized. Automatic guidance systems and telemetry systems were also discussed.

Keywords: harvesting of cereals, cereal harvester, support systems