mgr inż. Krzysztof KRZYŻANIAK, dr hab. inż. Ireneusz KOWALIK
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Biosystemów
e-mail: ikowalik@up.poznan.pl

data przyjęcia: 2019-02-08 ; data akceptacji: 2019-02-27

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE STOSOWANE W SAMOJEZDNYCH SIECZKARNIACH DO ZBIORU KUKURYDZY NA KISZONKĘ

Streszczenie

W artykule omówiono nowoczesne rozwiązania techniczne stosowane w sieczkarniach samojezdnych oferowanych do sprzedaży na rynku polskim. Zwrócono szczególną uwagę na systemy kontrolno-sterujące, które wspomagają operatora podczas pracy i pomagają osiągnąć większą wydajność zbioru oraz zminimalizować straty zbieranego plonu. Scharakteryzowano systemy, które automatycznie sterują parametrami roboczymi samojezdnych sieczkarni zbierających i pozwalają uzyskać wysoką jakość surowca kiszonkarskiego. Omówiono systemy dostosowujące długość sieczki w zależności od zawartości suchej masy w zbieranych roślinach kukurydzy.
***Słowa kluczowe**: sieczkarnia samojezdna, zbiór kukurydzy na kiszonkę, systemy wspomagające*

Wstęp

Jakość kiszonki z kukurydzy jest bardzo ważnym elementem w żywieniu bydła i od niej zależą wyniki produkcyjne [1]. Uzyskanie jak najlepszych parametrów surowca kiszonkarskiego nie tylko jest uzależnione od terminu zbioru i zawartość suchej masy, ale również od długości sieczki, stopnia rozdrobnienia ziarna oraz wysokości cięcia [4, 7]. W celu osiągnięcia jak najlepszej jakości surowca do zakiszania podczas zbioru, czołowi producenci samojezdnych sieczkarni zbierających, np.: Claas, John Deere, Fendt, Krone oraz New Holland, stosują szereg nowoczesnych systemów kontrolno-sterujących. Należą do nich między innymi: system automatycznego prowadzenia sieczkarni, system automatycznego napełniania środków transportowych, detektory metalu i kamieni, czujniki kontrolujące zawartość suchej masy oraz systemy rejestrujące warunki zbioru [9-13]. Przy dobrej organizacji pracy, wykorzystywaniu środków transportowych o dużych pojemnościach i stosowaniu nowoczesnych sieczkarni samojezdnych wyposażonych w dodatkowe systemy wspomagające pracę operatora, możliwe jest osiąganie bardzo dużych wydajności od około 100 do ponad 300 $t \cdot h^{-1}$ [2, 5, 7]. Celem niniejszej pracy było przedstawienie możliwości funkcjonalnych obecnie produkowanych nowoczesnych sieczkarni zbierających oraz scharakteryzowanie wyposażenia, które wspomaga operatora podczas pracy. Omówione zostały również systemy automatycznie sterujące parametrami roboczymi maszyn, które pozwalają zmniejszać straty podczas zbioru oraz uzyskiwać wysoką jakość zbieranego plonu.

Pobieranie materiału

W nowoczesnych sieczkarniach samojezdnych do zbioru kukurydzy na kiszonkę stosuje się obecnie bezrzędowe przyrządy żniwne. Jedyny wyjątek stanowi zbiór kukurydzy na CCM, gdzie stosuje się rzędowe adaptery obrywające kolby. W celu uzyskania równej wysokości ścinania roślin, przyrządy żniwne wyposażone są w czujniki kontrolujące odległość przystawki od powierzchni pola. Pozwala to na osiągnięcie wymaganej wysokości cięcia podczas każdego przejazdu. W momencie wjeżdżania w łan przyrząd żniwny automatycznie osiąga żądaną wysokość, a następnie w trakcie pracy system otrzymuje sygnały kontrolne z czujników i w razie potrzeby automatycznie koryguje jego pozycję roboczą. Przystawki o szerokości roboczej większej od 6 m wyposażone są ponadto w system automatycznego poziomowania, dzięki któremu można osiągnąć wyrównanie poprzeczne na nierównych powierzchniach pól.

Prowadzenie bezrzędowej przystawki w łanie może być nadzorowane poprzez zastosowanie automatycznego systemu prowadzenia. Najtańszym i zarazem najbardziej popularnym rozwiązaniem jest system równoległego prowadzenia maszyny wzdłuż rzędu. Na środku przystawki znajduje się czujnik kopiujący, który za pomocą dwóch kabłąków określa położenie maszyny między rzędami roślin (rys. 1). System prowadzi maszynę w ten sposób, aby odległości od lewego i prawego rzędu do czujnika były jak najbardziej zbliżone. Wadą tego systemu jest to, że można go stosować jedynie w rozstawie rzędów 70-75 cm. Podczas zbioru kukurydzy zasianej w węższym rozstawie rzędów, w celu automatycznego prowadzenia konieczne jest stosowanie systemów korzystających ze sygnału GPS.

Źródło: opracowanie własne / Source: own work
Rys. 1. Czujnik międzyrzędzi
Fig. 1. Row sensor

Zespół rozdrabniający i przepływ materiału

Bęben nożowy zespołu rozdrabniającego pracuje z bardzo dużą prędkością obrotową wynoszącą od 1150 do 1250 obr./min. W celu jego ochrony przed uszkodzeniem spowodowanym wciągnięciem twardego materiału (metal, kamień) stosuje się systemy zabezpieczające, które w mo-

mencie wykrycia ciała obcego wyłączają napęd zespołu roboczego. Wyróżniamy dwa niezależnie działające systemy, jeden służy do wykrywania kamieni (głównie używany podczas zbioru traw z wałów), drugi do wykrywania metalu. Detektor kamieni zostaje włączony w momencie gwałtownego odchylenia się górnego przedniego walca wciągającego. Czujnik metalu natomiast wytwarza pole magnetyczne pomiędzy przednimi walcami wciągającymi. W przypadku gdy pole to zostanie przerwane przez materiał magnetyczny, system zostaje włączony. W obydwu przypadkach napęd zespołu roboczego zostaje rozłączony oraz zatrzymany za pomocą hamulca.

Jednym z ważniejszych parametrów podczas zbioru jest długość cięcia materiału roślinnego. Jest ona uzależniona od warunków zbioru, czyli stanu roślin i dojrzałości ziarna. W celu zwiększenia zakresu i dokładności stosowania tego parametru, do napędu walców wciągających zaczęto stosować układy hydrauliczne. Takie rozwiązanie umożliwia bezstopniową regulację prędkości podawania zielonki. Dodatkowo w celu rozszerzenia zakresu długości sieczki możliwej do nastawienia oraz zmniejszenia zużycia paliwa, producenci stosują kilka rodzajów bębnów rozdrabniających o różnej liczbie noży na ich obwodzie. W celu osiągnięcia dobrej jakości cięcia ważny jest również stan noży i stalnicy. Z myślą o tym parametrze, stworzono system automatycznego ostrzenia noży oraz automatyczne dosuwanie stalnicy (rys. 2). Komputer pokładowy kontroluje czas pracy bębna rozdrabniającego i informuje operatora o konieczności naostrzenia noży. Następnie operator musi tylko zatrzymać maszynę i zatwierdzić uruchomienie automatycznej procedury ostrzenia. Jedyną regulacją dla tej czynności jest ustawienie liczby cykli pracy ściernicy ostrzącej. Po zakończeniu ostrzenia noży konieczne jest dosunięcie stalnicy. Proces ten również odbywa się automatycznie za pomocą czujników stukowych zamontowanych na łożu stalnicy, dzięki nim możliwe jest dosunięcie krawędzi stalnicy do noży nawet na odległość 0,1 mm. Te same czujniki stanowią ochronę stalnicy przed zniszczeniem i w razie jakiegoś kontaktu z zespołem rozdrabniającym (np. pęknięty nóż) odsuwają ją na bezpieczną odległość. Prócz długości cięcia, duży wpływ na jakość surowca kiszonkarskiego ma również rozdrobnienie ziarna. Mając na uwadze pracę sieczkarni w różnych warunkach dojrzałości roślin i ziarna kukurydzy (np. podczas zbioru w późnych stadiach dojrzałości) producenci maszyn zaczęli stosować różne konstrukcje walców w rozdrabniaczu. Dodatkowo wprowadzono też regulację szczeliny pomiędzy walcami, którą można zmieniać w czasie pracy.

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 2. Bęben tnący wraz ze stalnicą z systemem automatycznej regulacji

Fig. 2. Cutter head and shear plate with automatic adjustment system

Kolejnym nowoczesnym rozwiązaniem mającym na celu poprawę wydajności oraz zmniejszenie zużycia paliwa jest system automatycznej regulacji przepływu materiału roślinnego, zmieniający prędkość jazdy w zależności od obciążenia maszyny. Zgodnie z wybraną strategią jazdy, system utrzymuje maksymalną wydajność albo optymalne proporcje między przepustowością a zużyciem paliwa. Operator sieczkarni dysponuje też możliwością wybrania funkcji poruszania się ze stałą prędkością przez włączenie tempomatu (rys. 3). Nowoczesne sieczkarnie mogą być też dodatkowo wyposażone w system automatycznie dopasowujący moc silnika do zmieniającego się obciążenia. Jeśli maszyna nie ma pełnego obciążenia na zespole rozdrabniającym, system redukuje moc silnika, co pozwala zaoszczędzić paliwo. Jest to możliwe dzięki zmianie charakterystyki silnika. Standardowo silniki sieczkarni mają zaprogramowane dwie charakterystyki pracy tzw. „Eko" i „Power", co odpowiada zredukowanej i pełnej mocy. Istnieją również bardziej rozbudowane systemy, jak np. w sieczkarniach firmy Claas, które mają 10 różnych charakterystyk pracy silnika. Zmiana charakterystyki silnika następuje automatycznie w momencie przekroczenia kolejnego zaprogramowanego progu obciążenia [9].

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 3. Podłokietnik wielofunkcyjny oraz terminal sieczkarni Fendt

Fig. 3. Multifunction armrest and terminal of the Fendt forage harvester

W kanale wciągającym zamontowane są czujniki mierzące objętość skoszonej masy. Dzięki tej technologii możliwe jest „mapowanie" plonu [6]. Aby system działał poprawnie, konieczne jest - na początku lub przy każdej zmianie warunków zbioru (odmiana kukurydzy, zawartość suchej masy w roślinach) - wykonanie ważenia kontrolnego. W tym celu operator uruchamia funkcję kalibracji i należy napełnić jedną przyczepę objętościową, a następnie dokładnie zważyć masę załadowanej do niej sieczki. Uzyskana wartość wpisywana jest w terminal maszyny jako współczynnik kalibracji. Pozostałe wymagane przeliczenia wykonywane są automatycznie przez system maszyny.

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 4. Załadunek sieczki na przyczepę skorupową

Fig. 4. Chaff loading on trailer

Kanał wyrzutowy i załadunek sieczki

Sieczkarnie samojezdne z silnikami o mocach przekraczających 800 kW (1000 KM) osiągają bardzo wysoką przepustowość, wynoszącą ponad 300 $t \cdot h^{-1}$. Przy takiej wydajności duże przyczepy objętościowe napełniane są sieczką w czasie nieprzekraczającym pięciu minut (rys. 4). Bardzo dużej wydajności załadunku często towarzyszą zwiększone straty [1]. W celu ich zminimalizowania wprowadzono kamerę monitorującą kierownicę kanału wyrzutowego. Obraz z kamery wyświetlany jest na monitorze w kabinie, dzięki czemu operator bez odrywania wzroku od kierunku jazdy jest w stanie kontrolować załadunek sieczki (rys. 5). Istnieje również bardziej zaawansowane rozwiązanie, które poza samym obrazem daje możliwość automatycznego załadunku przyczepy. System bazuje na zasadzie cyfrowej analizy obrazu 3D. Przez ocenę obrazu jadącej obok przyczepy, system jest w stanie ustalić zarówno krawędzie zewnętrzne, jak i stopień napełnienia środka transportowego. Dodatkowo system może ustalić punkt podawania sieczki, dzięki czemu możliwe jest automatyczne sterowanie kanałem wyrzutowym zgodnie z wybraną strategią załadunku: od tyłu do przodu, od przodu do tyłu lub równomiernie wzdłuż całej przyczepy. Po uzyskaniu pełnego napełnienia (stopień napełnienia należy ustawić w zależności od rodzaju przyczepy) operator dostaje sygnał o konieczności zmiany przyczepy. Dodatkowo można ustawić automatyczne sygnalizowanie dźwiękowe oraz świetlne dla operatorów zestawów transportowych. System ten znacznie ułatwia pracę sieczkarnią samojezdną i pozwala osiągnąć maksymalną wydajność. W celu ograniczenia strat do minimum wskazane jest stosowanie przyczep o wysokich burtach i jak największej objętości skrzyni ładunkowej. Firma Fendt dodatkowo oferuje zintegrowanie obrazu z kamery na sieczkarni z wyświetlaczami zamontowanymi w ciągnikach zestawów transportowych. Dzięki temu rozwiązaniu operator maszyny współpracującej monitoruje kierunek i miejsce załadunku i może dostosować tor i prędkość jazdy według potrzeby. Dodatkowo na tym samym wyświetlaczu można obserwować obraz z kamery zamontowanej na tyle sieczkarni, co zwiększa bezpieczeństwo podczas nawrotów i wymiany zestawów transportowych [11].

Rys. 5. Monitor systemu automatycznego załadunku sieczki [11]
Fig. 5. Screen of the automatic chaff loading system [11]

Dodatkowe systemy poprawiające jakość zbioru

Długość rozdrobnienia sieczki jest uzależniona od zawartości suchej masy. W celu uniknięcia problemów z zakiszaniem, podczas zbioru w późnej fazie dojrzałości kukurydzy wymagana jest mniejsza długość sieczki. W celu uproszczenia kontroli zawartości suchej masy wprowadzono czujnik na kanale wyrzutowym. Początkowo stosowano czujniki bezpośrednie, mierzące wilgotność podczas przepływu masy (pomiar przewodnictwa materiału roślinnego). Stosowanie tego rozwiązania w praktyce okazało się mało dokładne i często zawodne z powodu zanieczyszczania czujnika rozdrabnianą zielonką. W związku z tym, wprowadzone zostało nowe rozwiązanie, które bazuje na zbliżeniowej spektroskopii w podczerwieni. Światło wysyłane jest na przepływający w kanale materiał. Część odbitego światła jest wychwytywana i trafia do spektrometru. Następnie w spektrometrze oceniana jest długość odbitych fal i porównana z wzorcem kalibracji. Na podstawie porównanych danych określana jest zawartość suchej masy w przepływającym materiale. Metoda ta jest bardzo dokładna dzięki wysokiej częstotliwości wykonywania pomiarów, która wynosi 20 próbek na sekundę [9, 12]. Istnieje możliwość automatycznej regulacji długości sieczki w zależności od zawartości suchej masy. Dzięki takiemu rozwiązaniu w zbieranych uprawach o nierównym stopniu dojrzałości jest możliwość zachowania optymalnych parametrów rozdrabniania. Firmy John Deere i New Holland wykorzystują system spektrometryczny do określenia zawartości składników pokarmowych w zbieranym materiale, m.in.: białka surowego i skrobi. Jest to pomocne rozwiązanie w celu oszacowania wartości pokarmowej surowca kiszonkarskiego [10, 13].

Podczas zbioru kukurydzy o zawartości suchej masy powyżej 35% mogą pojawić się problemy z zakiszaniem [4, 8]. W takim przypadku korzystne jest stosowanie środków zakiszających. Nowoczesne sieczkarnie samojezdne mogą być wyposażone w system dozująco-aplikujący. Rozpylacze mogą być umieszczone zarówno w kanale wyrzutowym, na wylocie rozdrabniacza ziarna, jak również w kanale wciągającym. Układ ten może być wyposażony w dwa zbiorniki: do rozwodnionej substancji i do środka skondensowanego. Miejsce aplikacji oraz dawka zależy od rodzaju zastosowanego środka zakiszającego. Jeżeli sieczkarnia jest wyposażona w system określania wilgotności, to dawka może być ustalana na podstawie zawartości suchej masy i dostosowywana automatycznie do zmieniających się parametrów zbioru. Precyzyjne dawkowanie pozwala na ograniczenie zużycia preparatu i uzyskanie kiszonki o wysokich parametrach jakościowych. Po zakończeniu pracy z użyciem środków zakiszających konieczne jest dokładne umycie zespołów roboczych sieczkarni. Preparaty stosowane do zakiszania oddziałują agresywnie na elementy metalowe i przyspieszają ich korozję.

Podsumowanie

Uzyskiwane obecnie plony kukurydzy na kiszonkę przekraczają 20 ton s.m. z 1 ha [3], co wymaga wykorzystywania do zbioru sieczkarni samojezdnych o dużych wydajnościach. Pełne wykorzystanie przepustowości nowoczesnych maszyn przy jednoczesnym ograniczeniu strat zbieranego plonu oraz zużycia paliwa jest obecnie wspomagane poprzez stosowanie szeregu systemów kontrolno-wspomagających. Na szczególną uwagę zasługują systemy odciążające pracę operatora, tj. system automatycznego sterowania maszyną, system automatycznego załadunku sieczki na zestawy transportowe oraz system automatycznej regulacji prędkości jazdy. W celu ułatwienia obsługi samojezdnych sieczkarni zbierających, regulacja większości parametrów roboczych może być wykonywana z kabiny operatora z wykorzystaniem podłokietnika wielofunkcyjnego. Obecnie produkowane samojezdne sieczkarnie są wyposażane w automatyczne systemy regulujące parametrami roboczymi. Możemy do nich zaliczyć automatyczną regulację długości cięcia, bezobsługowy system ostrzenia noży i dosuwania stalnicy oraz zmienianie charakterystyki mocy silnika zależnie od obciążenia zespołu rozdrabniającego. Korzystanie z tych systemów podczas

zbioru kukurydzy pozwala na uzyskanie surowca kiszonkarskiego o wysokiej jakości, co daje możliwość wyprodukowania wartościowej paszy.

Bibliografia

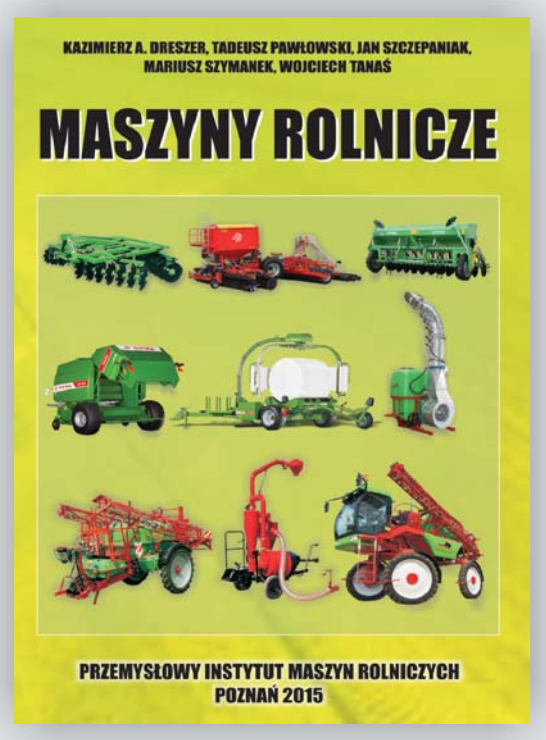
[1] Gach S., Kowalski P.: Nakłady materiałowe i koszty zbioru oraz zakiszania kukurydzy z zastosowaniem różnych technologii. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2010, 2, 41-49.
[2] Gorzelany J., Puchalski C., Malach M.: Ocena kosztów i nakładów energetycznych w produkcji kukurydzy na ziarno i kiszonkę. Inżynieria Rolnicza, 2011, 8(133), 135-141.
[3] Janik W., Piecuch K.: Wstępne wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych. Kukurydza 2018. COBORU Słupia Wielka, s. 3-9.
[4] Kowalik I., Michalski T.: Zawartość suchej masy w surowcu jako szacunkowy wskaźnik wartości pokarmowej kiszonki z kukurydzy. Nauka Przyroda Technologie, 2009, Tom 3, Zeszyt 2, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
[5] Kowalik I., Przybył J., Sęk T.: Exploitation comparative research into forage harvesters during harvest of maize for silage. Scientific Papers of Agricultural University of Poznań, Agriculture, 2003, Vol. 4, 31-38.
[6] Klonowski J., Lisowski A.: Metody monitorowania i mapowania plonu roślin kukurydzy zbieranych sieczkarnią polową. Inżynieria Rolnicza, 2005, 2, 57-67.
[7] Mueller J.P., Green J.T., Kjelgaard W.L.: Corn silage harvest techniques. National Corn Handbook 49, 1991, Iowa State University.
[8] Roth G.W., Heinrichs A.J.: Corn silage production and management. Agronomy Facts 18, 2001, College of Agricultural Sciences.
[9] www.claas.pl.
[10] www.deere.pl.
[11] www.fendt.com.
[12] www.landmaschinen.krone.de.
[13] www.newholland.com.

MODERN TECHNICAL SOLUTIONS APPLIED IN SELF-PROPELLED FORAGE HARVESTERS TO HARVEST MAIZE FOR SILAGE

Summary

The paper presents modern technical solutions used in self-propelled forage harvesters available on the Polish market. A special attention was paid to the monitor and control systems which support the operator during harvesting and contribute to increase efficiency and reduce losses. In this work there are characterized the systems that automatically control the working parameters of self-propelled harvesting forage harvesters and enable to obtain high quality of silage raw material. Systems for adjusting chaff length depending on the dry matter content in harvested maize plants are discussed.

***Keywords**: self-propelled forage harvester, maize harvest, monitor and control systems*



ISBN 978-63-940788-1-2

Podręcznik pt. **MASZYNY ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z prze-dmiotu ”Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych” wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:
Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej i Normalizacyjnej
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. 61 87-12-200; fax 61 879-32-62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl;
Internet: http://www.pimr.poznan.pl