

## KIERUNKI ROZWOJU TECHNIKI ROLNICZEJ

### Streszczenie

*W pracy omówiono kierunki rozwoju techniki rolniczej na wybranych przykładach. Główny z tych kierunków wytycza, zapoczątkowany przez szybki rozwój robotyki, dynamiczny rozwój maszyn inteligentnych, w tym mniejszych maszyn bezzałogowych, zapewniających ochronę gleby przed ugniataniem jednak w tej grupie maszyn technika znajduje się w fazie początkowych osiągnięć praktycznych. Równolegle rozwijanych jest kilka lub kilkanaście kierunków obszarów, z których w pracy omówiono: doskonalenie konstrukcji maszyn w kontekście ograniczenia ilości wypadków w fazie ich eksploatacji, prace nad ograniczeniem negatywnych oddziaływań maszyn na zdrowie człowieka i środowisko naturalne, doskonalenie funkcjonalności zespołów roboczych maszyn oraz doskonalenie konstrukcji ciągników rolniczych.*

Analizując aktualne kierunki rozwoju techniki rolniczej zauważyć można, że powszechna automatyzacja systemów produkcyjnych pociągnęła za sobą zapotrzebowanie na inteligentne maszyny również w rolnictwie, gdzie naturalna zmienność warunków pracy, wynikająca ze zróżnicowania osobniczego, geograficznego i temporalnego plantacji roślinnych oraz ich środowiska, wymaga od maszyn inteligentnego działania [2, 6, 8, 11, 19]. To zapotrzebowanie wyznacza obecnie główny kierunek prac determinujących rozwój techniki rolniczej w okresie najbliższych dziesięciu lat, zwłaszcza w odniesieniu do rolnictwa precyzyjnego.

Szybszy, aniżeli oczekiwano przed kilkoma laty, rozwój robotyki otworzył możliwości rozwoju autonomicznych systemów prowadzenia ciągników i maszyn wzdłuż zadanego toru, otwiera też możliwości budowy mniejszych maszyn bezzałogowych, zapewniających ochronę gleby przed nadmiernym ugniataniem [12]. W tych rozwiązaniach, obok bardzo precyzyjnych systemów pozycjonowania, jak RTK-DGPS i w przyszości GALILEO oraz licznych optycznych i akustycznych czujników, coraz częściej zastosowanie znajduje standardowa sieć elektronicznej komunikacji ISOBUS [12].

Nad robotami, które mogą znaleźć zastosowanie, np. do niszczenia chwastów w uprawach szerokokorządowych oraz do sadzenia ryżu prowadzone są intensywne prace na uniwersytetach i w instytutach specjalistycznych w Danii, Holandii i Japonii [12]. Znani producenci wyrobów techniki rolniczej, jak np. John Deere, pracują nad bezzałogowymi pojazdami przeznaczonymi dla rolnictwa oraz do pielęgnacji płyt boisk sportowych. Powraca wizja całkowicie autonomicznego systemu ciągnikowego, która pod koniec XX wieku została opracowana przez niemiecką firmę Geo Tec, a instytuty oraz laboratoria badawcze rozwijają dostępne na rynku automatyczne systemy do prowadzenia pojazdów i maszyn wzdłuż zadanych torów [12].

Za system inteligentny będziemy uważać taki, który zdolny jest do autonomicznego przystosowywania swego działania (bez udziału operatora) do zmieniających się warunków pracy, na podstawie informacji o zmianach zachodzących w otoczeniu, pozyskiwanych autonomicznie w trakcie jego pracy. Maszyna inteligentna różni się od zwykłego automatu wyższym stopniem złożoności zachodzących w niej procesów informacyjnych, wymagających zastosowania wydzielonego, komputerowego podsystemu sterowania.

Ogólny schemat strukturalny inteligentnej maszyny jest analogiczny do ogólnego układu funkcjonalnego organizmu zwierzęcia wyższego rzędu lub organizmu człowieka.

Można w nim wyodrębnić pięć głównych rodzajów podsystemów:

- 1) kinetyczny realizujący ruchy robocze,
- 2) zasilania energią (silnik i układy napędowe),
- 3) sensoryczny,

- 4) komunikacyjny,
- 5) sterowania [6].

Bezpośrednią pracę fizyczną, do której przystosowana jest dana maszyna, wykonuje podsystem kinetyczny. Osiąga się to zazwyczaj poprzez sterowane wywieranie nacisków mechanicznych na przetwarzany materiał.

Podsystem zasilania energią dostarcza i dystrybuje energię potrzebną do realizacji ruchów roboczych i wywierania wynikających z tych ruchów sił. Sterowaniem przepływem tej energii zajmują się centralne i peryferyjne jednostki sterujące. Decyzje o sposobie tego sterowania są wypracowywane przez te podsystemy na podstawie sygnałów płynących z sensorów przetwarzających parametry stanu otoczenia i parametry stanu elementów maszyny. Całość systemu jest kontrolowana i koordynowana przez centralną jednostkę sterującą. Alternatywnym wariantem dla tego hierarchicznego systemu jest system sieciowy, o rozproszonym sterowaniu, który nie ma wyróżnionej centralnej jednostki sterującej, w którym współdziałanie autonomicznie działających podsystemów odbywa się na zasadzie współrzędności. Każda z jednostek sterujących uzyskuje sygnały od jednostek z nią współpracujących i do nich dostosowuje swoje działanie. Ta zasada kryje w sobie najpełniejsze możliwości inteligentnego działania. W takim systemie, chociaż zachowanie się poszczególnych podsystemów jest ściśle algorytmizowane, to zachowanie ich jako całości nie jest z góry zaplanowane i może mieć praktycznie nieograniczoną liczbę wariantów. Nie jest więc ono ograniczone skończonymi zdolnościami przewidywania swego konstruktora. Tego rodzaju systemy są bardziej zbliżone do struktury systemów sterowania organizmów żywych [6].

Rozwój techniki rolniczej w kierunku inteligentnych systemów technicznych jest dopiero w początkowych stadiach. Ogromne zapotrzebowanie na inteligentne maszyny rolnicze stwarza głównie rolnictwo precyzyjne, w których sterowanie ruchem po polu i przebiegiem procesów technologicznych, przez nie realizowanych, odbywa się na podstawie pomiarów pozycji geograficznej za pomocą systemów satelitarnej i inercyjnej nawigacji oraz informacji zapamiętanych w systemie, głównie w postaci tzw. map pól, zawierających informacje o rozkładzie parametrów fizycznych i chemicznych gleby w każdym punkcie pola oraz map pólów.

Rozwój inteligentnych maszyn opiera się na rozwoju wielu awangardowych dziedzin techniki, a w szczególności:

- Sensoryki umożliwiającej ciągłe, intensywne pomiary wielu wielkości fizycznych, charakteryzujących maszynę, podobnie jak to ma miejsce w żywych organizmach, które kontrolują swój stan i stan otoczenia za pomocą różnego rodzaju komórek sensorycznych, rozsianych w całym organizmie, czułych na skład chemiczny, nacisk mechaniczny i promieniowanie elektromagnetyczne.

Komórki te w wielkich skupieniach funkcjonalnych tworzą tzw. organy zmysłowe.

- Informatyki (technologii komputerowej, która dostarcza narzędzi gromadzenia i szybkiego przetwarzania wielkich zbiorów informacji).
- Mechaniki rozwijającej układy kinetyczne maszyn o wysokiej niezawodności, precyzji i elastyczności funkcjonalnej, dającej możliwość dostosowywania ruchów roboczych do aktualnie wykonywanej czynności i parametrów materiału oraz środowiska [6].

Rozwój inteligentnych maszyn bywa często kojarzony z mechatroniką, tj. dziedziną techniki wyróżniającą się integralnym rozpatrywaniem części mechanicznej oraz elektroniczno-informatycznej maszyny. Nie jest to jednak określenie dość precyzyjne zważywszy, że przetwarzanie, gromadzenie i przesyłanie informacji nie musi być realizowane wyłącznie przez układy elektroniczne. Coraz częściej mówi się o komputerach optycznych lub biochemicznych, gdyż koncepcja von Neumanna, na której oparto zasadę działania współczesnych komputerów, zbliża się szybko do granic swych możliwości [6].

Nowe technologie mikroelektroniczne, wykorzystywane również w budowie mikroskopijnych mechanizmów, doprowadziły do nowej koncepcji rozwoju techniki, jako całości, inspirowanej rozwojem nanotechnologii, a także inżynierii genetycznej. Nanotechnologia, w najbardziej ogólnym ujęciu, pozwala na przejście w budowie systemów technicznych od porządkowania materii na poziomie makroskopowym, tj. tworzenia układów dużych brył, wykonanych z materiału o słabo kontrolowanej strukturze, do poziomu mikroskopowego, na którym programowane jest rozmieszczenie elementów materii o wymiarach zbliżonych do wymiaru molekuł. Zbliża to systemy techniczne do struktury organizmów żywych, które cechują się ścisłym uporządkowaniem materii na poziomie molekularnym. Podejście to rodzi ogromne i niezbadane jeszcze do końca możliwości zmian jakościowych w technice. Być może stworzy to szansę na pokonanie podstawowej różnicy pomiędzy systemem technicznym a żywym organizmem, dając temu pierwszemu najistotniejszą właściwość tego drugiego: zdolność do autoregeneracji i osobniczego rozwoju. Obecne systemy techniczne z zasady ulegają stopniowej degradacji już od chwili ich wytworzenia; ten proces jest zawsze jednokierunkowy.

Przykładem nowych, praktycznych zastosowań mikroelektroniki są oferowane już na rynku przez niektóre firmy wielokierunkowe sensory przyspieszenia, zawierające w swoich mikrostrukturach zarówno klasyczne układy elektroniczne, takie jak mikroprocesory, wzmacniacze operacyjne itp., jak i klasyczne elementy mechaniczne w formie mikrosprężyn i mikromas inercyjnych, tworzących przetworniki przyspieszenia. Integracja podsystemów sensorycznych z mikroprocesorami daje w wyniku tzw. inteligentne sensory przetwarzające i agregujące sygnały pomiarowe. Przykładem tych możliwości może być również ultraszybki fotodiodowy przetwornik obrazu, zintegrowany z równoległym procesorem obrazu, jaki znalazł zastosowanie m.in. w optycznych sortownikach do ziemniaków, a którego zastosowania w technice rolniczej bynajmniej do tego się nie ograniczają [6].

Wiele firm od lat pracuje nad prowadzeniem maszyn mobilnych na podstawie obrazów pozyskiwanych z kilku kamer wideo, stanowiących odpowiednik wzroku zwierząt. Do orientacji w terenie o zmiennej i urozmaiconej rzeźbie przestrzennej, wykorzystuje się coraz częściej skanery ultradźwiękowe, laserowe lub radarowe. Te kierunki prac wymagają zarówno rozwoju szybkich procesorów obrazu, jak i

zrozumienia metod i algorytmów ich analizy, rozpoznawania i interpretacji [6].

Jako przykład praktycznych rozwiązań podać można system Claas Laserpilot, w którym skanery laserowe stosowane są do analizowania upraw rzędowych, krawędzi cięcia oraz rzędów drzew [12]. Znaczenia praktycznego nabierają też kamery i systemy przetwarzania obrazu, które można wykorzystywać do rozpoznawania pojedynczych roślin i owoców oraz bezprzewodowe sieci czujników, w których stosuje się wiele niedrogich minikomputerów, skojarzonych z różnymi czujnikami, zbierającymi dane charakteryzujące poszczególne wycinki na powierzchni pola. Dane te przesyłane są bezprzewodowo do centralnego komputera i odpowiednio przetwarzane oraz wykorzystywane do sterowania: projekt Uniwersytetu Georgia (USA) pomiar wilgotności gleby i sterowanie systemami nawadniającymi [12]. Ten właśnie odcinek prac: tworzenie systemów sensoryczno-pomiarowych o bardzo szerokim paśmie informacyjnym i rozproszenie przetwarzania tych informacji pomiędzy wiele procesorów systemu informacyjnego maszyny, wstępnie przetwarzających uzyskiwane dane lub kontrolujących względnie autonomicznie działające zespoły maszyny, takie jak poszczególne silniki wykonawcze, będzie podstawą rozwoju inteligentnych maszyn rolniczych [6].

W dziedzinie układów mechanicznych, tj. podsystemu napędowego i kinetycznego, wykonujących bezpośrednią pracę użyteczną, trudno oczekiwać szybkiego postępu, porównywalnego z tym, jaki obserwuje się w elektronice. Postęp może polegać na zastępowaniu stosowanych dzisiaj powszechnie układów, innymi znanymi już układami, jednak o większej adaptacyjności. W dziedzinie układów napędowych od dawna przejawia się to w zastępowaniu klasycznych napędów mechanicznych napędami hydrostatycznymi, elektrycznymi lub hybrydowymi. Można więc twierdzić, że wysokospecjalizowane układy robocze, takie jak zespoły transportowe, sortujące, tnące, mogą zostać zastąpione układami bardziej uniwersalnymi, o charakterze manipulatorów.

Z pewnością postęp techniczny w tej dziedzinie przejawia się w zastosowaniu nowych, wytrzymalszych i lżejszych materiałów, będących produktem ceramiki zaawansowanej i nanotechnologii.

Konkurencja wśród światowych producentów maszyn rolniczych wymusza ciągłość dążenia do ulepszania swych wyrobów, do wprowadzania rozwiązań innowacyjnych oraz skracania czasu przygotowania do produkcji i wdrażania nowych wyrobów. Ich zbyt uzależniony jest od terminowego dostarczenia odbiorcy nowego modelu maszyny, gdyż ceny i jakość wyrobów różnych producentów są porównywalne, a nowe modele pojawiają się na rynku prawie tak często, jak wyroby przemysłu samochodowego. Stwierdzenie to potwierdzają analizy programów produkcyjnych ośmiu producentów techniki rolniczej, osiągających w Europie największe obroty. Należą do nich: John Deere, CNH, Agco, Claas, SDF, Argo, Kverneland oraz Kuhn [8]. Ich obroty w wysokości 23,8 mld. euro w 2006 r. stanowią ponad 50% produkcji techniki rolniczej na świecie, w wymienionym roku, szacowanej na 47 mld. euro [8].

W programie wymienionej firmy John Deere znajdziemy informację, że do 2008 r. 95% wszystkich, oferowanych w Europie wyrobów, będzie miało mniej aniżeli trzy lata [8]. Programy pozostałych siedmiu wielkich producentów są również dynamicznymi projektami rozwojowymi, w zakresie innowacji i wzbogacania palety oferowanych wyrobów, zarówno w odniesieniu do ciągników, jak i maszyn rolniczych.

Programy prac badawczych, prowadzonych aktualnie w

różnych ośrodkach oraz projekty modernizacji wyrobów, ogłaszane przez światowych producentów, umożliwiają ukazanie kierunków rozwoju techniki rolniczej, które w najbliższych latach towarzyszyć będą paralelnie głównemu kierunkowi, dotyczącemu omówionych już maszyn inteligentnych.

Do kierunków tych można zaliczyć:

1. *Doskonalenie konstrukcji urządzeń technicznych w kontekście identyfikacji przyczyn i ograniczenia ilości wypadków „po stronie maszyny”.*

Analizy zagrożeń, oceny ryzyka oraz opracowanie miar ilościowych tych zagrożeń, dla poszczególnych grup maszyn, winny zapewnić nowe rozwiązania niebezpiecznych węzłów konstrukcyjnych oraz nowe, bardziej skuteczne urządzenia ochronne, ograniczające w wysokim stopniu, a nawet eliminujące bezpośrednie zagrożenia dla ludzi użytkujących i obsługujących maszyny. Ten kierunek rozwoju ma szczególnie znaczenie, gdyż wypadki podczas pracy z maszynami rolniczymi stanowią poważny problem społeczny oraz ekonomiczny;

2. *Doskonalenie konstrukcji maszyn w celu ograniczenia ich negatywnych oddziaływań na zdrowie człowieka oraz środowisko naturalne.*

Z punktu widzenia ergonomii maszyny robocze (rolnicze maszyny mobilne), a przynajmniej ich organy robocze, powiązane układem sterowniczym z operatorem, są serwooperatorami, zaś przestrzeń pracy operatora doczekała się najwcześniej opracowań normatywnych, opartych na wynikach badań antropometrycznych, biomechanicznych i symulacjach. Wraz z rozwojem hydrauliki i serwomechanizmów oraz układów elektronicznych możliwa stała się optymalizacja przestrzeni roboczej, rozmieszczenia elementów sterowniczych oraz pola widzenia operatora. Stan normalizacji ergonomicznej w tej dziedzinie jest najdalej zaawansowany w stosunku do innych grup maszyn [20]. Podobnie zaawansowane są zagadnienia mikroklimatu w kabinie sterowniczej, natomiast zagadnienia hałasu i wibracji opanowane zostały pod względem technik pomiarowych i obwarowań normami. Na ogół trudne warunki pracy tych maszyn oraz wielkie moce ich napędów stanowią znaczne utrudnienia zadowalających rozwiązań praktycznych.

Maszyny klasy serwooperatorów stanowią bezpośrednie „przedłużenie” organów wykonawczych: manipulacyjnych i pedipulacyjnych człowieka-operatora, zwiększając jego możliwości statyczne, kinematyczne i dynamiczne. Multiplikacja ta powoduje jednak silny stres, którego źródłem jest świadomość skali skutków ewentualnego popełnienia błędów [20].

Niezwykle ważną dla operatorów maszyn jest „wyczuwalność” maszyny w procesie pracy. Pod tym pojęciem kryją się: łatwość prowadzenia, łatwość manipulacji, ale też poprawność oceny wystarczającej szerokości przejazdów, odległości od przeszkód oraz innych obiektów (bardzo często środków transportowych). „Wyczuwalność” maszyny zapewnia precyzję ruchu poszczególnych jej układów, jest mierzona metodami behawioralnymi i może być wyrażona w sposób wystarczająco zobiektywizowany metodami statystycznymi [20], bowiem około 20-50% urządzeń technicznych ulega uszkodzeniom na skutek błędów popełnionych przez obsługujący je ludzi.

W kontekście aspektów dynamicznych „wyczuwalności” maszyny górną granicę jej obszaru wyznacza wydolność mięśni ludzkich, tj. maksymalny wysiłek oraz zmęczenie w założonym czasie. Tę granicę wyznaczają między innymi normy międzynarodowe oraz inne normatywy fizjologiczne i biomechaniczne. Istnienie natomiast dolnej granicy obszaru „wyczuwalności” jest często kontestowane i ignorowane

przyjmowaniem serwomechanizmów według zasady „im mniej siły i ruchu tym lepiej”. Tymczasem wyczuwalnością przyjmowanych przez człowieka bodźców, w tym sił, rządzi znane w psychologii prawo Webera, które mówi, że stosunek wyczuwalnego przez człowieka przyrostu wartości bodźca do wartości bezwzględnej tego bodźca jest wartością stałą (tzw. ułamek Webera) [20].

Istotne znaczenie ma też „wyczuwalność” ruchu organów roboczych maszyny oraz przełożenie układu sterującego, rozumiane jako stosunek ruchu organu roboczego maszyny do ruchu elementu sterowniczego, którego analogiem jest często kąt obrotu koła, wychylenie dźwigni lub kąt jej obrotu, kąt obrotu pedału, pokrętła itp. Przy rozległych, nie wymagających precyzji, ruchach organów roboczych przyjmuje się przełożenie  $i > 1$ , natomiast, gdy wymagana jest duża precyzja pracy, np. w manipulatorach, stosuje się przełożenie  $i < 1$  [20].

Krytycznymi dla procesu sterowania są warunki przejścia od stanu ustabilizowanego brak ruchu lub ruch jednostajny, do zmiany parametrów ruchu organu roboczego maszyny [20]. Przejścia te są realizowane za pomocą układów hydraulicznych, elektrycznych, pneumatycznych, coraz częściej hybrydowych i coraz rzadziej mechanicznych. Można oczekiwać, że dalsze doskonalenie tych układów, opracowania nowych oraz doskonalenie procedur, zapewniających uwzględnianie nadrzędności cech i możliwości człowieka nad cechami maszyn, zapewnią dalsze podnoszenie komfortu pracy operatorów, zapewnią nową jakość maszyn rolniczych.

Doskonalenie konstrukcji i systemów eksploatacji maszyn rolniczych, w aspekcie ochrony środowiska naturalnego, zajmują poczesne miejsce w programach działań wszystkich producentów techniki rolniczej i instytutów badawczych. Na ochronę gleby i ograniczenie jej ugniatania, prowadzącego do niszczenia pożądanej struktury, zwrócono uwagę w pierwszej kolejności. Prace w tym obszarze wymagają kontynuacji i są prowadzone w wielu kierunkach:

- ograniczenia masy produkowanych maszyn (nowe rozwiązania konstrukcyjne, nowe materiały konstrukcyjne),
- nowych rozwiązań mechanizmów jezdnych,
- łączenia zabiegów agrotechnicznych (uprawa uprawki siew lub sadzenie nawożenie ochrona nasion lub roślin),
- opracowania nowych technologii rolniczych (szczególnie uproszczonych, wymagających ograniczonej liczby przejazdów agregatów rolniczych po polu, energooszczędnych).

Na potrzebę ochrony wody i powietrza zaczęto zwracać uwagę w miarę wzrostu intensywności produkcji rolniczej. Świadomość negatywnego oddziaływania rosnącej skali produkcji rolniczej na środowisko naturalne nasila się w Europie od kilkunastu lat. Im wyższa towarowość produkcji gospodarstw, tym wyższy poziom mechanizacji i chemizacji. Dziś można przewidywać upowszechnienie systemów monitoringu stanu gleb, wód i powietrza w procesach nawożenia i ochrony roślin, umożliwiających pozyskiwanie danych, które zapewnią możliwość podwyższenia precyzji aplikowania środków chemicznych:

- do wielkości dawki nie przekraczającej możliwości absorpcyjnych roślin (nawożenie),
- do wielkości dawki minimalnej, gwarantującej skuteczność zwalczania patogenów (ochrona roślin).

Jako przykład prac prowadzonych w tym kierunku przytoczyć można badania nad wykorzystaniem technik analizy obrazu do precyzyjnego dawkowania środków ochrony roślin, które prowadzone są w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu. W ramach tej pracy, we współpracy z zagranicznymi instytutami badawczymi,

rozwiązywane są problemy dotyczące analizy obrazu w czasie rzeczywistym i sterowania pracą opryskiwaczy na polu, w zależności od rejestrowanych przez kamery cyfrowe i przetwarzanych przez komputer obrazów roślin. Sygnały wyjściowe sterować będą instalacją cieczową i pneumatyczną opryskiwacza, dozując środki chemiczne w sposób optymalny. Omawiana technologia winna zapewnić możliwości opracowania w najbliższych latach całkowicie nowej generacji maszyn do ochrony roślin.

W okresie najbliższych lat można również oczekiwać upowszechnienia automatycznych systemów kontroli i nadzoru pracy maszyn, pozwalających ocenić stopień zużycia ich układów i elementów roboczych oraz rezerwy eksploatacyjne. Dotyczyć to będzie instalacji cieczowych, pomp, zaworów i rozpylaczy w opryskiwaczach oraz zespołów wysiewających i aparatów dozujących w rozsiewaczach oraz siewnikach nawozowych;

### 3. *Doskonalenie rozwiązań konstrukcyjnych maszyn w celu poprawy ich funkcjonalności.*

Prowadzone w tym zakresie prace, zwłaszcza w okresie ostatnich 40 lat, dały wartościowe i niekiedy zaskakujące rezultaty, mające znaczenie praktyczne; kontynuowane zapewnią rozwój techniki rolniczej w nowych kierunkach, a w istocie są prowadzone przez wszystkich większych producentów tej techniki. Dotyczą one osiągania przez zespoły robocze maszyn wymaganych rezultatów pracy, w szerokich zakresach zmienności warunków środowiskowych tej pracy, a więc: różnicowania warunków glebowych, różnorodności odmian roślin, szerokiego wachlarza wysiewanych nasion, różnicowania stanu plantacji, jej zachwaszczenia, wilgotności roślin w fazie zbioru, a nawet wilgotności powietrza w chwili zbioru itp., jak również poszerzonego zakresu oczekiwanych rezultatów pracy maszyn.

Przykładem dobrze ilustrującym wyniki prac w omawianym zakresie jest prasa zwijająca Krone Comprima, łącząca zalety pras stało- i zmiennokomorowych, wyposażona w nowoczesny system zagęszczający NovoGrip. Prasa ta, dzięki stosunkowo prostej budowie, jest przyjazna w zakresie serwisu, podobnie jak prasy ze stałą komorą zagęszczania [22].

Innym przykładem, zasługującym na przytoczenie są kombajny do zbioru zbóż. Kombajn New Holland TR, z osiowym zespołem młocącym, z dwoma rotorami, przeznaczony dla suchych warunków zbioru pojawił się na rynku w latach 70. XX w. za oceanem i tam zyskał bardzo pozytywne oceny. Kombajn ten nie sprawdził się w warunkach zbioru wilgotnych zbóż w Europie, gdyż jego wydajność w tych warunkach znacząco spadała. Prace nad doskonaleniem funkcjonalności jego zespołów roboczych zaowocowały wprowadzeniem kombajnu oznaczonego symbolem CR, który jest wydajniejszy i nie reaguje w dużym stopniu spadkiem wydajności w wilgotnych warunkach zbioru [14]. Podobnie było z kombajnem Case AF 2388 i AFX 8010, których rozwiązanie koncepcyjne zrealizowano też w latach 70. ubiegłego wieku w modelu kombajnu AF 1480 [14].

Postęp w rozwiązaniach funkcjonalnych zespołów roboczych, zespołów przeniesienia napędu oraz układów jezdnych kombajnów do zbioru zbóż jest bardzo dynamiczny i widoczny, sygnalizując dalsze szybkie zmiany doskonalące ich funkcjonalność. Zaledwie w okresie dziesięciu lat (1995-2005) firma Claas rozwinęła koncepcję modelu kombajnu Lexion 480, o mocy silnika 340 KM, w najbardziej obecnie wydajny kombajn Lexion 600, z silnikiem o mocy 550 KM [14] i nie jest to kres możliwości rozwojowych. Można też przewidywać, że w najbliższych latach zmodyfikowane koncepcje układów napędowych kombajnów zbożowych, jak przekładnie

przełączane pod obciążeniem oraz napędy hydrostatyczne, z prędkością obrotową silnika napędowego regulowaną w funkcji obciążenia, zastąpią standardowe napędy hydrostatyczne z przekładnią stopniową. Zapewni to obniżenie zużycia energii oraz zwiększenie komfortu pracy operatora i prędkości przejazdów bez obciążenia zespołów roboczych (w transporcie) [14]. Zapewni to osiągnięcie nowej jakości funkcjonalnej kombajnów.

Upowszechnione zostaną w najbliższych latach pokładowe systemy regulacji i przetwarzania danych. Włączenie danych z systemu regulacji prędkości ruchu roboczego kombajnu, w funkcji jego przepustowości, do systemu elektronicznej regulacji wtrysku paliwa w silniku przyspieszyło rozwój tych systemów. W aktualnie produkowanych systemach regulacji i przetwarzania danych, w zależności od producenta, wykorzystywane są dane dotyczące: grubości warstwy materiału roślinnego na przenośniku pochyłym, momentu obrotowego zespołu młocącego, wysokości strat ziarna, redukcji prędkości obrotowej silnika. Zapis i analiza tych danych, w układzie danych geograficznych, umożliwią wykorzystywanie omawianego systemu w rolnictwie precyzyjnym [14].

Kombajny zbożowe o wysokich wydajnościach mają masę całkowitą często przekraczającą 25 t, przy nacisku na przednią oś do 12 t. Ich destrukcyjne działanie na glebę można ograniczyć stosując szersze ogumienie kół jezdnych, ale zwiększa się wtedy szerokość transportowa maszyny ponad dopuszczalną przepisami ruchu drogowego [14]. Alternatywnym rozwiązaniem dla tej grupy maszyn z pewnością w przyszłości staną się podwozia gaśienicowe, które wprawdzie ugniatają glebę 10 cm poniżej poziomu kół z szerokimi oponami, ale na większej głębokości gleba po przejeździe kombajnu nie jest bardziej zagęszczona od tej, po której kombajn nie przejechał [14]. Można więc wnioskować, że podwozia gaśienicowe w ciężkich kombajnach (o dużych wydajnościach) zapewnią skuteczniejszą ochronę gleby od podwozi kołowych oraz, że koszt uprawy roli, po zbiorze tymi kombajnami, będzie niższy od kosztu uprawy po zbiorze kombajnami, wyposażonymi w podwozia jezdne kołowe [14];

### 4. *Doskonalenie konstrukcji ciągników rolniczych.*

Kierunki rozwoju ciągników rolniczych oraz wprowadzane w przemyśle ciągnikowym innowacje dobrze ilustrują trzy modele ciągników: kołowy ciągnik John Deere wyposażony w sieć elektryczną oraz dwa ciągniki z silnikami bardzo dużych mocy, przeznaczone do pracy w szczególnych warunkach kołowy ciągnik przegubowy Challenger serii MT 900 B oraz trzyosiowy ciągnik kołowy Fendt Trisix Vario. Ciągniki te mają na tyle innowacyjne rozwiązania, że tworzą nowy wizerunek przemysłu ciągnikowego.

Ciągnik John Deere jest pierwszym ciągnikiem wyposażonym w sieć elektryczną [18]. Posiada generator, który wytwarza energię elektryczną do 20 kW wykorzystywaną do napędu wentylatora, sprężarki i układu klimatyzacji oraz zasilania elektrycznej sieci pokładowej (12 V), której moc wzrasta o 50%. Na postoju, poprzez gniazda wtykowe, można zasilać urządzenia elektryczne prądem o napięciu 230/400V (5 kW) [18]. Powyższe rozwiązania można oceniać jako nowość, poszerzającą zakres możliwości wykorzystania ciągnika, ale też jako zapowiedź prawdopodobnych przyszłych rozwiązań układów przeniesienia napędu z ciągnika na współpracujące z nim maszyny, bowiem aktualne rozwiązania wykazują wyczerpywanie swych możliwości.

Firma Challenger produkuje ciągniki kołowe i gaśienicowe, wyposażone w silniki spalinowe o mocach sięgających 650 KM. Przegubowe ciągniki kołowe serii MT 900 B wyposażone są w silniki mocy 430 do 570 KM i adresowane do

klientów poszukujących dużych wydajności oraz możliwości sterowania jak w przypadku maszyn gąsienicowych [10]. Maksymalna prędkość jazdy ciągnika przegubowego wynosi 40 km/h. Przekładnia jest połączona z silnikiem systemem zapewniającym automatyczną zmianę biegu, w zależności od warunków pracy. Optymalną wydajność osiąga się przez monitorowanie obciążenia silnika i jego prędkości obrotowej, a system automatycznie zmienia przełożenie oraz ustawienie zasilania, zapewniające maksymalne w danych warunkach prędkości jazdy ciągnika oraz stałą prędkość pracy.

Nowe ciągniki zostały standardowo wyposażone w koła bliźniacze [10], a przestronne kabiny w układy klimatyzacji oraz wentylacji, zapewniające kontrolę nad czystością i temperaturą powietrza; pneumatycznie zawieszony fotel operatora, z wieloraką regulacją ustawienia, zapewnia wysoki stopień komfortu pracy operatora.

Podobnie, w innowacyjne rozwiązania, wyposażony został trzyosiowy ciągnik Fendt Trisix Vario, w którym zainstalowano silnik o mocy 540 KM, poruszający się po drogach z prędkością do 65 km/h, posiadający też bardzo wydajny układ hydrauliczny [9]. Fendt Trisix Vario został dopuszczony do ruchu po autostradach, czego nie osiągnął dotąd żaden inny ciągnik. Wyposażenie ciągnika-kolosa (7,61 m długości, 2,75 m szerokości, masa 19 t) w trzy osie, z których przednia i tylna są osiami skrętnymi, niezależne zawieszenie wszystkich sześciu kół oraz możliwość założenia na wszystkie osie kół bliźniaczych zapewniają wysoki stopień sprawności przekazywania mocy oraz dobrą trakcję, bez względu na prędkość jazdy, w bardzo szerokim zakresie zmienności podłoża, po którym ciągnik się porusza [9]. Blokowanie tylnej osi, po przekroczeniu prędkości 30 km/h, możliwość całkowitej blokady amortyzacji kół podczas pracy w polu oraz zapowiedź wyposażenia ciągnika w system regulacji ciśnienia w kołach czynią ciągnik Fendt Trisix Vario maszyną bardzo uniwersalną, w zastosowaniu do prac polowych i w transporcie. Słusznie producent nazwał ten ciągnik projektem przyszłości.

W pracy omówiony został główny, wyraźnie zdefiniowany, kierunek rozwoju techniki rolniczej oraz, bardzo skrótowo, cztery wybrane spośród wielu kierunki lub trafniej obszary, w których rozwój odbywa się równolegle. Wśród tych wielu z pewnością na szczególną uwagę zasługują również: energooszczędne i bezpieczne dla środowiska metody uprawy roli i siewu, zwiększenie wydajności pracy agregatów rolniczych w tym zwiększenie prędkości ich ruchu roboczego, energie odnawialne w tym biopaliwa, wykorzystanie plazmy niskotemperaturowej i pól magnetycznych wysokiej częstotliwości do dezynfekcji produktów rolniczych i w przechwalnictwie żywności oraz zbóż, nowe materiały konstrukcyjne spełniające wymagania eksploatacji nowoczesnych maszyn, utylizacja i recykling zużytych oraz skażonych chemicznie elementów maszyn rolniczych i inne. Chociażby skrótowe ich omówienie wykracza poza ramy niniejszego artykułu i wymagałoby objętości książki.

## Literatura

- [1] Koronczok J.: Pod jednym parasolem RTK. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 17-18/2007, s. 76-77.
- [2] Kośmicki Z., Kęska W., Feder S.: Automatyzacja procesów roboczych maszyn rolniczych. Prace PIMR, Poznań, 2000, nr 1, s. 61-64.
- [3] Kośmicki Z.: O istocie badań empirycznych i symulacyjnych na etapie przygotowania produkcji maszyn rolniczych. Inżynieria Rolnicza. Warszawa, 2001, nr 13(33), s. 15-20.
- [4] Kośmicki Z.: Gromadzenie informacji z badań na etapach przygotowania produkcji, wytwarzania i eksploatacji maszyn rolniczych. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 2002, nr 5, s. 6-10.
- [5] Kośmicki Z., Kęska W., Feder S.: Relacja: badania empiryczne symulacyjne w procesie przygotowania produkcji maszyn. J.Res. Appl. Agric. Engng, 2003, nr 4, s. 5-8.
- [6] Kośmicki Z., Kęska W., Feder S.: Inteligentne systemy techniczne jako podstawa rolnictwa przyszłości. Materiały IX Międzynarodowego Sympozjum im. prof. Cz. Kanafojskiego nt.: „Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych”. Płock, 18-19 września 2003, s. 46-49.
- [7] Kütschenreiter W.: Kto rozdaje karty na rynku opryskiwaczy? Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 5/2007, s. 6-9.
- [8] Kütschenreiter W.: Ośmiu „gigantów” odpowiada za około połowę produkcji techniki rolniczej na świecie. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 12/2007, s. 6-9.
- [9] Neunaber M.: Intelligente Technologie für die Königsklasse. Profi, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 12/2007, s. 62-64.
- [10] Polak T. (oprac.): Potężne ciągniki przegubowe. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 3/2007, s. 32-34.
- [11] Polak T. (oprac.): Dokładniejsze prowadzenie równoległe. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 1-2/2007, s. 14-15.
- [12] Przybył J. (oprac.): Czy roboty podbiją rolnictwo? Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 1-2/2007.
- [13] Nowoczesna technika zbioru zielonek. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 10/2007, s. 8-15.
- [14] Kombajny zbożowe praca nad szczegółami. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 10/2007, s. 20-24.
- [15] Rynek ciągników w Europie 2006. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 12/2007, s. 9-13.
- [16] Amazone. Prapremiera DMC Primera 9000. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. O.o., 17-18/2007, s. 107-108.
- [17] Ożywienie na światowym rynku zwiększa dynamikę. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 19/2007, s. 7-11.
- [18] John Deere sieć elektryczna w ciągnikach. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 21/2007, s. 24.
- [19] Inteligentna eksploatacja. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 1-2/2007, s. 15.
- [20] Słowikowski I.: Ergonomia w projektowaniu i rozwoju maszyn roboczych. Problemy Maszyn Roboczych, z. 8, vol. 8, kolegium Twórczości Technicz. Akademii Inżynierskiej w Polsce. Radom, 1996.
- [21] Słowikowski I.: Metodologiczne problemy projektowania ergonomicznego w budowie maszyn. Centr. Inst. Ochrony Pracy, Warszawa, 2000.
- [22] Agritechnika 2007 Siedem razy złoto. Akt. Techniki Roln. Express, wyd. Boomgaarden Medien sp. o.o., 21/2007, s. 24-25.

## DIRECTIONS OF AGRICULTURAL ENGINEERING DEVELOPMENT

### Summary

*In the article on chosen examples discussed are the directions of agricultural engineering development. The main of this directions determines dynamic development of intelligent machines including as well smaller unmanned machines which are protecting the soil against compaction. But in this machine group the modern engineering has reached only the phase of initial practical achievements. Simultaneously developed are several or more other directions-spheres out of which in the article discussed are the following: optimization of machines construction for limiting number of accidents during machines exploitation, the works on limiting machines negative affect on human health and environment, optimization of machine working units functionality as well as optimization of agricultural tractors construction.*