

PROJEKTOWANIE MASZYN ROLNICZYCH NA PRZYKŁADZIE AGREGATU UPRAWOWO- SIEWNEGO Z DOZOWNIKIEM GNOJOWICY

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane aspekty opracowania nowej konstrukcji agregatu uprawowo-siewnego, obejmujące weryfikację i ocenę wstępnego modelu konstrukcji agregatu metodą elementów skończonych. Przeprowadzono analizę występujących stanów naprężeń dla założonych warunków pracy agregatu z uwzględnieniem wpływu obciążeń dynamicznych oraz zaproponowano zmiany konstrukcyjne.

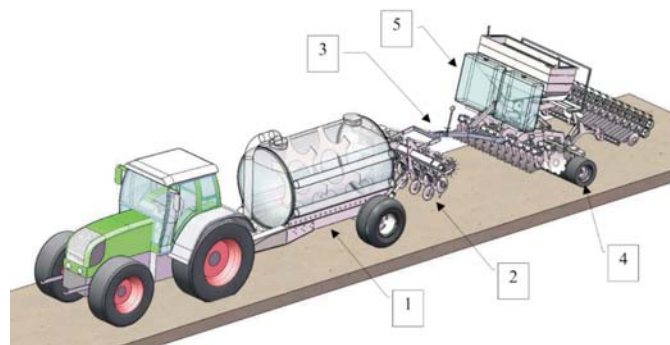
Słowa kluczowe: agregat uprawowo-siewny, modelowanie, analiza wytrzymałości

Wprowadzenie

Restrukturyzacja gospodarstw rolnych oraz ciągłe dążenie do minimalizacji kosztów wymaga wprowadzenia nowych technologii uprawy gleb, polegających również na łączeniu zabiegów uprawowo-siewnych z jednoczesnym nawożeniem. Stosowane coraz częściej ciągniki dużej mocy również stanowią przesłanki do przewidywania wzrostu popytu na maszyny o dużych wydajnościach, w tym na zestawy doprawiająco-siewne realizujące jednocześnie inne funkcje. W odpowiedzi na to zapotrzebowanie ze strony producenta opracowany został agregat uprawowy łączący wiele funkcji - dozowania gnojowicy, uprawy przedsiewnej, zagęszczania gleby i rzędowego wysiewu nasion siewnikiem pneumatycznym. Główną zaletą projektowanego urządzenia jest ograniczenie liczby i intensywności wykonywanych zabiegów agrotechnicznych [1, 2].

Analiza modelu agregatu uprawowo-siewnego

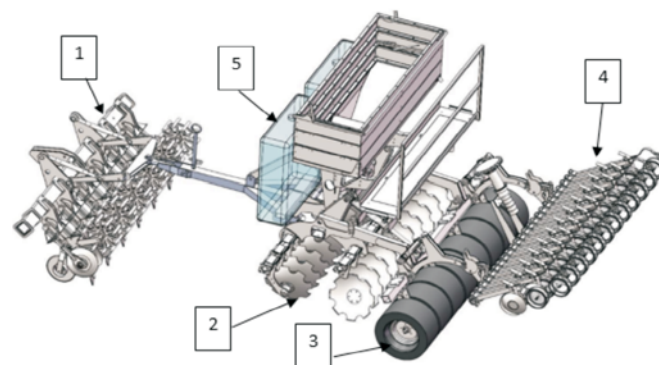
Agregat uprawowo-siewny jest urządzeniem powszechnie znajdującym zastosowanie w większości gospodarstw rolnych. Analizowany zestaw, w kompletnej konfiguracji, zawierającej wszystkie docelowe sekcje robocze, przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Kompletny agregat uprawowo-siewny w widoku ogólnym [3]: 1 - wóz asenizacyjny, 2 - aplikator doglebowy, 3 - dyszel zaczepowy, 4 - zespół uprawowo-siewny, 5 - zbiorniki do doglebowej aplikacji nawozów typu RSM

Fig. 1. Complete tilling-and-sowing combined machine in general view [3]: 1 - slurry tanker, 2 - inwards-soil applicator, 3 - drawbar, 4 - tilling-and-sowing unit, 5 - tanks for soil application of RSM type fertilizers

Agregat składa się z następujących sekcji roboczych: wozu asenizacyjnego z tylnym TUZ, aplikatora doglebowego, zespołu uprawowo-siewnego, nabudowanych na sekcji uprawowej zbiorników do doglebowej aplikacji nawozów płynnych typu RSM. Z uwagi na złożoną konstrukcję maszyny i zarazem ograniczoną możliwość stacji komputerowej prowadzącej obliczenia dokonano podziału modelu na: wóz asenizacyjny i agregat uprawowo-siewny wraz z dozownikiem gnojowicy. W niniejszym artykule przedstawione zostanie wirtualne projektowanie tylko drugiego członu maszyny (rys. 2).

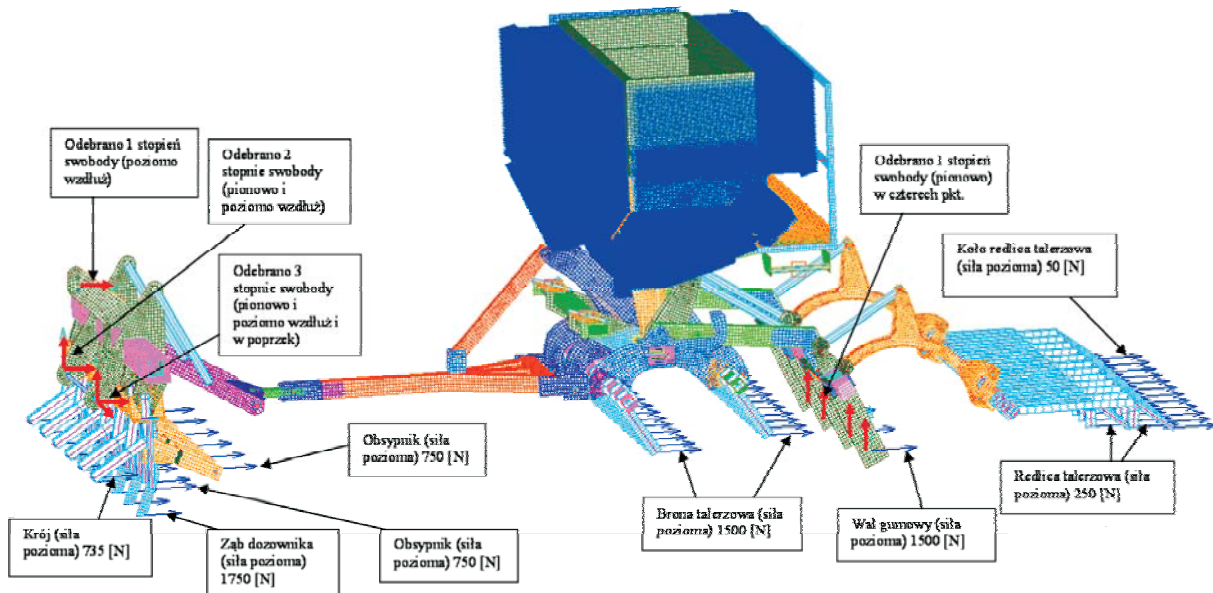


Rys. 2. Agregat uprawowo-siewny z dozownikiem gnojowicy [4]: 1 - dozownik gnojowicy, 2 - brona talerzowa, 3 - wał gumowy, 4 - siewnik pneumatyczny, 5 - zbiornik nawozów płynnych

Fig. 2. Tilling-and-sowing combined machine with a slurry dispenser [4]: 1 - slurry dispenser, 2 - disc harrow, 3 - rubber shaft, 4 - pneumatic drill, 5 - liquid fertilizer tank

W celu oceny konstrukcji agregatu w różnych warunkach pracy opracowano szereg przypadków obliczeniowych przedstawionych w opracowaniu [4]. W tym artykule został opisany przypadek pracy z maksymalnym obciążeniem roboczym agregatu (LC1).

Obciążenia dynamiczne uwzględniono w postaci współczynników nadwyżki dynamicznej $k = 1,15$. W tym przypadku maszyna obciążona była siłami dynamicznymi pochodzącymi od oporów roboczych narzędzi [5], ładunku w zbiorniku siewnika i dozownika nawozów płynnych. Stopnie swobody agregatu odebrano w trzech punktach koła zaczepowego (rys. 3). W jednym z dolnych zaczepów TUZ odebrano przemieszczenia we wszystkich trzech kierunkach OX, OY i OZ,

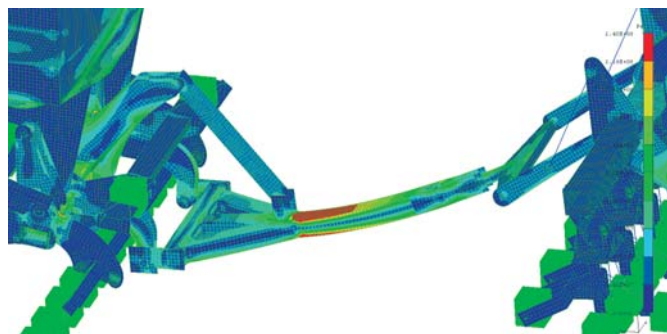


Rys. 3. Warunki brzegowe modelu agregatu uprawowo-siewnego dla przypadku LC1 [4]
 Fig. 3. Boundary conditions for model of tilling-and-sowing combined machine for LC1 loading case [4]

w drugim - w kierunkach OX i OY. W górnym uchwycie TUZ odebrano możliwość przemieszczeń w kierunku OX. Na wale kołowym agregatu uprawowego, odebrano przemieszczenie w jednym kierunku (OY) w czterech punktach (uchwytach mocowania kół). Dyskretyzację konstrukcji i opis topologiczny modelu wykonano w systemie IDEAS NX6 [4].

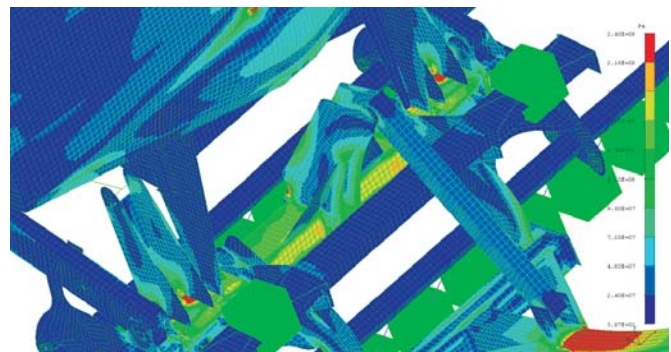
Analiza wyników MES

Przygotowany model obliczeniowy agregatu został poddany obliczeniom wytrzymałościowym dla przypadków obciążenia, przedstawionego powyżej. Wybrane rezultaty przedstawiono w postaci map odkształceń oraz naprężeń na rys. 4-5. Maksymalne naprężenia wystąpiły w głównej belce nośnej dyszla, gdzie wyniosły 350 MPa i w belce głównej brony talerzowej, gdzie osiągały wartość 320 MPa.



Rys. 4. Naprężenia zredukowane [Pa], widok na dyszel zaczepowy [4]
 Fig. 4. Reduced stresses [Pa], view of the drawbar [4]

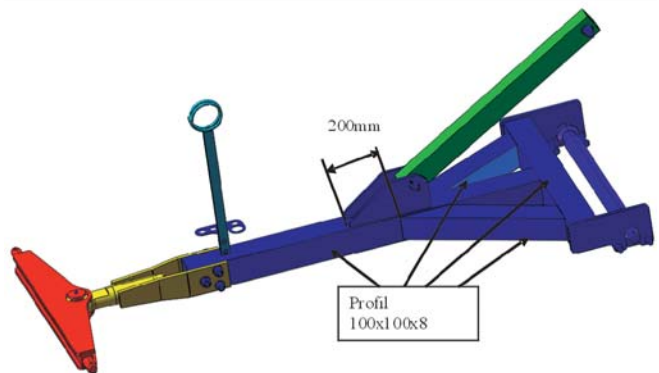
Uzyskane wyniki analizy wytrzymałościowej były niekorzystne (kolor czerwony na rys. 4 i 5), naprężenia przekraczały dopuszczalne wartości. Z tego wynika, że konstrukcja w zaproponowanej wstępnej wersji nie spełnia warunków wytrzymałościowych dla przyjętych warunków obciążeń. Na podstawie otrzymanych wyników zaproponowano wprowadzenie poprawek konstrukcyjnych [4]. Zmiany polegają na zwiększeniu grubości ścianek blach i profili, dodaniu zastrzału oraz zwiększeniu gabarytów niektórych uchwytów.



Rys. 5. Naprężenia zredukowane [Pa], widok od spodu na główną belkę nośną brony talerzowej [4]
 Fig. 5. Reduced stresses [Pa], the bottom view of the main supporting beam of a disc harrow [4]

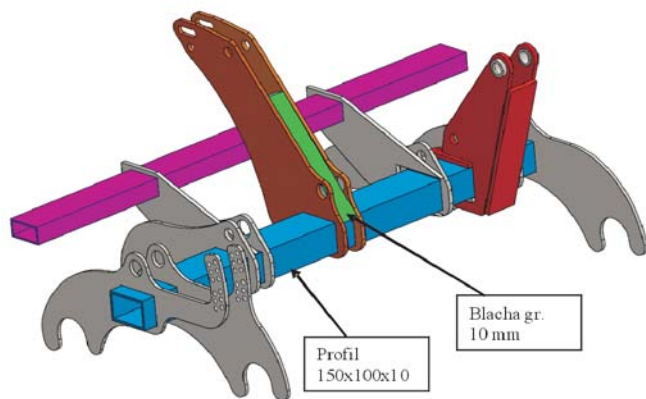
Zmiany konstrukcyjne i eliminacja ekstremalnych naprężeń

W celu eliminacji koncentracji naprężeń, które występowały w dyszlu zaczepowym (rys. 4), zastosowano zamiast profili kwadratowych 100 x 100 x 5 mm profile o wymiarach 100 x 100 x 8 mm (kolor ciemnoniebieski). Dodatkowo wydłużono uchwyty mocowania górnego łącznika o 200 mm (kolor ciemnoniebieski). Zmiany przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Zmiany w konstrukcji dyszla zaczepowego [4]
 Fig. 6. Changes in the drawbar construction [4]

Zmiany konstrukcyjne wprowadzono również w belce nośnej brony talerzowej. W miejscu tym występowały niebezpiecznie duże naprężenia spowodowane skruceniem belki przez zamocowanie na niej kolumny, służące do podnoszenia osprzętu agregatu i zbiornika siewnika. W celu poprawienia warunków wytrzymałościowych konstrukcji zastosowano profil 150x100x10 (kolor niebieski) zamiast profilu o mniejszej grubości ścianki bocznej (150x100x8). Dodatkowo w górnym uchwycie koźła zaczepowego zastosowano nakładkę o grubości 10 mm spinającą obydwie blachy przedstawione na rys. 7 (kolor zielony) [4].



Rys. 7. Wzmocnienie belki nośnej brony talerzowej [4]
Fig. 7. Strengthening of the disc harrow supporting beam [4]

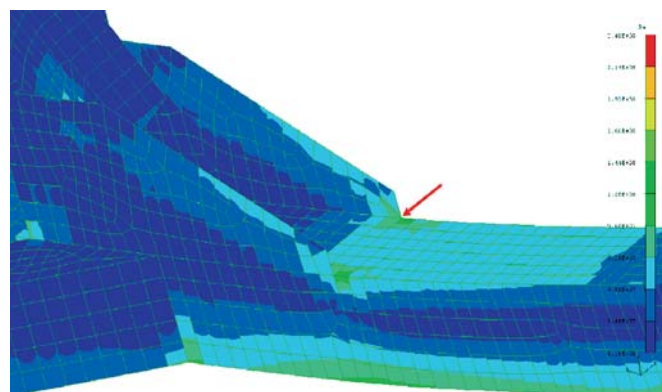
Analiza wytrzymałościowa konstrukcji z uwzględnieniem zmian konstrukcyjnych

Po przeprowadzeniu opisanej powyżej modyfikacji, dokonano analizy wytrzymałościowej agregatu uprawowo-siewnego z dozownikiem gnojowicy dla warunków przedstawionych powyżej. Przykładowe wyniki obliczeń w postaci rysunków map naprężeń zredukowanych przedstawiono na rys. 8 i 9.

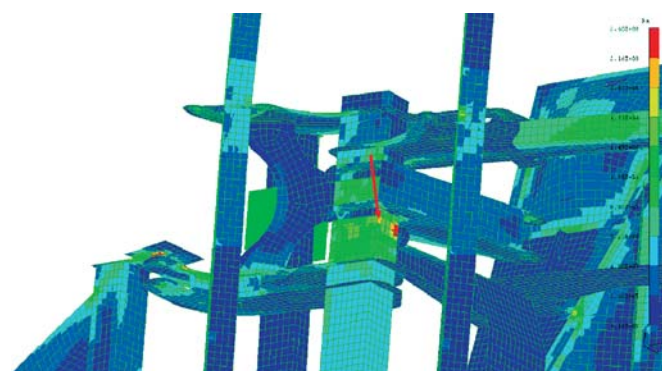
Następnie przeprowadzono analizę zmęczeniową konstrukcji agregatu uprawowo-siewnego. Do przeprowadzenia analizy zmęczeniowej należy posiadać informacje o poziomie naprężeń średnich oraz o charakterze zmian naprężeń zmiennych cyklicznie. Wartości średnie przyjęto jako wartości naprężeń uzyskanych dla tego samego przypadku obliczeniowego, ale bez nadwyżki dynamicznej. Natomiast amplitudę naprężeń wyznaczono jako różnicę naprężeń dla przypadku pracy z nadwyżką i bez nadwyżki.

Na rys. 8 i 9 za pomocą strzałek w kolorze czerwonym pokazano węzły, w których odczytano maksymalne wartości naprężeń dla przypadku LC1. Wartości tych naprężeń zapisano w tab. 1, a następnie wyznaczono naprężenia amplitudowe dla miejsc, w których może wystąpić ograniczona wytrzymałość

zmęczeniowa. Naprężenia zredukowane odczytano w każdym punkcie, dla górnej i dolnej warstwy elementów [4].



Rys. 8. Naprężenia zredukowane [Pa], widok na dyszel agregatu uprawowo-siewnego [4]
Fig. 8. Reduced stresses [Pa], view of the drawbar of the tilling-and-sowing combined machine [4]



Rys. 9. Naprężenia zredukowane [Pa], widok od spodu na belkę nośną brony talerzowej [4]
Fig. 9. Reduced stresses [Pa], the bottom view of the disc harrow supporting beam [4]

Na rys. 8 i 9 za pomocą strzałek w kolorze czerwonym pokazano węzły, w których odczytano maksymalne wartości naprężeń dla przypadku LC1. Wartości tych naprężeń zapisano w tab. 1, a następnie wyznaczono naprężenia amplitudowe dla miejsc, w których może wystąpić ograniczona wytrzymałość zmęczeniowa. Naprężenia zredukowane odczytano w każdym punkcie, dla górnej i dolnej warstwy elementów [4].

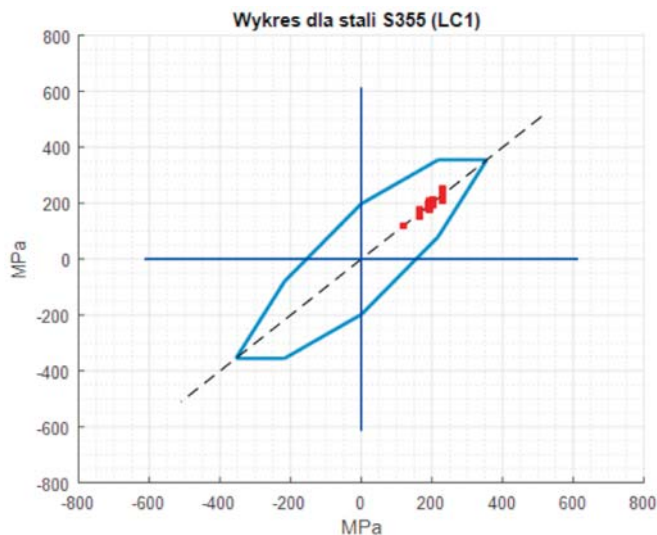
Wyznaczone naprężenia amplitudowe i średnie przedstawione w tab. 1 naniesiono na wykresy Smitha dla stali S355 (rys. 10). Naprężenia maksymalne nie przekraczają dopuszczalnych naprężeń dla przypadku pracy.

Wyznaczone naprężenia amplitudowe i średnie przedstawione w tab. 1 naniesiono na wykresy Smitha dla stali S355

Tab. 1. Wykaz węzłów konstrukcji przeanalizowanych dla przypadku LC1 z wyznaczonymi naprężeniami amplitudowymi [4]
Tab. 1. List of construction nodes analyzed for LC1 loading case with determined amplitude stresses

Numer węzła		25420467	203425363
Numer rysunku		Rys. 8	Rys. 9
Naprężenia dla przypadku pracy bez nadwyżki dynamicznej [MPa]	Warstwa dolna elementów	89	190
	Warstwa górna elementów	119	203
Naprężenia dla przypadku pracy z nadwyżką dynamiczną [MPa]	Warstwa dolna elementów	96	209
	Warstwa górna elementów	130	225
Różnica [MPa]	Amplituda	7	19
	Amplituda	11	22
Materiał		S355	S355

(rys. 10). Naprężenia maksymalne nie przekraczają dopuszczalnych naprężeń dla przypadku pracy.



Rys. 10. Wykres Smitha dla stali S355 [4]
Fig. 10. Smith graph for S355 steel [4]

Podsumowanie

Przedstawiony sposób przeprowadzenia jednego z etapów wirtualnego projektowania pozwala na proste i szybkie uzyskanie informacji na temat obciążeń występujących w maszynach rolniczych. Sposób ten pozwala uniknąć uciążliwych obliczeń analitycznych oraz dokonywania kosztownych i dłu-

gotrwałych badań eksploatacyjnych prototypu. Łatwość wymiany danych między systemami do modelowania konstrukcji i systemami do obliczeń komputerowych sprawia, że możliwe jest efektywne i szybkie analizowanie różnych wariantów konstrukcyjnych. Symulacje te umożliwiają wprowadzenie zmian na etapie projektowania i uniknięcie kosztownych przeróbek w prototypie maszyny.

Bibliografia

- [1] Dreszer K., Pawłowski T., Szczepaniak J., Szamanek M., Tanaś W.: Maszyny Rolnicze. PIMR, Poznań 2008.
- [2] Marks N.: Maszyny do uprawy, pielęgnacji, nawożenia, siewu, sadzenia i ochrony roślin. Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Kraków 1997.
- [3] Pawłowski T. i inni: Prace przemysłowe i rozwojowe związane z opracowaniem innowacyjnego agregatu uprawowo-siewnego. Zad. 1. Przeprowadzenie symulacji komputerowych w aspekcie kinematycznym, opracowanie wymuszeń dla wariantów wykonania agregatu. Poznań, PIMR 2017.
- [4] Pawłowski T. i inni: Prace przemysłowe i rozwojowe związane z opracowaniem innowacyjnego agregatu uprawowo-siewnego. Zad. 2. Budowa komputerowych modeli obliczeniowych oraz wielowariantowa analiza wytrzymałościowa i optymalizacja elementów konstrukcyjnych w celu eliminacji ekstremalnych naprężeń w konstrukcji agregatów. Poznań, PIMR 2017.
- [5] Lorencowicz E.: Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. Wyd. Agencja Promocji Rolnictwa i Agrobiznesu APRA, 2007.

DESIGNING AGRICULTURAL MACHINERY ON THE EXAMPLE OF TILLING-AND-SOWING COMBINED MACHINE WITH A DISPENSER SLURRY

Summary

The article presents selected aspects of the development of a new design of a tilling-and-sowing combined machine, including verification and evaluation of the initial model of the aggregate structure using the finite element method. An analysis of the occurrence of stress states for the assumed operating conditions of the aggregate was performed, taking into account the influence of dynamic loads. Also, structural changes were proposed.

Keywords: tilling-and-sowing combined machine, modeling, fatigue strength analysis

Źródło finansowania: 37/2016/DC/ZW/N

ISBN 978-83-927505-0-5

NAPĘDY HYDROSTATYCZNE W MASZYNACH ROLNICZYCH

Książka adresowana jest do studentów uczelni rolniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawiera wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, opis budowy oraz działania poszczególnych urządzeń hydraulicznych. Ponadto przedstawia przykładowe urządzenia hydrauliczne w wybranych maszynach rolniczych, a także diagnostykę układów hydraulicznych.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. +48 61 87 12 200; fax + 48 61 879 32 62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>