

# WSPÓŁCZESNE LABORATORIA BADAWCZE WIARYGODNYM NARZĘDZIEM WERYFIKACJI INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ WYROBÓW TECHNIKI ROLNICZEJ

Streszczenie

*W publikacji omówiono rolę nowoczesnych laboratoriów badawczych w podnoszeniu jakości, trwałości i innowacyjności wyrobów. Przedstawiono przykład utworzonego w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu Laboratorium Rapid Prototyping, którego nadrzędnym celem jest weryfikacja innowacyjnych rozwiązań wyrobów techniki rolniczej. Laboratorium Rapid Prototyping, wyposażone w nowoczesne narzędzia badawcze, pozwala rozwiązywać trudne problemy konstrukcyjne i technologiczne w branży maszyn i urządzeń rolniczych, w ramach projektów badawczych, rozwojowych, celowych, we współpracy z sektorem małych i średnich przedsiębiorstw. Podano przykłady wykorzystania skanera optycznego ATOS II w kontekście oceny jakości, konstrukcji, technologii wykonania i zużycia innowacyjnych lemieszów do pługów ciągnikowych oraz przykłady nowych, prototypowych elementów technicznych, wykonanych metodą szybkiego prototypowania przy użyciu drukarki 3D DIMENSION 1200es.*

Nowoczesne laboratorium badawcze, w założeniu, powinno współpracować z przemysłem, z sektorem małych i średnich przedsiębiorstw oraz z placówkami badawczo-rozwojowymi o podobnym profilu badawczym w zakresie realizacji projektów badawczo-rozwojowych, związanych np. z badaniami materiałów, opracowywaniem nowych technologii, nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń. Jednak przede wszystkim musi być wiarygodnym narzędziem weryfikacji innowacyjnych rozwiązań techniki, w tym rolniczej w Polsce.

Przewodnią misją utworzonego w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu Laboratorium Rapid Prototyping jest prowadzenie działalności naukowo-badawczej, skierowanej na rozwój naukowy pracowników oraz współpracę z sektorem przemysłu. Możliwości współpracy z dużymi, ale także z małymi przedsiębiorstwami, wynika często z braku w tych przedsiębiorstwach odpowiedniego, wysoce specjalistycznego sprzętu badawczego a przede wszystkim doskonale przygotowanej kadry naukowo-badawczej, przeszkolonej do wykonywania często nie rutynowych i innowacyjnych badań oraz weryfikacji nowych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych. Poprzez te działania Laboratorium może przynieść wymierne korzyści w skali kraju, dla regionu wielkopolskiego oraz przyczynić się do rozwoju technicznego polskiego przemysłu maszyn rolniczych.

Produkcja nowoczesnych zespołów konstrukcyjnych maszyn i urządzeń rolniczych, a także spożywczych, wymaga stosowania najnowocześniejszych technologii i materiałów, dotychczas nieznanymi i niestosowanymi w przemyśle maszyn rolniczych w Polsce. Dotyczy to zwłaszcza nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych kompozytowych, zarówno metalowych, jak i polimerowych, a także tworzyw degradowalnych. Stąd pojawiają się nowe, nieznanne dotychczas problemy, które wymagają kompleksowego podejścia oraz przeprowadzenia szeregu specjalistycznych badań. Prowadzenie działalności badawczej oraz usługowej możliwe jest dzięki, ciągle uzupełnianemu, coraz doskonalszemu wyposażeniu.

Nowo powstałe w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych laboratorium wyposażone jest między innymi w następujące urządzenia badawcze:

- Drukarkę przestrzenną Dimension SST 1200 es - wykony-

wanie modeli prototypowych oraz gotowych części maszyn metodą FDM;

- Kamery termograficzną FLIR SC 620 - badanie procesów, w których wydziela się ciepło: reakcje chemiczne, procesy tribologiczne, węzły cieplne, badanie urządzeń i układów automatyki przemysłowej, urządzeń elektroenergetycznych, rurociągów, izolacji termicznych, silosów suszarni, oczyszczalni;
- Komorę klimatyczną - ocena zmian fizykomechanicznych zachodzących w materiałach pod wpływem zmian temperatury i wilgotności;
- Mikroskop optyczny MET3-XJP-6 - analiza składu fazowego metali i ich stopów, identyfikacja struktury fazowej, wykrywanie wad strukturalnych;
- Współrzędnościową optyczną maszynę pomiarową TRITOP (system fotogrametryczny) - kontrola jakości dużych elementów; weryfikacja pozycji uchwytów i sprawdzianów, pomiar deformacji statycznych (np. silosów zbożowych), proste i szybkie tworzenie zdjęć, współrzędnościowe pomiary otworów krawędzi linii itp., precyzyjne wyznaczanie współrzędnych;
- Skaner optyczny ATOS 3D - pomiar bezkontaktowy obiektu dowolnie umieszczonego w polu widzenia urządzenia; w połączeniu z systemem TRITOP nieograniczony zakres pomiarowy;
- Spektrometr fluorescencji rentgenowskiej EAGLE III  $\mu$ XRF - pomiary jakościowe i ilościowe składu stopów metali, pomiary jakościowe i grubości warstw metalicznych, pomiary skażeń tworzyw sztucznych pierwiastkami toksycznymi, pomiary rozkładu pierwiastków (Line Scan, Mapping Scan);
- Tribometr Amsler - badanie ścieralności (odporności na ścieranie) poprzez tarcie toczone, ślizgowe lub kombinacje obu tych rodzajów tarcia;
- Uniwersalną maszynę wytrzymałościową HT-2402 - wyznaczanie charakterystyk wytrzymałościowych metali i ich stopów, tworzyw sztucznych, ceramiki, badanie rozciągania, ściskania, odwarstwienia, rozdzierania;
- Wtryskarki wraz z oprzyrządowaniem - wykonywanie prototypowych elementów maszyn i urządzeń rolniczych oraz transportowych z polimerów standardowych i modyfikowanych włóknem szklanym.

Jednym z przykładów wykorzystania ww. urządzeń jest np. ocena jakości, konstrukcji, technologii wykonania i zużycia innowacyjnych lemiesz odlewanych (opracowanych w ramach projektu badawczego, finansowanego z funduszy strukturalnych) nagrodzonych złotym medalem Międzynarodowych Targów Poznańskich w 2009 r. oraz srebrnym medalem na 57. Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik INNOVA 2008 w Brukseli.

Pomiary wykonano za pomocą skanera optycznego ATOS II firmy GOM - Niemcy (rys. 1).

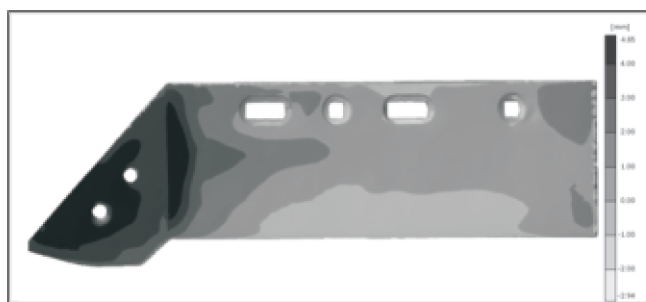


Rys. 1. Widok skanera optycznego ATOS II firmy GOM, znajdującego się w Laboratorium Rapid Prototyping w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu  
Fig. 1. Optical scanner ATOS II (produced by GOM company) in Rapid Prototyping Laboratory in Industrial Institute of Agricultural Engineering in Poznan

Funkcje optycznych pomiarów współrzędnościowych w procesie wdrożeniowym nowej części zamiennej do pługów ciągnikowych (lemiesz odlewane) pokazano w tab. 1 [2].

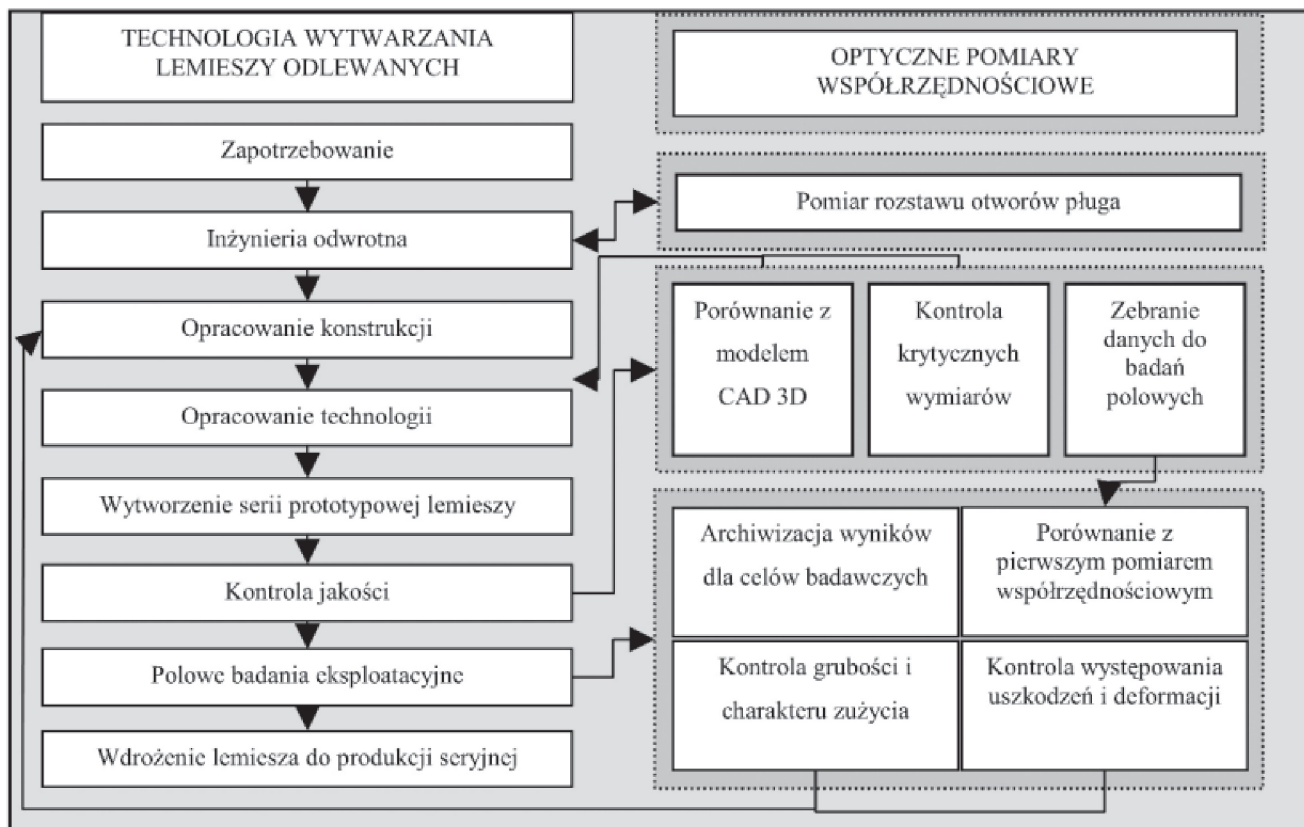
W zakresie kontroli wymiarów lemiesz punktem wyjścia było skanowanie całej dostępnej powierzchni lemiesz. Zebrane dane przechowywane są w formie trójwymiarowej siatki trójkątów (STL), co umożliwia wszechstronną kontrolę krytycznych elementów konstrukcji, jak np.: rozstaw otworów mocujących. Należy przy tym podkreślić, że w przypadku względnie płaskich odlewów, jakimi są lemiesz, niezbędna jest także kontrola skurczu odlewniczego i tym samym weryfikacja obliczeń wykonana przez technologów. Na rys. 2 pokazano przykładową odchyłkę powierzchniową prototypowego lemiesz, w bezpośrednim porównaniu z modelem CAD 3D. Archiwizacja wyników pomiarowych w postaci trójwymiarowej, pozwala na ponowną kontrolę skomplikowanej geometrii lemiesz w przypadku jego uszkodzenia (zgięcia, pęknięcia).

Interesujące jest także zastosowanie skanera optycznego do pomiarów zużycia lemiesz.



Rys. 2. Odchyłka powierzchniowa prototypowego lemiesz w porównaniu z modelem CAD 3D  
Fig. 2. Surface deviation of plough prototype in comparison with CAD 3D model

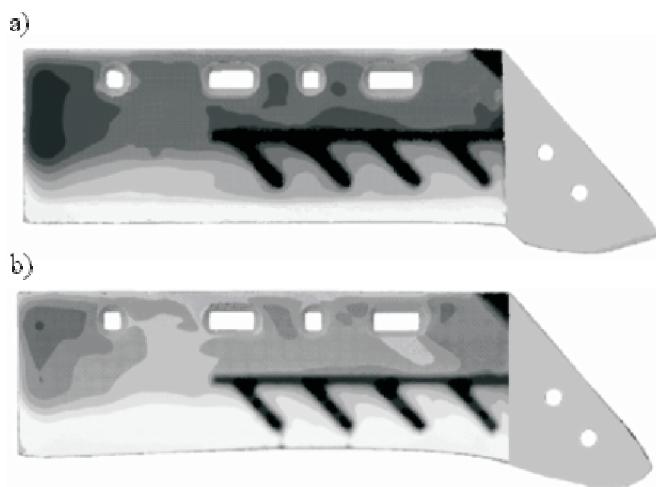
Tabela 1. Optyczne pomiary współrzędnościowe w procesie wdrożeniowym lemiesz odlewanych  
Table 1. Optical coordinate measurements in process of ploughs implementation



Dokładny pomiar całej dostępnej powierzchni lemiesza za pomocą optycznej współrzędnościowej maszyny pomiarowej w pełni zastępuje stosowane dotychczas metody pomiarowe (w tym masowe).

Wynik skanowania w postaci trójwymiarowej pozwala na zastosowanie dowolnej ilości przekrojów inspekcyjnych. Umożliwia to nie tylko sporządzenie precyzyjnych obrysów lemiesza, ale także dokładne i szybkie zbadanie występowania efektu samoostrzenia [1]. Ze względu na to, że wynikiem pomiaru, w przypadku lemiesza, jest powierzchnia zamknięta (bryła), znając gęstość materiału (żeliwa), możliwe jest porównywanie zmian jej objętości i jednocześnie zestawienie wyników z kryteriami masowymi zużycia granicznego.

Pokazany na rys. 3 przestrzenne rozkłady grubości, w różnym stopniu zużytych lemieszów, jest przykładem przełomu w dziedzinie badań elementów narzędzi rolniczych, pracujących w glebie. Uzyskiwane w szybki sposób dokładne dane, bezpośrednio wskazują krytyczne obszary powierzchni czynnej lemiesza (powierzchni zużycia tribologicznego), co pozwala na jego weryfikację konstrukcyjną i technologiczną oraz możliwość zwiększenia trwałości eksploatacyjnej.



Rys. 3. Pomiar grubości lemiesza: a) mniej zużytego, b) bardziej zużytego  
Fig. 3. Thickness measurement of plough: a) less worn out, b) more worn out

Zastosowanie nowoczesnych metod skanowania przestrzennego, przy użyciu skanera ATOS II, w ocenie jakości wykonania elementów i zużycia tribologicznego jest bardzo przydatne, wystarczająco dokładne i zapewnia wiarygodne wyniki. Metody te pozwalają na:

- szybką i precyzyjną ocenę jakości powierzchni, wymiarów, kształtu, rozstawu otworów, stopnia zakrzywienia (efekt skurczu odlewniczego oraz przeprowadzonej obróbki cieplnej),
- określenie stopnia i charakteru zużycia tribologicznego lemiesza w różnych miejscach jego powierzchni.

Wspomaganie procesu wdrożenia elementów optyczną współrzędnościową techniką pomiarową może przynieść także inne korzyści, takie jak:

- skrócenie czasu potrzebnego na tradycyjne metody kontroli jakości, a tym samym zapewnienie powtarzalnej, zgodnej z oczekiwaniami rolników, jakości odlewów,
- redukcję czasu analizowania wyników polowych badań eksploatacyjnych (kontrola zużycia),
- wszechstronność i standaryzację danych pomiarowych.

Cenną zaletą skanowania całej dostępnej powierzchni detalu jest możliwość późniejszej wielowariantowej analizy,

zebranych w trakcie badań informacji i tym samym wszechstronnej statystycznej oceny wielu różnych aspektów procesu zużycia elementów pracujących w glebie.

Bardzo ciekawym urządzeniem, wspomagającym i jednocześnie weryfikującym proces projektowania części i zespołów maszyn roboczych, jest drukarka przestrzenna DIMENSION 1200es prod. STRATASYS Co., pracująca w oparciu o technologię FDM (rys. 4) [3, 6].



Rys. 4. Drukarka przestrzenna DIMENSION 1200es (technologia FDM), prod. STRATASYS Co.(USA), znajdująca się w Laboratorium Rapid Prototyping w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu  
Fig. 4. DIMENSION 1200es (FDM technology) 3D Printer, produced by STRATASYS Co.(USA), placed in Industrial Institute of Agricultural Engineering in Poznan

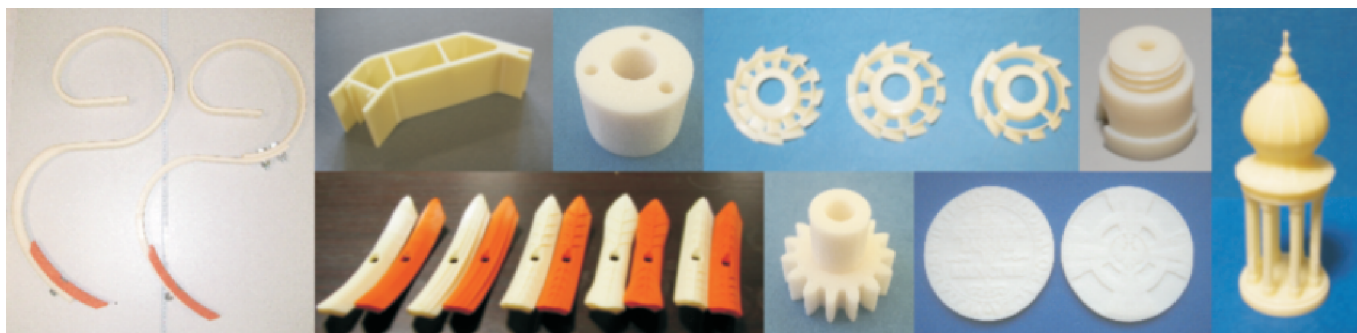
Za pomocą drukarki DIMENSION 1200es można wykonać model przestrzenny części, bezpośrednio z elektronicznej wersji dokumentacji 3D (z pliku STL). W bardzo krótkim czasie, możliwe jest przejście od modelu CAD wprost do części z tworzywa sztucznego (ABSplus) o dowolnej geometrii, dużej dokładności odwzorowania kształtu i szczegółów. Tworzenie fizycznego modelu obiektu metodami przyrostowymi (Rapid Prototyping) powoduje, że nie występują żadne ograniczenia w jego konstrukcji i kształcie oraz stopniu skomplikowania. Dzięki sterowaniu komputerowemu wykonane modele są w pełni powtarzalne, cechują się bardzo dużą dokładnością wytwarzania. Istnieje więc możliwość szybkiej zmiany konstrukcji elementu i jego weryfikacji w zespole maszyny.

Przykłady wykorzystania tej technologii, w kontekście szybkiego prototypowania nowych elementów, pokazano na kilku zdjęciach (rys. 5). Przedstawione innowacyjne elementy wykonano w ramach projektów badawczych, zleceń zewnętrznych dla małych i średnich przedsiębiorstw, takich jak: WIELTON S.A.-Wieluń, APATOR POWOGAZ - Poznań, ARSTEEL - Poznań, POM Metal - Gostyń itp.

Przykładowymi obszarami zastosowania technologii FDM są:

- testy i analizy prototypów o właściwościach zbliżonych do obiektu projektowanego (np. w zakresie ergonomii narzędzi, elementów i urządzeń),
- złożone prace projektowe zorientowane na konstrukcje prototypu z wielu modeli-komponentów,
- przestrzenne wizualizacje projektowanych obiektów, np. w architekturze.

Nowoczesne laboratoria badawcze świadczą o skali i stopniu nowoczesności oraz oryginalności opracowań technicznych i technologicznych.



Rys. 5. Przykłady innowacyjnych elementów wykonanych na drukarce DIMENSION 3D metodą FDM w Laboratorium Rapid Prototyping w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu

Fig. 5. Examples of innovative elements printed with DIMENSION 1200es 3D Printer (using FDM method) in Industrial Institute of Agricultural Engineering in Poznan

Tylko dobre i ciągle uzupełniane wyposażenie Laboratorium Rapid Prototyping oraz wykwalifikowana kadra umożliwiają prowadzenie działalności naukowej oraz prowadzenie badań dla przemysłu maszyn rolniczych na najwyższym, światowym poziomie.

Motorem przewodnim wzrostu innowacyjności w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych jest pełne zaangażowanie się kierownictwa Instytutu, zatrudnionych w nim pracowników naukowych, a także młodych pracowników w walidowane badania wdrożeniowe, których efekty są i będą bezpośrednio przydatne w przedsiębiorstwach.

Do utrzymania kompetencji technicznych poszczególnych pracowników zatrudnionych w laboratorium niezbędne są umiejętności merytoryczne, jak również rzetelność, solidność i systematyczność. Obok stałego i ciągłego podwyższania kwalifikacji, przez udział w różnych szkoleniach, warsztatach specjalistycznych, a także sympozjach, konwersatoriach i konferencjach naukowych, do najbardziej skutecznych metod służących wsparciu kompetencji należą różne formy współpracy z ośrodkami naukowo-badawczymi i z zakładami przemysłowymi - w ramach projektów celowych, badawczych i rozwojowych, w celu rozwiązywania konkretnych problemów praktycznych. Odzwierciedleniem tej współpracy są wspólne publikacje, ekspertyzy, a często prezentacje nowych rozwiązań na specjalistycznych wystawach, targach, m.in. na: Międzynarodowych Targach Poznańskich, międzynarodowych wystawach ogrodniczych, AGRO-SHOW - Bednary, Międzynarodowych Targach Wynalazczości INNOVA-Bruksela.

Aby rozwiązywać trudne problemy konstrukcyjne i technologiczne w branży maszyn i urządzeń rolniczych laboratorium winno być, poprzez nowoczesne narzędzia badawcze, „doskonałe” w aspekcie bycia wiarygodnym narzędziem weryfikacji innowacyjnych rozwiązań wyrobów techniki rolniczej. Dążenie do doskonałości poprzez coraz nowocześniejsze narzędzia

i aparaturę badawczą oraz doskonalenie kadry jest nadrzędnym celem działalności i wiarygodności Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu w aspekcie ciągłego podnoszenia jakości, trwałości i innowacyjności elementów maszyn rolniczych. Właśnie doskonałość, jak stwierdzili eksperci unijni, musi być hasłem przewodnim unijnych programów badawczych, rozwojowych i innowacyjnych. Programy badawczo-rozwojowe powinny skoncentrować swoje zasoby na najlepszych. Jedynie w ten sposób jest możliwa konkurencja na skalę globalną i promowanie konkurencyjności.

#### Literatura

- [1] Owsiak Z: Zużycie lemieszki pługów. Cz. I. Charakter zużycia i stan graniczny lemieszki pługów. Roczniki Nauk Rolniczych, t.77-C-4, 1998.
- [2] Żurowski K., Gościański M.: Optyczne pomiary współrzędnościowe lemieszki odlewanych do pługów ciągnikowych. Materiały konferencyjne 13. Krajowej i 4. Międzynarodowej Konferencji Metrologia w Technikach Wytwarzania. Wydawca: Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych, Instytut Technologii Mechanicznej, Politechnika Poznańska, 09.2009.
- [3] Chlebus E.: Techniki komputerowe CAD w inżynierii produkcji. WNT, Warszawa 2000.
- [4] Adamczak S.: Pomiary geometryczne powierzchni. WNT, Warszawa 2008.
- [5] Wyleżoł M: Inżynieria odwrotna w modelowaniu inżynierskim - przykłady zastosowań. Politechnika Śląska, 2008.
- [6] Oczóś K.E.: Rola i znaczenie Rapid-Technologii w budowie maszyn i medycynie. Politechnika Rzeszowska, 2008.
- [7] Źródła internetowe: [www.stratasys.com](http://www.stratasys.com), [www.prosolutions.com.pl](http://www.prosolutions.com.pl), [www.gom.com](http://www.gom.com).

## MODERN RESEARCH LABORATORIES AS A RELIABLE TOOL FOR VERIFICATION OF INNOVATIVE SOLUTIONS IN AGRICULTURAL PRODUCTS BRANCH

### Summary

The article presents a main role of modern research laboratories in making the results of different processes more durable, more innovative and better quality. It also gives the example of Rapid Prototyping Laboratory which is formed in Industrial Institute of Agricultural Engineering in Poznan and its main aim is to verify innovative products of agricultural techniques. Rapid Prototyping Laboratory enables to solve complex constructional and technological problems of farm machine branch in connection with many research projects and cooperation with SME. The publication presents also many examples of using optical scanner ATOS II in the context of innovative tractor ploughs, its quality, construction and technology. The article illustrates modern prototypes of technical elements obtained by rapid prototyping techniques using the 3D DIMENSION 1200es Printer.