

Dr hab. inż. Szymon Salamon, prof. nzw. P.Cz.

Częstochowa, dnia 12.09.2012 r.

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa Pracy

Wydział Zarządzania

Politechniki Częstochowskiej

Al. Armii Krajowej 19 b

42-200 Częstochowa

tel. (34) 3250360, tel. kom. 691 264 907

e-mail: salamon@zim.pcz.pl



OPINIA

o rozprawie doktorskiej mgr inż. **Witolda Janika**, pod tytułem „**Metoda recykulacji środków technicznych z uwzględnieniem inżynierii odwrotnej**”

1. Podstawa opracowania

Podstawą wykonania niniejszej recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. **Witolda Janika** pt.: „**Metoda recykulacji środków technicznych z uwzględnieniem inżynierii odwrotnej**” jest pismo Pana Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, Prof. dr hab. inż. Jerzego Świdra z dnia 13.06.2012, numer RMT0-482/D/006/11/12.

2. Geneza problematyki rozprawy

W praktyce eksploatacyjnej środków technicznych, wciąż mamy do czynienia z sytuacją braku lub niedostępności jego dokumentacji konstrukcyjnej, jak również braku lub niedostępności samego elementu zamiennego tegoż obiektu.

Rozwiązanie tego problemu, może stać się ważnym ogniwem w łańcuchu inżynierskich poczynań mających na celu racjonalizację procesu eksploatacji środków technicznych.

Problem ten ma charakter wieloaspektowy, (np.: bezpieczeństwo pracy, wymiar ekologiczny, korzyści ekonomiczne), jest on również zagadnieniem interdyscyplinarnym, wymagającym korzystania z wiedzy w zakresie: materiałoznawstwa, miernictwa, konstruowania, technologii regeneracji, tworzenia baz danych, wspomaganie komputerowego i innych.

Rozprawa ta ma wypełnić i uzupełnić niedostatki w tym zakresie, proponując unikalną metodę recykulacji środków technicznych, wykorzystującą zasady i techniki inżynierii odwrotnej, przy wspomaganie komputerowym.

Sekretariat Prodziekana ds. Nauki (PN)	
RMT	2012 -09- 17
L. dz. 311/PN/006/20112	

3. Wybór tematu i zakres rozprawy

Potrzeba permanentnej racjonalizacji procesu eksploatacji środków technicznych, jednoznacznie wskazuje na zasadność podjętego tematu rozprawy doktorskiej. Opracowanie i wdrażanie nowoczesnych systemów w zakresie procesu recykulacji środków technicznych jest obszarem badawczym ze wszech miar pożądanym, bo dotyczącym aspektów: naukowych, poznawczych i użytkarnych.

Wyżej zarysowane potrzeby zdeteminowały zakres rozprawy doktorskiej, koncentrującej się w szczególności na: po pierwsze – odtwarzaniu cech geometrycznych i tworzywowych postaci konstrukcyjnej konkretnego elementu środka technicznego, co miało na celu rozwiązanie sytuacji, w której nie ma dostępu do jego dokumentacji konstrukcyjnej i fizycznie do jego elementu zamiennego, po drugie – sprawdzenia możliwości wykorzystania zasad i technik inżynierii odwrotnej, do akwizycji informacji na temat występowania i rozkładu ubytków na elementach obrotowo-symetrycznych.

Oba te podejścia zostały szczegółowo opracowane i wyposażone w oprogramowanie umożliwiające szeroko rozumiane wspomaganie komputerowe i jego implementację do konkretnych zastosowań. Opracowania te stanowią istotną nowość w teorii i praktyce eksploatacyjnej środków technicznych i stanowią istotny problem w zakresie budowy i eksploatacji maszyn oraz systemów maszynowych.

4. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska liczy 223 strony (zawarta jest w 10 rozdziałach), przy czym 8. załączników zamieszczono na stronach od 183 do 223. Rozprawa zawiera: spis treści, wprowadzenie, bibliografię, oraz streszczenia, w języku polskim i angielskim. Bibliografia liczy 50 pozycji. Wśród nich odnotowano pozycje polskojęzyczne, angielskojęzyczne i niemieckojęzyczne. Zauważalne są pozycje Autora rozprawy – samodzielne i we współautorstwie. Wiekowo pozycje te obejmują lata od 1967 do 2012, co jest rzeczą zrozumiałą, ponieważ rynek wydawniczy, obecnie podlegający regułom wolnego rynku, ostrożnie kalkuluje potrzebę wydania lub wznowienia literatury technicznej, stąd też mamy brak wznowień nakładów niektórych z nich.

W **rozdziale 1**, podkreślono fakt braku kompleksowej metody recykulacji środków technicznych, podkreślono również istnienie cząstkowych rozwiązań w tym zakresie. Stwierdzono również brak jednoznacznie zdefiniowanych pojęć z tytułowego zakresu merytorycznego. W podrozdziale 1.1 uzasadniono celowość stosowania recykulacji środków technicznych, z kolei zaś w podrozdziale 1.2 przedstawiono klasyfikacje postaci zużycia według różnych autorów. Podrozdział ten zawiera bogaty materiał fotograficzny dotyczący uszkodzeń elementów środków technicznych.

W **rozdziale 2**, w jej podrozdziałach: 2.1 i 2.2 przedstawiono cele i tezy rozprawy, zaś w podrozdziale 2.3 dokonano prezentacji metody recykulacji środków technicznych w ujęciu ogólnym i szczegółowym.

W **rozdziale 3**, przedstawiono wpływ środowiska eksploatacji na stan techniczny środka technicznego, jego destrukcyjny wpływ przedstawiono w serii fotografii obrazujących zniszczenia elementów maszyn górniczych. Dalszą część tego rozdziału poświęcono identyfikacji modelu oceny stanu technicznego środków

Jalalusi

technicznych, obecnie stosowanych w górnictwie. Ta część rozdziału 3. jest również bogato ilustrowana fotografiami stanu technicznego elementów maszyn górniczych.

W bardzo rozbudowanym **rozdziale 4**, udokumentowano wykorzystanie zasad i technik inżynierii odwrotnej w zakresie: przygotowania pomiarów i skanowania laserowego 3D (podrozdział 4.1), niepewności pomiaru w inżynierii odwrotnej (podrozdział 4.2), wykorzystania inżynierii odwrotnej w identyfikacji cech geometrycznych (podrozdział 4.3) i w odtworzeniu cech tworzywowych elementu (4.4).

Rozdział 5, poświęcono prezentacji 3. generacji metod przygotowania operacji obróbkowych technologii regeneracji i stosowanych obrabiarek. Ponadto omawia on wybór środowiska i zakresu opracowanego oprogramowania, dalej rozdział ten traktuje o module geometrycznym i module – bazy danych.

Rozdział 6, poświęcony jest zagadnieniu demontażu środka technicznego. Jego podrozdział 6.1, traktuje o strukturze środka technicznego, z kolei zaś podrozdział 6.2 prezentuje sekwencje demontażu środka technicznego. Implementację wspomaganie komputerowego dla modułu demontaż przedstawiono w podrozdziale 6.3.

Procedurę wstępnej decyzji o skierowaniu elementu do badania stanu technicznego, zawarto w **rozdziale 7**. W podrozdziale 7.1, zaprezentowano wyznaczenie kosztu relatywnego elementu środka technicznego, zaś podrozdział 7.2 poświęcono implementacji wspomaganie komputerowego dla modułu agregacja.

Rozdział 8, zatytułowany „Badania stanu technicznego zewnętrznej powierzchni elementu”, przedstawia szczegółowe zagadnienia dotyczące metody detekcji ubytków (podrozdział 8.1), klasyfikację stanu technicznego elementu ze względu na stwierdzone ubytki zawiera podrozdział 8.2. Implementację wspomaganie komputerowego dla modułu badania przedstawiono w podrozdziale 8.3, zaś w jego podrozdziałach 8.3.1 i 8.3.2 odpowiednio zaprezentowano: detekcję ubytków na elementach obrotowo-symetrycznych oraz procedurę wspomaganie komputerowemu procesu opisu stanu technicznego elementu.

Wspomaganie komputerowe przygotowania technologii regeneracji, przedstawiono w **rozdziale 9**, zawarto w nim również: prezentację automatycznej modyfikacji modelu referencyjnego oraz podano przykład technologii regeneracji tłoczyska.

5. Cel naukowy, założenia, cele szczegółowe

Cele i tezy rozprawy doktorskiej Autor sprecyzował w podrozdziałach zatytułowanych: „Cel i zakres pracy”, oraz „Cele i tezy rozprawy”.

Podstawowych celów rozprawy Autor sformułował 5. i są one następujące:

1. Opracowanie metody umożliwiającej: wspomaganie recykulacji środków technicznych i kierunków jej rozwoju.
2. Opracowanie sposobu gromadzenia, danych z procesu recykulacji.
3. Opracowanie metody odtwarzania postaci konstrukcyjnej elementu (cech geometrycznych i tworzywowych).

4. Opracowanie implementacji metody w postaci oprogramowania, które może być wdrożone w zakładzie zajmującym się recykulacją środków technicznych.
5. Zastosowanie inżynierii odwrotnej do badania stanu technicznego powierzchni zewnętrznych, a tym samym klasyfikacji zużycia, uszkodzeń i zniszczenia.

Zaś też Autor przedstawia 3. i są one następujące:

1. Istnieje możliwość zastosowania wspomagania komputerowego przygotowania regeneracji elementów z zastosowaniem „inżynierii odwrotnej”, celem automatycznego generowania dokumentacji recykulacji środków technicznych oraz rejestracji zużycia i uszkodzeń w trakcie ich istnienia.

2. „Inżynieria odwrotna” może być zastosowana do odtwarzania dokumentacji konstrukcyjnej elementów maszyn, jak również może posłużyć do detekcji ubytków na powierzchni zewnętrznej elementów.

3. Na podstawie detekcji ubytków w wyniku z porównania modeli 3D elementu uzyskanego ze skanowania 3D z modelem konstrukcji, istnieje możliwość wyboru technologii regeneracji również z zastosowaniem obrabiarek sterowanych numerycznie.

Zacytowane cele i tezy są sformułowaniami Autora rozprawy doktorskiej.

Stwierdzam, że Autor rozprawy doktorskiej, jej cele zrealizował a tezy udowodnił.

6. Metodyka rozwiązania problemu

Metodę recykulacji środków technicznych Autor rozprawy doktorskiej, przedstawił w podrozdziale 2.3, w jej ogólnym ujęciu, co przedstawiono na rysunku 2.1, w postaci schematu blokowego, zaś w ujęciu szczegółowym metodę tą przedstawia, na rysunku 2.2, w postaci systemu, z jego blokami (wierzchołkami) i relacjami (przejściami) pomiędzy nimi.

Modele te przejrzyste, prezentują metodę recykulacji środków technicznych, w obu modelach zwraca uwagę ich czytelność i logiczność, dają one wyobrażenie o przeobrzymim nakładzie pracy: naukowej, laboratoryjnej i warsztatowej, mającej na celu opracowanie efektywnej metody postępowania w tym zakresie, a dotyczącej obszaru racjonalizacji eksploatacji środków technicznych.

Aplikacyjność tej metody, w szczególności polega na: wariantowości przypadków recykulacji elementów środka technicznego tj.: ponownego jego wykorzystania, wymienienia go lub poddania go regeneracji. Tę cechę opracowanej metody pogłębiono poprzez wprowadzenie dalszych jej wariantów, polegających na rozróżnieniu elementów zamiennych jako: dorabianych u eksploatatora środka technicznego lub wytwarzanego u jego wytwórcy.

7. Oryginalność rozprawy

W rozprawie doktorskiej przedstawiono dwa oryginalne podejścia w recykulacji środków technicznych, a mianowicie:

- a) odtworzenie cech geometrycznych i tworzywowych postaci konstrukcyjnej w sytuacji braku: elementu zamiennego lub dokumentacji konstrukcyjnej,

Jalalmon

b) wykorzystanie zasad i technik inżynierii odwrotnej do akwizycji danych, o parametrach zakresu i rozkładu ubytków na powierzchniach elementów obrotowo-symetrycznych.

Niewątpliwym osiągnięciem rozprawy doktorskiej, jest kompleksowa propozycja metody recykulacji środków technicznych. Poszczególne etapy tej metody są wspomagane komputerowo, należy podkreślić olbrzymią wiedzę i umiejętności Autora rozprawy w tym zakresie.

Autor rozprawy dowiódł istnienia możliwości przybliżonego zrekonstruowania cech geometrycznych i tworzywowych przy zastosowaniu zasad i technik inżynierii odwrotnej. Dowiedziono również możliwość automatycznej detekcji ubytków powierzchni roboczych, elementów obrotowo-symetrycznych, bazującej na modelu 3D, przy wykorzystaniu skanowania laserowego.

Wspomniana detekcja ubytków powierzchni elementu środka technicznego bazuje na porównaniu objętości w przestrzeni jednostkowej, modeli: elementu rzeczywistego i jego odwzorowania. Zapropionowany proces detekcji ubytków, pozwala równocześnie na pomiar ich parametrów, przygotowanie operacji technologicznej toczenia pod rekonstrukcyjne napawanie. Wymienione parametry są zapisywane w bazie danych z myślą o zabiegach regeneracyjnych w kolejnych recykulacjach środka technicznego.

Tytułowa metoda jest znamienna również tym, że proponuje rozwiązania półautomatycznego przygotowania sekwencji demontażu środka technicznego, dalszą znamiennością tej metody jest możliwość wyznaczania kosztu relatywnego elementów, biorącego pod uwagę: liczbę połączeń elementów, liczbę powierzchni, powierzchnię całkowitą i masę całkowitą.

Każdy z analizowanych przypadków jest zapisywany w bazie utworzonej w MS SQL Server, zaś kod źródłowy i interfejs jest przygotowywany w środowisku MS Visual Studio.

8. Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej, udokumentował swe wysokie przygotowanie do: zaplanowania projektu badawczego, jego realizacji, akwizycji wyników badań, ich opracowania, wyciągnięcia i sformułowania wniosków (natury: naukowej, poznawczej i użytecznej), i wdrożenia uzyskanych efektów teoretycznych i praktycznych.

Uwagi do rozprawy doktorskiej o charakterze ogólnym i szczegółowym, są następujące:

8.1. Uwagi ogólne

- Tytuł rozprawy doktorskiej odpowiada jej merytorycznemu problemowi. Spełnia on podstawowe kryteria dotyczące jego poprawności, a więc: zwięzłości, informacyjności i poprawności językowej. Z uwagi jednak na bogactwo zastosowanych oprogramowań własnych i obcych, widziałbym w tytule rozprawy dwa dodatkowe słowa - wspomaganie komputerowe.
- Struktura pracy jest logiczna i dostosowana do potrzeb merytorycznych rozprawy. Autor słusznie, część uzyskanych wyników

badania, np. dotyczących składu chemicznego tworzyw badanych elementów środków technicznych, zamieścić poza główną częścią rozprawy, w postaci 8. załączników.

- Rozprawa doktorska ma w sobie duży ładunek rozwiązań o charakterze innowacyjnym. Zaprezentowane rozwiązania szczegółowe w rozprawie są nowymi, wnoszącymi do teorii i praktyki eksploatacji środków technicznych, nowe systemowe podejście, szczególnie przydatne w sytuacji, w której eksploatator środka technicznego nie posiada jego dokumentacji technicznej lub nie ma możliwości pozyskania elementu zamiennego.
- Dobór i wykorzystanie literatury jest prawidłowy. Zwraca jednak uwagę fakt wykorzystania literatury sprzed 1990 roku a nawet wcześniejszej. Równocześnie cytowana jest literatura nowa i najnowsza. Usprawiedliwieniem faktu wykorzystania w rozprawie literatury o takiej strukturze wiekowej, jest brak wznowień jej nakładów. W tej mierze wypowiadam się również w punkcie 4 niniejszej recenzji.
- Strona edytorska rozprawy prawidłowa, jednakże w trakcie jej studiowania dostrzeżono różnej natury usterki, które przekazano Autorowi, zobowiązując go do ich wykorzystania w przyszłych publikacjach naukowych. Przykłady tych usterek podano niżej, w uwagach szczegółowych.
- W recenzowanej rozprawie, zwraca uwagę ilość i jakość wykorzystanych programów komputerowych, można powiedzieć, że jej Autor jest ich sporym znawcą, jeżeli nie profesjonalistą.
- Budzą uznanie dla Autora rozprawy uzyskane wyniki badań. Pragnę podkreślić fakt biegłego posługiwania się przez Doktoranta, wyposażeniem typowo warsztatowym oraz zaawansowaną aparaturą badawczą i pomiarową. Warto, jeszcze raz, podkreślić posiadanie przez Doktoranta umiejętności w zakresie: sformułowania projektu badawczego, zaplanowania przebiegu badań, akwizycji wyników badań, ich opracowania i interpretacji, oraz formułowania wniosków.
- Cele i tezy rozprawy sformułowano prawidłowo.
- Studium literaturowego tytułowego problemu, jest umiarkowanie krytyczne. Studium to jednakże wystarczająco identyfikuje stan wiedzy, w merytorycznym zakresie rozprawy. W spisie literatury zabrakło co najmniej dwóch pozycji: Wrotkowski Jerzy: Organizacja działalności remontowej w przedsiębiorstwie przemysłowym. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1977 oraz Downarowicz Olgierd: System eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Gdańsk-Radom 1997.
- Pomimo pozytywnych wyników w detekcji ubytków elementów środków technicznych, w zakresie rozróżnialności ubytku elementu

Johanna

powstałego w wyniku procesów jego zużycia i części elementu środka technicznego np. rowka pod połączenie klinowe, można mieć wątpliwości, co do dokładności, w zakresie rozróżnialności tych dwóch „ubytków”.

- Rozprawa nie zawiera spisu rysunków i tablic. Nie zawiera również wykazu oznaczeń i jednostek.

8.2. Uwagi szczegółowe

Redakcja rozprawy i jej szata graficzna, generalnie rzecz ujmując jest prawidłowa. Niemniej jednak Autor rozprawy doktorskiej nie uniknął w tym zakresie usterek. Większość z nich została przekazana jej Autorowi.

W szczególności polegały one na:

- strona 5, 12 wiersz od dołu, Autor napisał: ...badania stanu technicznego, badania stanu technicznego..., ?
- strona 6, 16 wiersz od dołu, Autor napisał: ...wskazało wykazało..., ?
- strona 36, w opisie tablicy 3.2 dotyczącej rodzajów zużycia i uszkodzeń, Autor powołuje się na rysunek 8.4, tymczasem na rysunku tym jest przedstawiony zębnik w wersji 3D bez ubytków w jego tworzywie, w ten sposób niewiele on wnosi do treści wymienionej tablicy,
- strona 48, tablica 4.1 dotycząca zestawienia zabiegów instrukcji demontażu..., Autor operacje demontażu gniazda A, numeruje od 1 do 9, zaś operacje demontażu gniazda B, pozostawia bez numeracji, co wprowadza swoisty niepokój w odczycie jej treści merytorycznych,
- strona 49, 1-3 wiersz od dołu, Autor napisał: W zakresie badań dokonywano pomiarów zarówno elementów z aluminium i stali. Kiedy tworzywo elementu różni się od tworzywa suwmiarki. Zastosowano średnią tych wartości, zatem dla pomiaru elementu aluminiowego wyniesie: tutaj Autor zapisuje stosowny wzór matematyczny. W tym zapisie Autor wykazał się stylistyczną niezręcznością, utrudniającą odbiór przekazywanych treści.
- strona 53, rysunek 4.9 dotyczący wyznaczania błędu skanowania, pomimo jego poprawności merytorycznej, nie można tolerować jego wymiarowania, niezgodnego z zasadami grafiki inżynierskiej,
- strona 106, rysunek 6.10 dotyczący dendrogramu z oznaczeniem zakresu demontażu - rysunek nieczytelny,
- strona 124, 3 wiersz od dołu, Autor zapisał: Zatem konieczne jest skanowanie i każdorazowy obrotem próbki. Co Autor miał na myśli?
- strona 135, 6 i 7 wiersz od góry. W jakim celu Autor, pozostawił prawie cały 6. wiersz bez jakiegokolwiek zapisu?
- strona 169, 11-13 wiersz od dołu. Autor zapisał: Załączono rysunek, który można z łatwością uzyskać z modelu elementu Ostatnia operacja to kontrola ostateczna w zakresie przeprowadzonej

Sebastian

regeneracji. Autorowi tutaj zabrakło kropki, przed słowem „Ostatnia...”

9. Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę teoretyczne i praktyczne osiągnięcia Doktoranta, przedstawione i udokumentowane w recenzowanej rozprawie doktorskiej, posiadaną wiedzę i umiejętności w zakresie planowania, realizacji badań naukowych i ich wykorzystania, przedłożona rozprawa oceniam pozytywnie.

Na podkreślenie zasługuje jej wieloaspektowość, interdyscyplinarność, wykorzystanie w szerokim zakresie wspomaganie komputerowego i jej: naukowe, poznawcze i użytkarne osiągnięcia.

Biorąc pod uwagę wyżej przedstawione, pozytywne oceny, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. **Witolda Janika** pt.: „**Metoda recykulacji środków technicznych z uwzględnieniem inżynierii odwrotnej**”, w myśl art. 12 i 13, ustęp. 1, spełnia wymogi Ustawy o „Stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. Ustaw nr 03.65.595, z dnia 16 kwietnia 2003 r.) i reprezentuje dyscyplinę wiedzy **budowa i eksploatacja maszyn**. Wnoszę więc do Wysokiej Rady Wydziału Technologicznego Mechanicznego Politechniki Śląskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. **Witolda Janika** i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Wnioskuje o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej i proszę Wysoką Radę Wydziału Mechanicznego Technologicznego o pozytywne jego przyjęcie. W uzasadnieniu wniosku o wyróżnienie, pragnę podkreślić jej znaczące walory, w obszarze: naukowym, poznawczym i użytkarnym. Rozprawa doktorska ma charakter opracowania: innowacyjnego i wysoce użytecznego dla teorii i praktyki w obszarze eksploatacji środków technicznych. U podstaw wniosku o wyróżnienie tejże rozprawy, legło również opublikowanie i wydanie książki autorstwa: Witolda Janika i Cezarego Grabowika, pt.: NX – Grip - CAD oraz złożenie dwóch wniosków patentowych, autorstwa Witolda Janika, dotyczących: „Sposobu przygotowania elementu szczególnie do skanowania laserowego” – P.396529/2011 oraz „Sposobu zintegrowanego znakowania elementów” – P.3988009/2012