

**Bolesław PRZYBYLIŃSKI**

e-mail: przyb@utp.edu.pl

Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

**Komputerowe wspomaganie wyboru metody regeneracji elementów maszyn****Wstęp**

Eksploatacja środków technicznych związana jest nierozdzielnie ze stopniowym wyczerpywaniem zapasu niezawodności ich działania, mimo prowadzenia właściwych, przewidzianych dla danej maszyny czy urządzenia czynności obsługowych. Koszty tych działań są wysokie, szczególnie dotyczące napraw. W tym stanie rzeczy istnieje potrzeba poszukiwania rozwiązań je zmniejszających. Jednym z rozwiązań ograniczającym koszty napraw maszyn i urządzeń jest regeneracja, którą oprócz aspektów ekonomicznych należy rozpatrywać także w aspekcie ekologicznym. Odnowa (naprawa) poprzez regenerację zużytych części i zespołów wymiennych jest niezbędną koniecznością w stosunku do użytkowanych maszyn, których produkcja jest już wstrzymana, a których przedwczesne wyeliminowanie z eksploatacji, mimo że maszyna mogłaby jeszcze wydajnie pracować, jest nieuzasadnione, jak również w stosunku do maszyn nowych chociażby ze względu na potrzebę oszczędzania zasobów naturalnych przyrody.

Regeneracja ma na celu przywrócić zużytemu częściom cechy eksploatacyjne, charakterystyczne (właściwe) dla części nowych poprzez zastosowanie odpowiednich technologii regeneracji, a w przypadku zespołów poprzez wykorzystanie w trakcie naprawy części fabrycznie nowych oraz uprzednio zregenerowanych.

Koszty regeneracji części maszyn [Muzalewski, 2009; Tomczyk, 2004; Wójcicki i Szeptycki, 2003; Grześ, 2000] stanowią 30-60% kosztów wytwarzania części nowych, zwłaszcza, gdy ich proces odnowy jest przeprowadzany metodami przemysłowymi w wyspecjalizowanych zakładach naprawczych.

Wynika to z istoty procesu regeneracji powodującego znacznie mniejsze nakłady materiałowe i energetyczne w porównaniu z technologiami wytwarzania części nowych.

Oprócz korzyści finansowych regeneracja części maszyn i urządzeń technicznych stanowi istotny aspekt poszanowania norm Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska, gdyż wpływa korzystnie na ochronę wyczerpywanych zasobów naturalnych (rudzi metali, nośniki energii, itp.), degradację środowiska przy ich wydobywaniu (szkody górnicze) i przetwarzaniu na gotowe produkty i wyroby użytkowe [Tomczyk, 2007].

Mimo wymienionych wyżej korzyści, regeneracja części oraz odnowa podzespołów i zespołów wymiennych nie jest dostatecznie doceniana w gospodarce narodowej. Wynikać to może z trudności ustalenia racjonalnego zakresu jej stosowania. Decyzja o odnowie części lub zespołu poprzez regenerację podejmowana winna być w oparciu o głęboką analizę ekonomicznych, technologicznych, technicznych, eksploatacyjnych, organizacyjnych oraz szczególnych kryteriów (tab. 1) [Przybyliński, 2011].

Przedstawione w tab. 1 kryteria zawierają wiele parametrów szczegółowych wpływających na ich wartość graniczną. Istotnego znaczenia nabiera w związku z tym opisanie wszystkie cech kryteriów wielkościami mianowanymi. Jest to zadanie trudne, wymagające dużego wysiłku, jednakże korzyści wynikające ze stworzenia banku danych są bardzo istotne. Bank danych o strukturze otwartej (permanently uzupełniany) stanowi podstawę programu komputerowego wspomagającego podjęcie decyzji o regeneracji, ale także wskazującego konkretne rozwiązanie techniczno-technologiczne regeneracji.

**Podstawowe dane do budowy komputerowego programu doradczego wyboru metody regeneracji części maszyn**

Podejmowanie decyzji o celowości i metodzie regeneracji elementu maszynowego powinno być oparte o wybór, z otwartego zbioru dopusz-

Tab. 1. Podstawowe czynniki warunkujące celowość regeneracji

Kryteria	Podkryteria
Kryteria ekonomiczne	Liczba części do regeneracji, zapotrzebowanie na części regenerowane, koszty pozyskania części nadających się do regeneracji, stopień odzysku części do regeneracji, formy współpracy w zakresie obrotu częściami, koszty działań marketingowych, kalkulacja kosztów ogólnych regeneracji, wartość zużytych materiałów do regeneracji, wartość zużytej energii, koszt robocizny regeneracji, cena części regenerowanej, zysk zakładu wykonującego regenerację, zysk podmiotów kooperujących, zysk użytkowników maszyn i urządzeń, koszty dystrybucji części zregenerowanych, itp.
Kryteria eksploatacyjne	Funkcjonalność, zapotrzebowanie na części regenerowane, współczynnik trwałości części regenerowanej, możliwość zamienności części, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową, krotność regeneracji danej części, odporność na zużycie ścierne, skutki przedwczesnego uszkodzenia części zregenerowanej (złamanie, zużycie, pęknięcie, wykruszenie, itp.) dla obsługi i środowiska, itp.
Kryteria techniczne	Analiza procesu zużycia elementu w eksploatacji, rodzaje części (materiał i geometria), rola części w maszynie (skutki ewentualnej awarii), typowanie części do regeneracji, rozpoznanie parametrów technicznych regeneracji (rodzaj materiałów), wybór metody regeneracji, próby wstępne części zregenerowanych, badania zregenerowanych części pod względem trwałości i niezawodności, itp.
Kryteria technologiczne	Dobór materiałów, projekt procesu technologicznego regeneracji, dobór maszyn i urządzeń obróbkowych, narzędzi i przyrządów pomiarowych, dobór właściwych parametrów prowadzenia zabiegów regeneracji, wymagania w stosunku do stanu powierzchni i kształtu elementu, gabaryty i ciężar części, liczba elementów, itp.
Kryteria organizacyjne	Ustalenie sieci zakładów zajmujących się regeneracją, poziom techniki naprawczej, kwalifikacje pracowników, park maszynowy, specjalizacja regeneracji, logistyka w zakresie regeneracji (magazyny, transport, łączność), zaopatrzenie w części zamienne, itp.
Kryteria szczególne	Unikalność i nietypowość części, wypadki losowe, brak części zamiennych, wywiązanie się z kontraktów, itp.

czalnych rozwiązań takiego, które z wykorzystaniem określonego algorytmu, pozwala wyznaczyć wartość optymalną – często ekstremalną. Rozważania należy prowadzić wykorzystując wiedzę dotyczącą warunków pracy elementu (obiektu), sposobu jego sterowania oraz innych czynników określających własności obiektu (maszyny). Jeśli pozyskane dane są precyzyjne i spełniają przyjęte reguły można je wykorzystać do zbudowania programu komputerowego zastępującego działanie specjalisty (eksperta).

Istotną korzyść z takiego rozwiązania to możliwość bardzo szybkiego przetwarzania dużych ilości danych, a tym samym krótki czas potrzebny do podjęcia decyzji o regeneracji a jednocześnie, dzięki zapisanym w programie komputerowym opcjom kojarzenia rozwiązania problemu, komputer podpowiada decydentowi (technologowi) możliwe warianty rozwiązań, tak aby mógł on podjąć ostateczną decyzję. Takie rozwiązanie w ogólnych przypadkach nazywane jest systemem wspomaganie decyzji - SWD.

W tym kontekście można stwierdzić, iż program komputerowy, działając w sposób zbliżony do procesu rozumowania człowieka, pozwala wykonać złożone zadania o dużych wymaganiach intelektualnych i robi to tak dobrze jak człowiek, który jest ekspertem w tej dziedzinie. Jednocześnie istotnym jest fakt, że program komputerowy jedynie wspomaga, a nie zastępuje człowieka w podejmowaniu decyzji.

Wymienione wyżej zalety programu komputerowego, wspomagającego technologia w przeprowadzeniu procesu technologicznego regeneracji elementu maszynowego, będą osiągnięte pod warunkiem dostarczenia do programu bazy danych, która ze względu na wymienione w tab. 1 podkryteria oraz wiele technologicznych metod regeneracji (rys. 1) powinna być bardzo rozbudowana. W kompleksowym progra-

mie komputerowym wspomagającym wybór regeneracji powinny być zaimplementowane również inne informacje, chociażby takie jak pokazane na rys. 2.



Rys. 1. Podstawowe dane do budowy programu komputerowego wspierającego wybór metody regeneracji części maszyn



Rys. 2. Podstawowe informacje do budowy programu komputerowego wspierającego wybór metody regeneracji części maszyn

Budowa takiego kompleksowego programu wymaga ogromnej wiedzy oraz czasu na jego stworzenie. Z tego względu przyjęto rozwiązanie polegające na budowie programów komputerowych, które wspomagają wybór technologii regeneracji spośród głównych, różniących się między sobą metod: cieplnych, galwanicznych, chemicznych, z zastosowaniem tworzyw sztucznych, poprzez wymiary naprawcze, czy też regeneracji odształceń plastycznych.

Najszerzy zakres wykorzystania, ze względu na gamę urządzeń i materiałów, znajdują ciepłe metody regeneracji. Jednakże, ze względu na mogące towarzyszyć procesom cieplnym zjawiska fizykochemiczne zachodzące w materiale regenerowanym należy każdorazowo bardzo szczegółowo rozpatrzyć dane wejściowe dotyczące materiału elementu, jego wymiarów geometrycznych i masy, kształtu i wymiarów odnawianej powierzchni, wymagań i warunków odbioru zregenerowanej warstwy wierzchniej oraz warunków pracy odnowionego elementu zużytego [Adamiec i in., 2006].

Prowadząc rozważania o sposobie regeneracji elementu maszynowego należy precyzyjnie wyznaczyć zadania i określić reguły, które mogą

posłużyć do zbudowania programu komputerowego wspomagającego działanie decydenta-technologa. Zadaniem programu komputerowego jest głównie gromadzenie, przetwarzanie i przechowywanie informacji bezpośrednio dla potrzeb podejmowania decyzji. Z tego względu winien być interakcyjny, elastyczny, adaptowalny, zapewniający łatwy w użyciu interfejs i pozwalający na własny wgląd decydenta, dając możliwość połączenia najlepszych możliwości zarówno człowieka jak i komputerów.

Aby tak się stało, program powinien zawierać takie komponenty funkcjonalne, jak *podsystem komunikacji* – ułatwiający użytkownikowi współpracę z programem, *podsystem rozwiązywania problemów* – zapewniający automatyczną lub interakcyjną obsługę pytań związanych z podejmowaniem decyzji oczywistych i nieoczywistych, *podsystem zarządzania bazą danych* – ułatwiający utrzymanie (zakładanie, aktualizację, restrukturyzację) oraz dogodne korzystanie ze zgromadzonych zasobów danych oraz *bazę danych* – zawierającą zestaw danych opisujących głównie procesy technologiczne regeneracji oraz inne dane faktograficzne niezbędne w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych.

Program można tworzyć od nowa lub też do jego budowy wykorzystać programy szkieletowe. W przypadku programu wspomagającego wybór metody regeneracji przydatnym może być program *PC-Shell*. Zgromadzenie danych i ich wprowadzenie zgodnie z przejrzystym interfejsem użytkowym tego programu umożliwiło zbudowanie programu komputerowego wspomagającego wybór technologii regeneracji pt.: *Technologia napawania elementów maszyn*.

Wykorzystano w programie podstawowe dane katalogowe dotyczące najpowszechniej stosowanych materiałów, z których wykonywane są metalowe części maszynowe (stal, żeliwo, aluminium, itd.), postaci i właściwości materiałów regeneracyjnych (elektrody, druty proszkowe, proszki, druty lite) oraz urządzeń spawalniczych. Duża różnorodność każdego z wymienionych wyżej dostępnych na rynku materiałów i urządzeń spawalniczych umożliwiła w programie uzyskanie zalecenia co do wyboru najlepszego technologicznego procesu odnowy zużytej części maszynowej napawaniem.

## Zakończenie

Komputerowe wspomaganie podejmowania różnorodnych decyzji stało się obecnie rzeczą oczywistą. W zależności od pola działania programy komputerowe są bardziej lub mniej rozbudowane – w każdym przypadku muszą być oparte na właściwej bazie danych, tworzonej na podstawie różnych źródeł (literaturowych, katalogowych, ankiet, własnych doświadczeń, itp.). Wspomniany wyżej program wyboru metody ma zastosowanie we właściwym zaprojektowaniu procesu technologicznego regeneracji elementów maszyn napawaniem. Stanowi on podstawę dalszych działań, której najpierw dotyczyć będą rozszerzenia działania programu na pozostałe metody cieplne, a następnie na inne metody regeneracji.

## LITERATURA

- Adamiec P., Dziubiński J., Filipczyk J., 2002. *Technologia napraw pojazdów samochodowych*. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice
- Grudziński J., 2006. *Systemy informacyjne w odnowie ciągników i maszyn rolniczych*. Rozprawy, z. 311, Wyd. Akad. Roln., Lublin
- Grześ Z., 2000. Metoda aktualizacji wskaźnika kosztów napraw maszyn rolniczych nowej generacji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 3, 39-46.
- Muzalewski A., 2009. *Koszty eksploatacji maszyn*. IBMER, Warszawa
- Przybyliński B., 2011. Conditions for the renewal of used components of machinery and equipment. *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*, 42, 175-187.
- Tomczyk W., 2004. System regeneracji – tak, ale jak go zorganizować? *Technika Rolnicza-Ogrodnicza – Leśna*, nr 6, 6-10.
- Tomczyk W., 2007. Efektywność regeneracji części maszyn w aspekcie ochrony środowiska. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52, nr 2, 57-60
- Wójcicki Z., Szeptycki A., 2003. Prognoza przemian w motoryzacji polskiego rolnictwa. *Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna*, nr 1, 2-4.

**Pracę zrealizowano w ramach projektu: Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn nr WND-POIG.01.03.01-00-212/09.**