ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1998
Seria: TRANSPORT z. 34 Nr kol. 1396

Joachim IREK
Ryszard MOLĘDA

METODA PARAMETRYCZNO–RANGOWA OCENY PRZEKŁADNI ZĘBATYCH DLA POTRZEB CERTYFIKACJI

Streszczenie. W referacie przedstawiona jest metoda parametryczno–rangowa oraz propozycje w zakresie założeń i kryteriów umożliwiających ocenę przekładni zębatych w odniesieniu do najwyższych światowych osiągnięć w ich produkcji. Opracowane procedury wg przedstawionej w referacie metody stanowić będą narzędzie pracy (metodę badań) przeprowadzania certyfikacji dobrowolnej przekładni zębatych na zastrzeżony przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji znak jakości „Q". Podstawą do certyfikacji na ten znak jest przyjęcie do stosowania przez Dostawców ubiegających się o znak kryteriów szczegółowych zawartych w tej metodyce.

PARAMETRIC AND RANK METHOD TO CERTIFY TOOTHED GEARS

Summary. In the paper a parametric and rank method is presented with assumptions and criteria for evaluation of toothed gears in relation to the highest world production achievements. On the base of this method procedures - as a tool of research methodology - will be elaborated to conduct , for any toothed gears, a certificate process for obtaining the mark of quality Q reserved by the Polish Research and Certification Center. To get this mark the suppliers of toothed gears must accept detailed criteria of the method

1. WSTĘP

W kraju jak, również w świecie brak jest opracowania umożliwiającego w sposób jednoznacznie wymierny ocenić jakość przekładni zębatej. Problem przedstawiony w niniejszym referacie jest konsekwentną kontynuacją teoretycznych i doświadczalnych badań, zagadnień oceny jakości maszyn. Jednocześnie jest etapem do dalszych prac teoretycznych weryfikującym dotychczasowe rozwiązania, przystosowując je do nowych warunków i okoliczności wynikających z możliwości ubiegania się Dostawców o znak jakości „Q" dla

swoich wyrobów. Istotą jest porównanie rzeczywistych wartości parametrów mierzalnych cech ocenianej przekładni zębatej z odpowiadającymi im wartościami parametrów modelu wzorcowego z uwzględnieniem przypisanych rang.

Podstawą naukowego warsztatu oceny jakości przekładni dla potrzeb certyfikacji stanowi metoda parametryczno–rangowa wyposażona w zbiory wartości parametrów przekładni zębatych. W zbiorze tym znajdują się parametry dwóch do trzech już wykonanych przekładni najwyższej klasy światowej oraz jednej lub dwóch przekładni zębatych o najwyższej klasie produkcji krajowej, a także przekładni ocenianej. Metoda ta charakteryzuje się tym, że umożliwia ona dla ocenianej przekładni zębatej określenie wartości uogólnionego wskaźnika jakości „K", która współdecyduje o klasie jakości. Wskaźnik ten jest sumą iloczynów jednostkowych wskaźników jakości „k" i współczynników ważkości (rang). Jednostkowe wskaźniki wynikają z ilorazu wartości poszczególnych parametrów ocenianej przekładni w stosunku do odpowiadających im parametrom z modelu wzorcowego. Najwyższe (najlepsze) parametry wybrane spośród rzeczywistych wartości parametrów – określonych według opracowanych modeli – ze zbioru ukształtowanego w postaci macierzy, w której każdy wiersz odnosi się do jednej przekładni, a każda kolumna odnosi się do tego samego parametru z każdej przekładni, tworzą tzw. model wzorcowy. W modelu tym każdy parametr został już osiągnięty w co najmniej jednym rzeczywistym wyrobie. Taki model wzorcowy jest odniesieniem, w stosunku do którego ocenia się jakość rozpatrywanej przekładni zębatej.

Upraszczając zagadnienie, można powiedzieć, że ocena prowadzona będzie poprzez porównanie ocenianej przekładni zębatej z tak zwanym modelem wzorcowym. Odnośnie do tego czy przekładnia kwalifikuje się do znaku jakości „Q" (lub ewentualnie „1"), decydować będą:

- wartość uogólnionego wskaźnika jakości „K",
- wartość i ilość jednostkowych wskaźników jakości „k", jaka jest niezbędna do uzyskania znaku jakości „Q".

Podjęcie tego tematu w Głównym Instytucie Górnictwa wynika z tego, że GIG działając od wielu lat w obszarze atestacji odnośnie do kwalifikacji maszyn do bezpiecznego stosowania w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, ciągle poszukuje wśród Producentów krajowych wyrobów o najwyższej klasie światowej, co ma odzwierciedlać znak jakości „Q" uzyskany poprzez certyfikację dobrowolną przeprowadzoną w Jednostce Certyfikującej Wyroby (GIG), w ramach nadanych przez PCBC – certyfikatem akredytacji wg PN – EN 45011 Nr 38/Cw-42/1/96 z ważnością do 30.12.1999r. – uprawnień.

2. OGÓLNE ZASADY METODY PARAMETRYCZNO–RANGOWEJ

Uogólniony wskaźnik jakości „K" ocenianej przekładni zębatej oblicza się wg wzoru

$$K = \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot w_i \leq 1 \tag{1}$$

gdzie:

$i = 1, 2, 3, \ldots, n$ – indeks kolejnej (i – tej) cechy ocenianej przekładni,

k_i – jednostkowy wskaźnik jakości kolejnej (i – tej) cechy ocenianej przekładni,

w_i – współczynnik ważkości kolejnej (i – tej) cechy ocenianej przekładni.

Ze zbioru parametrów rzeczywistych przekładni zębatych produkcji najwyższej klasy światowej i krajowej oraz przekładni ocenianej wybiera się najważniejsze (decydujące) parametry p_{ij} – określone w procedurach – i zestawia się macierz:

$$[p_{ij}] = \begin{vmatrix} p_{11}\ p_{21} \cdots p_{i1} \cdots p_{n1} \\ p_{12}\ p_{22} \cdots p_{i2} \cdots p_{n2} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ p_{1j}\ p_{2j} \cdots p_{ij} \cdots p_{nj} \\ p_{1m} p_{2m} \cdots p_{im} \cdots p_{nm} \end{vmatrix} \tag{2}$$

Wiersz macierzy odnosi się do jednej przekładni ze zbioru j przekładni i składa się z kolejnych cech (parametrów) danej przekładni. Każda kolumna macierzy odnosi się do jednej cechy ze zbioru i cech (parametrów) i składa się z pojedynczych wartości parametrów tej cechy każdej przekładni rozpatrywanego zbioru j przekładni.

Wybierając parametry do macierzy, należy pamiętać, by były to maksymenty. W przypadku minimentów do macierzy należy wstawić ich odwrotności.

Z każdej kolumny macierzy wybiera się maksymalny parametr, przyjmując go jako parametr bazowy ($p_{ij}max = b_i$) modelu wzorcowego

$$[b_i] = [b_1 \quad b_2 \ldots b_i \ldots b_n] \tag{3}$$

Zbiór parametrów bazowych przedstawia dynamiczny model umowny przekładni zębatej wzorcowej, posiadający najlepsze parametry, z których każdy został już osiągnięty w co najmniej jednej rzeczywistej przekładni zębatej. Jednostkowy wskaźnik jakości k_i dla kolejnych (i–tych) cech ocenianej przekładni oblicza się wg wzoru

$$K_i = \frac{p_i}{b_i} \leq 1 \tag{4}$$

gdzie:

p_i – rzeczywista wartość kolejnej (i–tej) mierzalnej cechy ocenianej przekładni.

W przypadku cech niemierzalnych ich wartości określa się za pomocą punktów określonych w procedurach.

b_i – wzorcowy wskaźnik (parametr) bazowy kolejnej (i – tej) cechy, wynikający z modelu wzorcowego, określonego wzorem (3).

Współczynnik ważkości – w_i ustala się według wzoru

$$W_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^{n} r_i} \tag{5}$$

gdzie: r_i – cząstkowa ranga danej cechy ocenianej przekładni zębatej, przy czym suma współczynników ważkości (w_i) dla każdej rozpatrywanej przekładni równa się jedności

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{6}$$

W tym celu cechy ocenianej przekładni zębatej dzieli się na stopnie przypisując każdemu ze stopni odpowiednią rangę wyrażoną liczbą, np. jak poniżej w tabeli 1.

Tabela 1

Stopnie cech i odpowiadające im rangi

Stopień cechy	Ranga cechy – r_i
Cecha główna	5
Cecha bardzo ważna	3
Cecha ważna	2
Cecha uzupełniająca	1

Rzeczywisty podział w procedurach.

Przyporządkowanie parametrów przekładni zębatych do poszczególnych stopni cech w procedurach.

Zaleca się, aby w metodzie parametrowo – rangowej struktura cech (wskaźników) ocenianej przekładni była następująca:

- cechy główne w ilości 10)20 %
- cechy bardzo ważne w ilości 20)40 %
- cechy ważne w ilości 30) 50 %
- cechy uzupełniające w ilości 10) 20 %.

Podstawową zaletą przedstawionej tu metody jest jej dynamiczny charakter, tzn. że do zbioru parametrów mogą być wprowadzane w sposób ciągły parametry przekładni o wyższej jakości już wyprodukowanej.

3. KRYTERIA OGÓLNE DLA PRZEKŁADNI ZĘBATYCH KWALIFIKOWANYCH DO ZNAKU JAKOŚCI „Q"

Można je przykładowo scharakteryzować w sposób następujący:

1. Przekładnia zębata powinna spełniać wymagania odnośnie do bezpieczeństwa i higieny pracy zawarte w normach i przepisach dotyczących budowy i eksploatacji maszyn i urządzeń, a szczególnie w normach wykazanych do obowiązkowego stosowania w rozporządzeniach:
   - Ministra Gospodarki z dnia 15 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Norm Branżowych (Dz. U. z 1997 r. Nr 129, poz. 842) oraz zmieniające rozporządzenie w sprawie

wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm i Norm Branżowych (Dz. U. z 1997r. Nr 129, poz.843).

- Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 8 lutego 1994 r. w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm i Norm Branżowych. dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 1994 r. Nr 37, poz. 138),

oraz powinna spełniać wymagania zawarte w obwieszczeniu MPiPS z dnia 17 maja 1995 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia MPiPS w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. z 1995r. Nr 69, poz. 351).

2. Uogólniony wskaźnik jakości powinien się znajdować w przedziale $0{,}890 \leq K \leq 1{,}000$.
3. Żaden jednostkowy wskaźnik jakości nie powinien mieć mniejszej wartości od 0,750.
4. Więcej niż 40% rozpatrywanych jednostkowych wskaźników jakości nie może mieć wartości mieszczących się w przedziale $0{,}750 \div 0{,}890$.
5. Jeżeli więcej niż 40 % rozpatrywanych jednostkowych wskaźników jakości mieści się w przedziale $0{,}750 \div 0{,}890$, to kwalifikowana przekładnia – pomimo uogólnionego wskaźnika jakości mieszczącego się w przedziale granicznych wartości odpowiadających znakowi jakości „Q" (najwyższy światowy) – może być ewentualnie zakwalifikowana tylko do znaku jakości „1" (wysoki światowy).
6. Powinny być spełnione dodatkowe wymagania w zakresie stabilności jakości kwalifikowanej przekładni zębatej udokumentowanej posiadaniem przez producenta wdrożonego systemu zarządzania jakością zgodnego z wymaganiami normy PN – ISO 9001:1996 certyfikowanego przez uprawnioną jednostkę.

4. ZAŁOŻENIA OGÓLNE PRZEPROWADZANIA CERTYFIKACJI PRZEKŁADNI ZĘBATEJ

Podstawowym znaczeniem dla praktycznego wykorzystania przedstawionej w referacie metody jest opracowanie procedur, które stanowić będą metodykę badań przeprowadzania certyfikacji dobrowolnej przekładni zębatych na zastrzeżony przez PCBC znak jakości „Q".

Założenia dla opracowania procedur oceny certyfikacyjnej przekładni zębatych można przedstawić w następujących punktach:

A. Pozyskać sponsorów (a) do sfinansowania opracowania procedur, którymi mogliby być. np. Producenci przekładni zębatych zamierzających ubiegać się o znak jakości „Q" dla swoich wyrobów, wespół z Komitetem Badań Naukowych i inni.

B. Opracowanie procedur mogłoby być wykonane w Jednostce Certyfikującej Wyroby GIG we współpracy z Politechniką Śląską, Instytutami – jednostkami badawczo – rozwojowymi, KBN, PCBC, producentami przekładni zębatych oraz innymi instytucjami.

C. Podstawę do określenia parametrów technicznych oraz opracowania modeli najistotniejszych cech (parametrów), które charakteryzowałyby przekładnie zębate. stanowiłyby:

- dokumentacje techniczne producentów przekładni zębatych,
- najnowsze opracowania naukowe zawarte: w publikacjach wyższych uczelni. placówek naukowo – badawczych, biur konstrukcyjnych. producentów i użytkowników oraz zawarte w podręcznikach – krajowych i zagranicznych – dotyczących przekładni zębatych,
- aktualnie ważne, wprowadzone do obowiązkowego stosowania normy oraz właściwe przepisy prawne, jak np. rozporządzenia, ustawy, zarządzenia. obwieszczenia, itp. Dotyczące budowy i eksploatacji maszyn i urządzeń,
- wieloletnie doświadczenie pracowników Jednostki Certyfikującej Wyroby GIG w zakresie prowadzenia oceny jakości maszyn i urządzeń górniczych oraz w ostatnich latach w zakresie opracowywania procedur certyfikacyjnych dla maszyn i urządzeń.
- wyniki pomiarów i badań wykonywanych przez producentów oraz laboratoria specjalistyczne – akredytowane.

D. Bieżące konsultacje z przedstawicielami jednostek uczestniczących w opracowaniu procedur oraz konsultacje z PCBC dotyczące, np. ustalenia ilości i jakości parametrów oraz kształtu modeli cech z nich utworzonych, jak również ustalenia przedziału dla uogólnionego wskaźnika jakości „K", ilości i wartości jednostkowych wskaźników jakości „k", w tym również wartości rang dla poszczególnych cech (parametrów).

E. Opracowane procedury powinny w sposób bezpośredni i jednoznacznie wymierny ocenić jakość przekładni zębatej, a wyniki badań powinny być przedstawione na specjalnie opracowanym druku, który zawierać powinien: wszystkie dane, przeliczenia oraz wartości wyliczone wraz z uwarunkowaniami i wnioskiem końcowym.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w referacie zagadnienie pozwala sformułować następujące wnioski:

- metoda parametryczno–rangowa umożliwia porównywanie przekładni zębatych produkcji krajowej w odniesieniu do przekładni produkcji najwyższej klasy światowej w sposób jednoznacznie wymierny, zarówno z punktu widzenia producenta, jak i użytkownika,
- dynamiczny charakter modelu wzorcowego, będący odniesieniem (wzorcem), będzie stymulatorem dla producentów przekładni zębatych wymuszającym podnoszenie jakości swoich wyrobów,
- procedury oceny certyfikacyjnej przekładni zębatych opracowane w konsultacji (współpracy) z naukowcami, producentami oraz przedstawicielami PCBC i użytkownikami rokują pewność, że kryteria szczegółowe zawarte w tych procedurach zostaną przyjęte przez dostawców ubiegających się o znak jakości „Q".

Przedstawione zagadnienie jest istotne zarówno dla producentów, jak i użytkowników przekładni zębatych. Wynika z niego możliwość uzyskania korzyści ekonomicznych poprzez lepszą konkurencyjność, gdyż w obecnym czasie wyższe: jakość, niezawodność, bezpieczeństwo stanowią podstawowe kryterium oceny przydatności stosowania przekładni zębatych.

Referat powstał jako wynik dotychczasowych badań przeprowadzonych w ramach realizacji prac związanych z oceną i certyfikacją maszyn i urządzeń.

LITERATURA

1. Müller L.: Przekładnie zębate – projektowanie. Wyd. WNT, Warszawa 1979.
2. Müller L., Wilk A.: Zębate przekładnie obiegowe. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
3. Dziama A., Michniewicz M., Niedźwiecki A.: Przekładnie zębate. Wydanie 2. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1995.

4. Skoć A., Spałek J.: Analiza awaryjności przekładni zębatych zespołów napędowych maszyn górniczych, ze szczególnym uwzględnieniem kół stożkowych. Maszyny Górnicze. KOMAG Gliwice, 1994, (XII) nr 3/48, s. 33-37.
5. Skoć A., Spałek J., Stachurski J., Suchoń J.: Nowej generacji przekładnie planetarne do napędu wysoko wydajnych przenośników górniczych. W: VI Konferencja Naukowo – Techniczna „Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych", Ustroń – Zawodzie, 5-7.11.1997, s. 147-154.
6. Cholewicka–Goździk K.: Systemy oceny poziomu technicznego wyrobów. Centrum Analiz Wartości. TNOIK / Oddział Warszawski. Warszawa 1984.
7. Duczmal M.: Opracowanie wytycznych dla ustalenia kryterium oceny poziomu technicznego i jakości grup maszyn i urządzeń górniczych. Praca naukowo – badawcza GIG, Katowice 1979. Symbol pracy 203.02.04.16.
8. Zespół autorski pod kierunkiem Molędy R.: Weryfikacja kompleksowej metody oceny poziomu technicznego maszyn i urządzeń na przykładzie kombajnów, przenośników i wyrobisk górniczych. Praca naukowo – badawcza, Katowice 1989.
9. Zespół autorski pod kierunkiem Molędy R.: Ocena poziomu technicznego maszyn i urządzeń z zastosowaniem mikrokomputera 16-bitowego IBM PC na przykładzie spągoładowarki i pomp głównego odwadniania. Praca naukowo – badawcza, Katowice 1990.
10. Polski Komitet FSNT NOT ds. Ergonomii i Ochrony Pracy, Centralny Instytut Ochrony Pracy, Centralne Biuro Jakości Wyrobów. Materiały Konferencji Naukowo – Technicznej „Certyfikacja maszyn i środków ochronnych w zakresie wymagań bezpieczeństwa pracy według zasad europejskich", Warszawa 09.01.1992.

Recenzent: Dr hab.inż. Piotr Adamiec
Prof.Politechniki Śląskiej

Abstract

Method presented in the paper, consisting in chracterization of gears by rank parameters, makes possible comparison of toothed gear with the pattern. The pattern is made based on the best parameters chosen from the real set of parameters featuring a toothed gear of the highest

world and domestic class. In the paper the criteria and assumptions are given in order to prepare procedures for obtaining, in case of any toothed gear , a certificate for the mark of quality Q reserved by the Polish Research and Certification Center.