

Jan Dębiec

Instytut Maszyn i Urządzeń
Energetycznych

Stanisław Sapa, Edward Żukowski
Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne
Przemysłu Węglowego

**METODA OCENY JAKOŚCI POMP NA PRZYKŁADZIE POMP WIROWYCH
PRZEZNACZONYCH DO POMPOWANIA WODY
Z ZAWARTOŚCIĄ DROBNOZIARNISTYCH CIAŁ STAŁYCH**

Streszczenie. Omówiono znaczenie analizy walorów techniczno-ekonomicznych i oceny jakości wyrobów przemysłowych dla unowocześnienia i rozwoju ich produkcji. Podano podstawowe założenia proponowanej metody oceny jakości wyrobów przemysłowych. Sformułowano szczególnie metodę oceny jakości pomp wirowych przeznaczonych do pompowania wody z zawartością drobnoziarnistych ciał stałych.

1. Wstęp

Jednym z czynników wpływających w istotny sposób na rozwój produkcji przemysłowej i tym samym na zaspokajanie istniejącego zapotrzebowania na jej wyroby jest jakość tych wyrobów. Istnieje więc potrzeba ciągłego doskonalenia poziomu technicznego wyrobów przemysłowych, czego podstawę stanowi analiza ich walorów techniczno-ekonomicznych. Analiza ta umożliwia właściwą ocenę poszczególnych, często bardzo różnych cech wyrobu składających się na jego jakość.

Jakość jest więc tutaj rozumiana jako zbiór cech i właściwości decydujących o stopniu przydatności wyrobu w spełnianiu wymagań zgodnych z jego przeznaczeniem.

Analiza jakości pozwala na ujawnienie ewentualnych niedomagań czy słabych stron wyrobu, a sporządzona na jej podstawie ocena jakości staje się czynnikiem inicjującym unowocześnianie współczesnej produkcji przemysłowej.

Z tego względu analiza jakości powinna nie tylko zapewniać możliwość oceny konstrukcji istniejących i aktualnie wdrażanych, ale równocześnie winna stawiać przed naukowcami i konstruktorami wyraźne i określone zadania w zakresie konstrukcji bardziej nowoczesnych.

Stosowana dotychczas w kraju metoda oceny poziomu technicznego wyrobów, czyli tzw. klasyfikacja wyrobów wg grup nowoczesności A, B, C polega w ogólnym zarysie na bezpośrednim porównywaniu cech charakterystycznych wyrobu ocenianego i wzorcowego. Na tej podstawie osądza się następnie, czy cechy

wyrobu ocenianego są lepsze, równe, czy gorsze od odpowiednich cech wyrobu wzorcowego. W zależności od wyniku powyższego porównania ustala się grupę nowoczesności wyrobu, A, B, bądź C.

Metoda ta nie obejmuje w sposób kompleksowy wszystkich czynników wpływających na jakość wyrobu i nie uwypukla wpływu na nią poszczególnych cech.

Z tych względów wydaje się celowe opracowanie takiej metody oceny jakości wyrobów, która eliminując wymienione niedoskonałości pozwalałaby na określanie jakości w sposób bardziej jednoznaczny np. za pomocą jednego wskaźnika liczbowego.

W niniejszym artykule przedstawiono próbę ujęcia zagadnienia oceny jakości pomp wlotowych wykorzystując "Ogólną metodę określania poziomu jakości urządzeń kopalnianych i urządzeń do wzbogacania" [1].

2. Podstawowe założenia proponowanej metody oceny jakości wyrobów przemysłowych

W ogólnym ujęciu proponowana metoda oceny jakości wyrobów przemysłowych polega na określaniu liczbowego wskaźnika jakości wyrobu K . Wskaźnik ten powstaje jako wynik porównania cech charakterystycznych wyrobu ocenianego i wzorcowego przy równoczesnym uwzględnieniu ważności poszczególnych cech.

Dla oceny jakości wyrobu należy więc ustalić, które cechy charakterystyczne są dla niego reprezentatywne i mogą być przyjęte do oceny.

Dla ustalonych cech charakterystycznych należy określić następnie ich wartości liczbowe w odniesieniu do wyrobu ocenianego i wzorcowego oraz ocenić ich ważność.

Za wyrób wzorcowy może być uznany wyrób istniejący o najwyższych w skali światowej walorach techniczno-ekonomicznych bądź też wyrób hipotetyczny uwzględniający aktualny stan techniki, istniejące normy, wytyczne i zalecenia np. RWPg.

Proponowany wskaźnik jakości K jest sumą iloczynów wskaźników cząstkowych k_i i współczynników ważności δ_i charakterystycznych cech wyrobu

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \delta_i$$

Maksymalna wartość wskaźnika jakości wyrobu może wynosić $K = 1$ i oznacza wyrób najwyższej jakości dorównujący jakością wyrobowi wzorcowemu.

Wskaźniki cząstkowe $k_i = \frac{a_{oi}}{a_{wi}}$ bądź $k_i = \frac{a_{wi}}{a_{oi}}$ przedstawiają stosunki wartości liczbowych poszczególnych cech charakterystycznych wyrobu ocenianego a_{oi} i wzorcowego a_{wi} .

Wskaźniki cząstkowe należy przy tym ustalać w ten sposób, aby ich wzrost oznaczał zawsze poprawę jakości wyrobu ocenianego.

Wskaźnik cząstkowy $k_i = \frac{a_{oi}}{a_{wi}}$, jeżeli wzrost wartości charakterystycznej ocenianego wyrobu oznacza poprawę jego jakości (np. wzrost sprawności), bądź też $k_i = \frac{a_{wi}}{a_{oi}}$ gdy wzrost danej wartości cechy charakterystycznej pogarsza jakość wyrobu (np. wzrost masy).

W założeniach proponowanej metody przyjęto, że wskaźnik cząstkowy k_i nie powinien osiągać wartości większej od jedności - $k_i \leq 1,0$. Jeżeli więc z porównania wartości danej cechy charakterystycznej wyrobu wynika wskaźnik cząstkowy $k_i > 1,0$ należy do obliczeń wskaźnika jakości wyrobu K przyjąć skorygowaną wartość tego wskaźnika cząstkowego $k_i = 1,0$. Wyklucza to nieuzasadnione zawyżanie wskaźnika jakości K wynikające z wysokich niektórych tylko wskaźników cząstkowych (np. wykazanie wysokiego wskaźnika jakości pompy wirowej dzięki jej wyjątkowo wysokiej sprawności uzyskanej w wyniku zbyt cienkich łopatek wirnika i kierownicy, mimo że takie łopatki obniżają trwałość układu przepływowego pompy). Współczynniki ważności δ_i poszczególnych wskaźników cząstkowych k_i umożliwiają właściwą, odpowiadającą przeznaczeniu wyrobu ocenę cech charakterystycznych, przy czym $\sum_{i=1}^n \delta_i = 1,0$.

3. Ogólne zasady doboru podlegających ocenie cech charakterystycznych wyrobu

Cechy charakterystyczne przyjęte do oceny jakości powinny tworzyć zespół w pełni reprezentatywny dla danego wyrobu. Zespół taki powinien ujmować wszystkie cechy wyrobu decydujące o jego jakości i spełniać następujące założenia:

1) ujmować wyłącznie własności danego wyrobu bez uwzględniania wpływu czynników wchodzących w skład procesu produkcji (tj. czynnika pracy i czynnika ludzkiego),

2) przyjęte do oceny cechy charakterystyczne powinny być od siebie niezależne,

3) cechy charakterystyczne powinny być określane przez wskaźniki liczbowe wyznaczone w zasadzie doświadczalnie bądź przez obliczenia. Cechy trudne do ujęcia w wyżej podany sposób należy określać szacunkowo ściśle wg ustalonych zasad,

4) liczbowe wartości cech charakterystycznych powinny być określane tymi samymi metodami dla wyrobu ocenianego i wzorcowego i z jednakową dokładnością,

5) analizowane cechy charakterystyczne powinny nie tylko obrazować zalety i wady istniejących konstrukcji, ale wytyczać także kierunki udoskonalień przyszłościowych.

4. Warunki wstępne zastosowania proponowanej metody do oceny jakości pomp wirowych

Dalsze szczegóły proponowanej metody podano w odniesieniu do oceny jakości pomp wirowych. Pompy te należy w tym celu podzielić na odpowiednie grupy (ewentualnie podgrupy) w zależności od przeznaczenia, rozwiązań konstrukcyjnych itp. Podział taki jest bardzo istotny, ponieważ dla różnych grup pomp mogą być przyjmowane do oceny nie tylko różne cechy charakterystyczne lecz także różne współczynniki ważności dla takich samych cech charakterystycznych. Poza tym podział taki jest nieodzowny dla doboru odpowiednich pomp wzorcowych.

Jako przykład zastosowania proponowanej metody oceny poziomu jakości w odniesieniu do pomp rozpatrzono poniżej jedną z ich grup a mianowicie pompy wirowe do pompowania wody z zawartością drobnoziarnistych ciał stałych. Pompy takie można podzielić następująco:

A. W zależności od właściwości erozyjnych pompowanych mieszanin:

- a) pompy do stosunkowo lekkich warunków pracy (niewielkie zagęszczenia mieszanin, słabe właściwości erozyjne pompowanych części stałych),
- b) pompy do ciężkich warunków pracy (duże zagęszczenia mieszanin, silne właściwości erozyjne pompowanych ciał stałych).

B. W zależności od konstrukcji:

- a) pompy jednostopniowe,
- b) pompy wielostopniowe.

Dla pompy ocenianej należy dobrać odpowiednią pompę wzorcową charakteryzującą się identycznym przeznaczeniem i konstrukcją i spełniającą następujące wymagania dotyczące parametrów pracy:

1) Nominalna wydajność - Q i wysokość podnoszenia - H pompy ocenianej i wzorcowej nie powinny się różnić więcej niż o $\pm 10\%$.

Przy pompach wielostopniowych dotyczy to maksymalnej wysokości podnoszenia (przy maksymalnej liczbie stopni), a dla pomp przystosowanych do pracy przy różnych prędkościach obrotowych wirnika - parametrów Q i H przy maksymalnej prędkości obrotowej.

2) Prędkości obrotowe wirnika pompy ocenianej i wzorcowej nie powinny się różnić więcej niż o $\pm 5\%$.

5. Dobór podlegających ocenie cech charakterystycznych pomp przeznaczonych do pompowania wody z zawartością drobnoziarnistych ciał stałych

Przy ocenie jakości występują dwa rodzaje cech charakterystycznych pomp:

- cechy, które można wyrazić liczbami będącymi wynikiem pomiarów,
- cechy, których wskaźniki cząstkowe mogą być ustalone wyłącznie metodą szacunkową (opartą na określonych założeniach).

Ocena cech tego rodzaju nie jest ani łatwa, ani zupełnie ścisła, gdyż mimo najlepiej sprecyzowanych założeń pozostawia zawsze margines interpretacji indywidualnej oceniającego.

Dla rozpatrywanej grupy pomp proponuje się przyjąć do oceny następujące cechy charakterystyczne i ich wskaźniki cząstkowe:

1) Trwałość pompy. Jako wartość charakterystyczną trwałości a_1 proponuje się przyjmować efektywny czas pracy pompy w godzinach pomniejszony o sumę roboczogodzin zużytych przez obsługę na drobne naprawy dokonywane w miejscu pracy pompy.

Wskaźnik cząstkowy trwałości k_1 byłby stosunkiem wartości charakterystycznych trwałości pompy ocenianej a_{o1} do wzorcowej a_{w1} czyli $k_1 = \frac{a_{o1}}{a_{w1}}$.

W ten sposób ustalony wskaźnik trwałości uwzględnia nader uciążliwe wielokrotnie dla użytkownika drobne naprawy i przestoje, podkreślając wagę niezawodności pracy tego rodzaju pompy.

2) Sprawność pompy. Za wartość charakterystyczną sprawności a_2 proponuje się przyjąć optymalną sprawność pompy, wyznaczoną przy pompowaniu wody, po przepracowaniu przez pompę 100 godzin w warunkach przeznaczenia.

Wskaźnik cząstkowy sprawności k_2 byłby stosunkiem wartości charakterystycznych sprawności pompy ocenianej a_{o2} i wzorcowej a_{w2} czyli $k_2 = \frac{a_{o2}}{a_{w2}}$.

3) Masa pompy. Ze względu na nieuniknione różnice parametrów Q-H pompy ocenianej i wzorcowej i związane z tym uzasadnione różnice mas wartość charakterystyczną masy a_{o3} i a_{w3} proponuje się przyjmować jako stosunek masy M do iloczynu Q · H, tzn.

$$a_{o3} = \frac{M_o}{Q_o \cdot H_o} \quad \text{i} \quad a_{w3} = \frac{M_w}{Q_w \cdot H_w}$$

Wskaźnik cząstkowy masy

$$k_3 = \frac{a_{w3}}{a_{o3}}$$

4) Poziom hałas. Przyjmując jako podstawę normę PN-70/B-02151 dopuszczającą maksymalne natężenie hałasu w miejscu przebywania obsługi (1 m od źródła hałasu) - 90 dB (A) oraz zakładając wartość charakterystyczną poziomu hałasu pompy wzorcowej 80 dB (A) wskaźnik cząstkowy poziomu hałasu k_4 proponuje się przyjmować wg tablicy 1.

Tablica 1

Wskaźnik cząstkowy poziomu hałasu k_4

Poziom hałas pompy ocenianej dB(A)	do 80	80-83	84-86	86-88	89-90	powyżej 90
k_4	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,0

5) Powierzchnia zajmowana przez pompę. Za wartość charakterystyczną zajmowanej powierzchni a_{05} i a_{w5} proponuje się przyjmować iloczyn wymiaru długościowego pompy wraz z silnikiem elektrycznym i maksymalnej szerokości samej pompy.

Wskaźnik cząstkowy zajmowanej powierzchni

$$k_5 = \frac{a_{w5}}{a_{05}}$$

6) Łatwość wymiany elementów układu przepływowego. Wartość wskaźnika cząstkowego charakteryzującego łatwość wymiany szybko zużywających się elementów układu przepływowego pompy proponuje się przyjmować na podstawie następujących kryteriów:

a) przy łatwej wymianie zużytych elementów, możliwej do przeprowadzenia na stanowisku pracy pompy bez użycia narzędzi specjalnych

$$k_6 = 1,0$$

b) przy utrudnionej wymianie zużytych elementów, możliwej jednak do przeprowadzenia na stanowisku pracy pompy bez użycia narzędzi specjalnych

$$k_6 = 0,9$$

c) przy utrudnionej wymianie zużytych elementów, możliwej do przeprowadzenia na stanowisku pracy pompy przy zastosowaniu narzędzi specjalnych

$$k_6 = 0,8$$

d) przy trudnej wymianie elementów, wymagającej przetransportowania pompy do warsztatu remontowego

$$k_6 = 0,5$$

7) Technologiczność konstrukcji. Technologiczność konstrukcji pompy proponuje się oceniać przyjmując wartości wskaźnika cząstkowego wg następujących ustaleń:

a) mała liczba powierzchni łatwo obrabialnych skrawaniem elementów układu przepływowego

$$k_7 = 1,0$$

b) mała liczba powierzchni trudno obrabialnych skrawaniem elementów układu przepływowego

$$k_7 = 0,8$$

c) duża liczba powierzchni łatwo obrabialnych skrawaniem elementów układu przepływowego

$$k_7 = 0,8$$

d) duża liczba powierzchni trudno obrabialnych skrawaniem elementów układu przepływowego

$$k_7 = 0,5$$

8) Możliwość zmiany parametrów pracy pompy przez regulację prędkości obrotowej wirnika. Dla pompy przystosowanej do zmiany parametrów pracy przez regulację prędkości obrotowej wirnika cząstkowy wskaźnik tej cechy proponuje się przyjąć $k_8 = 1,0$. Przy braku ww. możliwości zmiany parametrów - wskaźnik $k_8 = 0,8$.

6. Współczynniki ważności wskaźników cząstkowych

Poszczególne wskaźniki cząstkowe wpływają w różny sposób na jakość danej maszyny. Np. trwałość rozpatrywanych pomp niewątpliwie w większym stopniu decyduje o ich jakości niż np. zajmowana przez nie powierzchnia. W związku z tym, w celu ujęcia ich zróżnicowanego wpływu na jakość, staje się konieczne wprowadzenie współczynników ważności poszczególnych wskaźników cząstkowych.

Ustalenie wartości ww. współczynników ważności przeprowadzić można drogą ekspertyzy (metoda delficka - statystyczne opracowanie kilkakrotnych wypowiedzi ekspertów).

Dla rozpatrywanej grupy pomp proponuje się przyjęcie wartości współczynników ważności wg tablicy 2.

Tablica 2

Współczynniki ważności wskaźników cząstkowych jakości

Cecha charakterystyczna pompy	Symbol wskaźnika cząstkowego k_1	Współczynnik ważności δ_1
Trwałość pompy	k_1	0,24
Sprawność pompy	k_2	0,15
Masa pompy	k_3	0,10
Poziom hałasu	k_4	0,12
Powierzchnia zajmowana przez pompę	k_5	0,08
Łatwość wymiany elementów szybko zużywających się układu przepływowego	k_6	0,15
Technologiczność konstrukcji	k_7	0,08
Możliwość zmiany parametrów pracy pompy przez regulację prędkości obrotowej wirnika	k_8	0,08

$$\sum_{i=1}^8 \delta_1 = 1,0$$

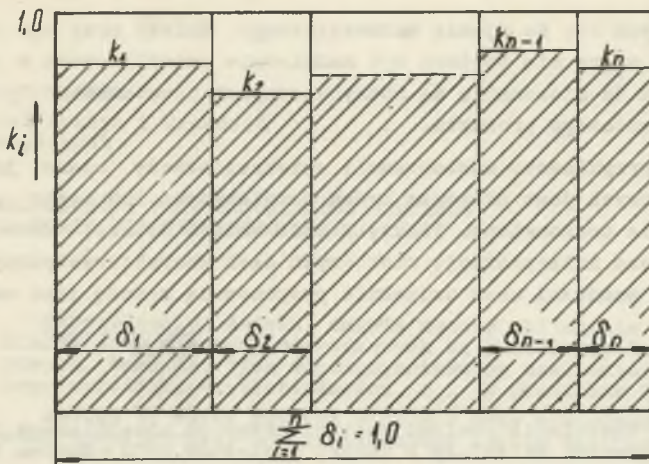
7. Wskaźnik jakości pompy

Na podstawie ustalonych wartości wskaźników cząstkowych i współczynników ich ważności można określić wskaźnik jakości rozpatrywanej pompy

$$K = \sum_{i=1}^n \delta_1 \cdot k_i$$

Wskaźnik ten, określony liczbowo, charakteryzuje jakość ocenianej pompy w stosunku do pompy wzorcowej, dla której wskaźnik jakości wynosi 1,0.

Dla bardziej przejrzystego przedstawienia wpływu poszczególnych cech na jakość ocenianej pompy można przedstawić uzyskane wyniki wyżej przytoczonej analizy graficznie.



Rys. 1. Graficzna interpretacja wskaźnika jakości

Zakreskowane pole odpowiada wskaźnikowi $K = \sum_{i=1}^n \delta_i \cdot k_i$. Zaletą graficznej interpretacji wskaźnika jakości jest możliwość łatwego porównania wpływu poszczególnych cech na jakość wyrobu i jednocześnie wskazanie kierunku prac zmierzających do podwyższenia jakości tych wyrobów.

Określenie jakości danego wyrobu w formie wskaźnika liczbowego czyni ocenę tej jakości bardziej obiektywną, a jednocześnie pozwala na ujednoczenie kryteriów porównywania aktualnego poziomu technicznego i nowoczesności wyrobów ze standardem światowym.

Proponuje się następujące kryteria jakości pomp:

- 1) $K \geq 0,8$ - pompy o jakości dorównującej wymaganiom standardu światowego,
- 2) $0,6 \leq K < 0,8$ - pompy o średniej jakości wymagające modernizacji,
- 3) $K \leq 0,6$ - pompy, które winny być wycofane z produkcji bądź zastąpione nowymi konstrukcjami.

8. Wnioski

1. Ocena jakości wyrobów staje się niezbędnym składnikiem procesu ich wytwarzania, jeżeli cechą tego procesu ma być ciągłe doskonalenie wyrobów i intensyfikacja postępu technicznego.
2. Opracowanie obiektywnej i dokładnej a jednocześnie operatywnej metody oceny wyrobów jest zagadnieniem złożonym, ze względu na różnorodność ich cech charakterystycznych, z których wiele jest trudnych, bądź w ogó-

le nie nadających się do ujęcia matematycznego. Należy przy tym pamiętać, że metoda oceny nie powinna być nadmiernie skomplikowana a jednocześnie możliwa do stosowania na różnych etapach powstawania wyrobu - od założeń do gotowego produktu.

3. Przedstawione przykładowo zastosowanie opisanej metody oceny jakości grupy pomp wirowych jest pierwszą próbą kompleksowej ich oceny i niewątpliwie będzie doskonalone. Praktyka może wnieść do niej nowe elementy, skorygować interpretację niektórych cech charakterystycznych i współczynników ważności oraz uzupełnić proponowaną metodę jako całość.

LITERATURA

- [1] Ogólna metoda określania poziomu jakości urządzeń kopalnianych i urządzeń do wzbogacania. Materiały z narady ekspertów RWPG - Moskwa 1971 r.
- [2] Zarzycki M.: Podstawy typizacji pomp dla górnictwa węglowego. Gliwice 1964 r. Mechanizacja Górnictwa nr 7. Wydawnictwa ZKMPW.
- [3] Projekt Polskiej Normy: Przenośniki cieczy. Podział i symbole. Opracowany w Katedrze Pomp i Silników Wodnych Politechniki Śląskiej w roku 1966. Praca nie publikowana.

Praca wpłynęła do Redakcji 18 kwietnia 1974 roku.

МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАСОСОВ ПО ПРИМЕРУ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ КАЧЕНИЯ ВОДЫ С СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Резюме

В докладе обсуждается значение анализа технико-экономических достоинств и оценки качества промышленных изделий для модернизации и развития их производства. Представлены основные предпосылки предлагаемого метода оценки качества промышленных изделий. Подробно сформулирован метод оценки качества центробежных насосов, предназначенных для качения воды с содержанием мелкозернистых твердых материалов.

QUALITY EVALUATION METHOD FOR PUMPS ON THE EXAMPLE OF CENTRIFUGAL PUMPS FOR WATER CONTAINING FINE HARD MATERIALS

Summary

Quality evaluation of industrial products as well as importance of technological and economical analysis for their modernization and production development were discussed in the paper. The basic assumptions of invented method of quality evaluation of industrial products were made known. Detailed method of quality evaluation of centrifugal pumps for water containing fine hard materials were formulated.