ISSN 1733-8670

ZESZYTY NAUKOWE NR 10(82)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

IV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
EXPLO-SHIP 2006

Piotr Bielawski

Wartości graniczne w obsługiwaniu urządzeń okrętowych

Słowa kluczowe: stan zdatności, wartość graniczna, jakość, efektywność, skuteczność

Przedstawiono relacje między zużyciem, stanem technicznym, symptomem i stanem zdatności/niezdatności urządzenia. Wyjaśniono pojęcia jakości, skuteczności i efektywności w przedsiębiorstwie. Wykazano związek między jakością w przedsiębiorstwie a wartością graniczną stanu zdatności i wartością graniczną stanu technicznego.

Boundary Values in Marine Machinery Maintenance

Key words: up state, boundary value, quality, effectiveness, efficiency

Relations between wear, technical state, symptom and up/down states of a machine are presented. The concepts of the quality, efficiency and effectiveness in a company are explained. The relationship is shown between the quality in a company and the boundary values of up state and technical state.

Wstęp

Urządzenia okrętowe ulegają nie dającemu się wyeliminować zużyciu. Skutkiem postępującego zużycia jest degradacja, a następnie utrata własności użytkowych przez urządzenie i konieczność remontu lub wyłączenia urządzenia z eksploatacji. Pojęcie „utrata własności użytkowych" jest pojęciem względnym, zależnym od przyjętych kryteriów. Istnieje konieczność dokładnego definiowania kryteriów i wyznaczania wartości granicznych zużycia.

1. Zużycie

Elementy urządzeń ulegają zużyciu. Jest ono przyczyną z reguły powolnego pogarszania się własności użytkowych urządzenia; może jednak skutkować nagłym przejściem urządzenia ze stanu zdatności w stan niezdatności, często połączony z rozległymi uszkodzeniami innych elementów urządzenia, stanowiącymi zagrożenie dla zdrowia i życia osób przebywających w jego pobliżu. Pojęcia związane ze zużyciem przedstawiono na rysunku 1.

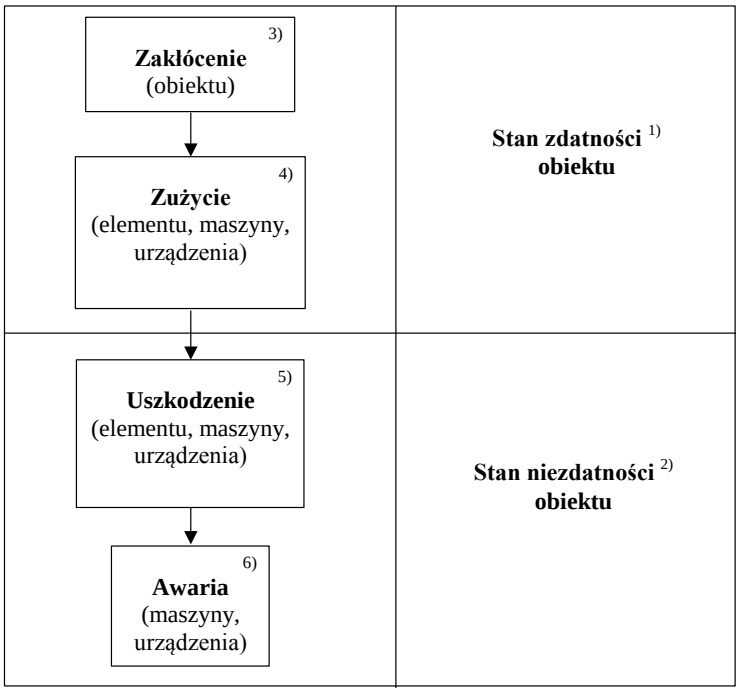
Wyróżnia się ponadto: obciążenie, proces zużycia, efekty zużycia.

Podczas procesu zużycia następuje rozpraszanie i akumulacja energii oraz powstają produkty zużycia: cząstki materiału zużywających się elementów urządzeń. Efektem zużycia są zmiany stanu maszyny/urządzenia spowodowane zmianami kształtu, wymiarów, stanu powierzchni, własności mechanicznych i struktury wewnętrznej elementów maszyn i urządzeń. Rozpraszanie energii podczas procesu zużycia następuje w postaci wydzielania ciepła i/lub powstawania fali sprężystej. Akumulowana podczas procesu zużycia energia wyzwalana jest podczas dyslokacji, mikropęknięć i pęknięć objętościowych i rozpraszana częściowo w formie fali sprężystej (destrukcja/pęknięcie nastąpi po zakumulowaniu odpowiedniej ilości energii, np.: określonej ilości cykli określonego obciążenia).

Zgodnie z PN-90/N-04002 celem diagnostyki technicznej jest identyfikacja /określenie stanu obiektu technicznego. Norma wyróżnia między innymi „stan obiektu" i „symptomy diagnostyczne" oraz „relacje diagnostyczne" i „wnioskowanie diagnostyczne". Celowe wydaje się przyjęcie założenia, że zmiana stanu następuje w wyniku procesu zużycia i że relacje diagnostyczne mogą dotyczyć nie tylko stanu, ale również procesu (rys. 2). Podobnie należałoby przyjąć, że celem wnioskowania diagnostycznego jest nie tylko diagnoza, ale również geneza i prognoza [1, 4].

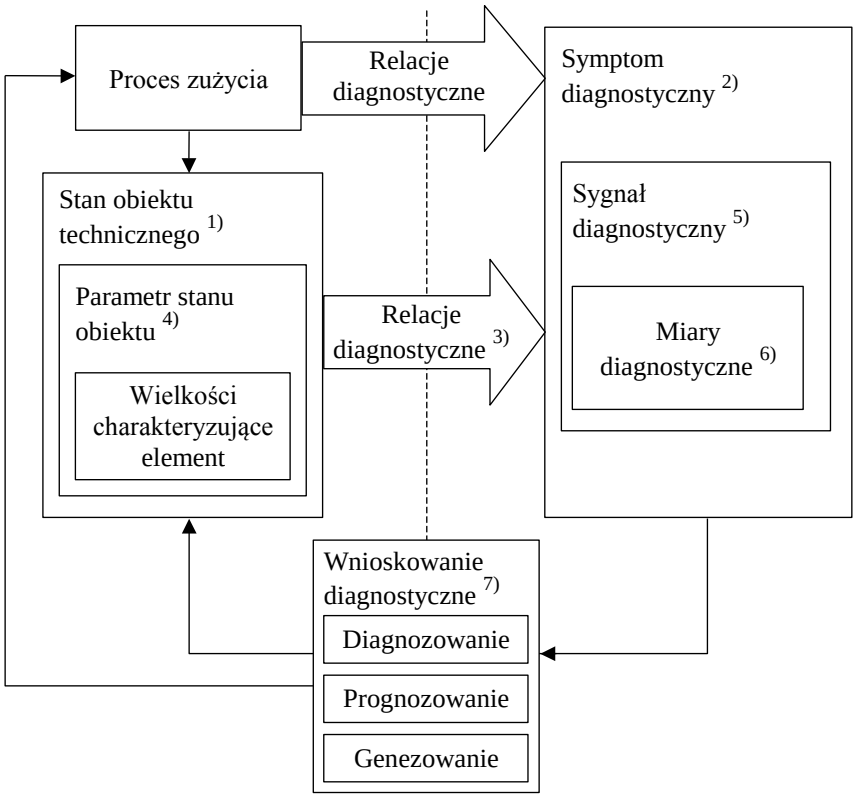
Koniecznym wydaje się wprowadzenie pojęcia symptomu stanu zdatności i poszukiwanie relacji między stanem zdatności a stanem technicznym. Wydaje

się, że symptomów zdatności należy poszukiwać wśród wielkości opisujących jakość.



1) Stan zdatności obiektu – stan techniczny, w którym obiekt może realizować zadanie zgodnie z wymaganiami, przy określonym oddziaływaniu otoczenia.
2) Stan niezdatności obiektu – stan techniczny, w którym obiekt nie może realizować zadania zgodnie z wymaganiami, przy określonym oddziaływaniu otoczenia.
3) Zakłócenie – zdarzenie polegające na istotnej zmianie przynajmniej jednej z charakterystyk jakości działania obiektu przez pewien okres.
4) Zużycie:
   – trwałe niepożądane zmiany stanu materiału prowadzące do obniżenia lub utraty własności użytkowych tego materiału;
   – proces degradacji własności użytkowych maszyny, urządzenia jako całości lub poszczególnych elementów.
5) Uszkodzenie – zdarzenie destrukcyjne powodujące przejście obiektu ze stanu zdatności do stanu niezdatności.
6) Awaria – uszkodzenie maszyny lub urządzenia ograniczające lub uniemożliwiające dalsze jego działanie. Często występują uszkodzenia wtórne.

Rys. 1. Zestawienie pojęć związanych ze zużyciem urządzeń [1]
Fig. 1. Terms relating to machine wear



1) Stan obiektu – zbiór wartości cech obiektu w danej chwili czasu,
– trwanie rzeczy w czasie pod jakimś względem takiej samej.
2) Symptom (diagnostyczny) – informacja pozwalająca wnioskować o właściwościach (stanie) obiektu technicznego.
3) Relacja diagnostyczna – relacja przyporządkowująca symptomowi cechę lub cechy stanu (stanów) obiektu technicznego.
4) Parametr stanu obiektu – wyróżniona wartość wielkości opisującej stan obiektu technicznego.
5) Sygnał (diagnostyczny) – sygnał generowany przez badany obiekt techniczny (wykorzystywany w diagnozowaniu),
– przebieg dowolnej wielkości fizycznej w czasie, będącej nośnikiem informacji.
6) Miara diagnostyczna – miara, inaczej estymata wartości wyselekcjonowanego sygnału użytecznego diagnostycznie.
7) Wnioskowanie diagnostyczne – przetwarzanie wyników badania diagnostycznego (wartości estymat) oraz innych informacji o obiekcie technicznym i jego otoczeniu na diagnozę.

Rys. 2. Zestawienie pojęć stosowanych w diagnostyce technicznej [1]
Fig. 2. Terms used in technical diagnosing

2. Jakość w przedsiębiorstwie

Przyjmuje się, że przedsiębiorstwo to organizacja, która:

- jest niezależna i elastyczna,
- chce się utrzymać i dalej rozwijać,
- dąży do: maksymalizacji zysku, podwyższania rentowności/efektywności, poszerzania rynku zbytu, utrzymania płynności finansowej [9].

Postępująca globalizacja gospodarki skutkuje wzrostem konkurencji między przedsiębiorstwami. Drogami sprostania konkurencji i utrzymania się na rynku są:

- utrzymanie / podwyższanie jakości,
- wprowadzanie innowacji.

Jakość wg ISO to „ogół cech i właściwości wyrobu i usługi, decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokajania stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb". Z jakością związane są koszty jakości – koszty zapewnienia zgodności wyrobu ze specyfikacją wymagań.

Na koszty jakości składają się:

- nakłady ponoszone na uzyskanie oczekiwanego poziomu jakości,
- straty wynikające z niedostatecznej jakości.

Jednym z głównych celów przedsiębiorstwa staje się optymalizacja kosztów jakości. Warunkiem optymalizacji jest rachunek kosztów jakości [8].

Dodatkowe koszty jakości to koszty spełnienia praw klienta. Klienta nie zadowala już krótki czas gwarancji na wyrób. Klient ma prawo do pełnej informacji o wyrobie, do bezpiecznego użytkowania wyrobu, prawo do odszkodowania za skutki spowodowane przez wyrób niebezpiecznie wadliwy.

Obecnie preferowaną strategią ukierunkowaną na jakość i innowacje jest strategia kompleksowego zarządzania jakością – TQM (Total Quality Management). TQM to system zarządzania nastawiony na:

- spełnianie wymagań i życzeń, stawianych zarówno przez klientów wewnętrznych (pracownik otrzymujący efekt pracy swojego poprzednika), jak i zewnętrznych (użytkownik towaru lub usługi);
- wielowątkowe i prorynkowe postrzeganie problemów jakości w przedsiębiorstwie;
- aktywność pracowników, wykorzystywanie ich zdolności kreatywnych, niezależnie od szczebli i zakresu działania;
- dążenie do maksymalizacji zadowolenia klienta poprzez uzyskanie jak najwyższej jakości technicznej wyrobu z uwzględnieniem ograniczeń rynku.

Formalnie za system zarządzania jakością uważa się system jakości spełniający wymagania np. PN-EN ISO 9001:2001.

3. Efektywność i skuteczność przedsiębiorstwa

W literaturze [2, 3, 6, 7, 8] zawarto definicje związane z efektywnością i skutecznością. Efektywność to relacja między osiągniętymi wynikami a wykorzystanymi zasobami [8]. Pojęcie efektywności jest związane ze strategią przedsiębiorstwa oraz celami z niej wynikającymi. Efektywność w przedsiębiorstwie można zdefiniować jako zdolność do realizacji strategii firmy i osiągnięcia założonych celów. Najbardziej ogólną zdefiniowaną miarą efektywności gospodarowania jest relacja pomiędzy osiągniętymi wynikami a wielkością poniesionych nakładów

$$E = \frac{R}{N} \tag{1}$$

gdzie:

E – efektywność gospodarowania,
R – osiągnięte rezultaty,
N – poniesione nakłady.

Produkcja w danym momencie jest efektywna, jeżeli nie istnieje sposób wykorzystania dostępnych zasobów tak, by zwiększając wielkość produkcji pewnych dóbr nie zmniejszać przy tym produkcji innych dóbr.

Wymiary efektywności [7]:

- finansowy – efektywność finansowa mierzona jest za pomocą wskaźników finansowych, np. zysku; wskaźnik efektywności finansowej bazuje na danych dotyczących przeszłości;
- operacyjny – dotyczy efektywności procesów produkcyjnych, logistycznych itp.; istotą efektywności operacyjnej jest zmniejszenie zużycia środków produkcji na jednostkę produktu, np.: podnoszenie wydajności pracy, zmniejszanie kosztów, skracanie cyklu produkcyjnego;
- rynkowy – dotyczy stopnia zaspokojenia potrzeb klientów, uzyskanie większego udziału w rynku itp.;
- dynamiczny (rozwojowy) – dotyczy zdolności tworzenia nowych produktów oraz pozyskiwania nowych umiejętności; cele w tej perspektywie muszą tworzyć podbudowę, dzięki której będzie możliwa realizacja zamierzeń ujętych w trzech pozostałych perspektywach; wskaźnik efektywności dynamicznej powinien być wykorzystany do pomiaru tempa,

w jakim firma wprowadza nowe produkty oraz poszerza rynki odbiorców.

Poziomy efektywności:

- organizacji (poziom I) – do czynników wpływających na efektywność należą: strategia, cele ogólnoorganizacyjne i metody ich pomiaru, struktura organizacyjna oraz sposób wykorzystania zasobów;
- procesu (poziom II) – procesy międzywydziałowe, na efektywność których wpływa sprawna realizacja procesów i wzajemna korelacja między nimi;
- stanowiska pracy (poziom III) – do zmiennych należą: metody rekrutacji i awansowania, zakresy zadań i obowiązków, stosowane standardy pracy, przekazywane informacje zwrotne, nagrody i szkolenia.

Skuteczność to stopień, w jakim zrealizowane są planowane działania i osiągnięte planowane wyniki [8]. Skuteczny to taki, który daje oczekiwane rezultaty [7]. Skuteczność oznacza zatem pomiar stopnia osiągnięcia założonego celu. Skuteczność można określić procentowo, np. skuteczność 50% oznacza osiągnięcie celu w połowie. Jednakże takie procentowe określenie oznacza, że założony cel nie został w pełni osiągnięty. Wskazane jest dokonywanie pomiaru w systemie zerojedynkowym, tzn. rozpatrujemy działania jako skuteczne lub nieskuteczne.

Skuteczność odnosi się do zapewnienia jakości (działania ukierunkowane na wzbudzenie zaufania, że wymagania dotyczące jakości będą spełnione) i doskonalenia jakości (działania ukierunkowane na zwiększenie zdolności do spełnienia wymagań dotyczących jakości). Efektywność związana jest z doskonaleniem jakości.

System zapewnienia jakości jest [6]:

1) *skuteczny i efektywny* jeżeli osiąga zaplanowane cele i efekty są większe od nakładów;
2) *nieskuteczny, ale efektywny* jeżeli nie osiąga zaplanowanych celów, jednakże efekty są większe od nakładów;
3) *skuteczny, ale nieefektywny* jeżeli osiąga zaplanowane cele, ale nakłady są większe od efektów;
4) *nieskuteczny i nieefektywny* jeżeli nie osiąga zaplanowanych celów i jednocześnie nakłady są większe od efektów.

4. Kryteria wartości granicznych stanu zdatności i niezdatności

4.1. Poziom przedsiębiorstwa żeglugowego

Przedsiębiorstwo żeglugowe może być traktowane jako przedsiębiorstwo świadczące usługi transportowe i można przyjąć, że tak jak każde przedsiębiorstwo musi być skuteczne, efektywne i dążyć do utrzymania i podwyższania jakości.

Cechą charakterystyczną przedsiębiorstw żeglugowych jest to, że muszą:

- sprostać konkurencji wynikającej z globalizacji gospodarki,
- działać w ramach ograniczeń prawnych wynikających z konwencji międzynarodowych,
- postępować zgodnie z obowiązującym prawem w zakresie np. bhp,
- działać na rynku międzynarodowym.

Przedsiębiorstwo żeglugowe celem sprostania konkurencji musi:

- oferować niskie stawki frachtowe;
- oferować terminowe dostawy;
- oferować krótki czas transportu;
- godzić się na umowy transportowe zawierane na krótki czas;
- oferować dostarczenie towaru w nieuszkodzonym stanie: zapewnienie warunków przechowywania, w szczególności dla produktów rolnych;
- spełniać wymagania bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

Efektywność przedsiębiorstwa mierzona jest jako efektywność ekonomiczna. Rezultatami są przychody z wykonanych zadań przewozowych, natomiast na koszty składają się koszty wykonania zadania przewozowego i koszty zapewnienia wymaganej jakości (efektywności i skuteczności, w tym koszty z tytułu nieodpowiedniej jakości).

Drogi sprostania konkurencji to:

- utrzymanie/podwyższanie jakości przedsiębiorstwa,
- utrzymanie/podwyższanie jakości statków,
- wprowadzanie innowacji w przedsiębiorstwie,
- wprowadzanie innowacji na statkach.

W zakresie organizacyjno-technicznym przedsiębiorstwo żeglugowe musi:

- poszukiwać zleceń stosownych do posiadanych środków transportu i/lub środki transportu dopasowywać do oczekiwań klientów/spedytorów (modernizacja, przebudowa, budowa nowych jednostek);
- wprowadzać innowacje mające na celu zmniejszanie kosztów wykonania zadania przewozowego;
- wprowadzać innowacje mające na celu optymalizację kosztów obsługiwania statków (innowacje organizacyjne i techniczne).

Ze względu na skuteczność i efektywność przedsiębiorstwa żeglugowego idealny statek powinien się cechować:

- niskimi kosztami inwestycyjnymi,
- dużą dyspozycyjnością,
- niskimi kosztami wykonania zadania przewozowego.

Wymienione cechy są sprzeczne z sobą. Utrzymanie dużej dyspozycyjności i niskich kosztów wykonania zadania na statku o niskich kosztach inwestycyjnych wiąże się z dużymi nakładami na obsługiwanie.

Na poziomie przedsiębiorstwa konieczne jest:

- określenie nałożonych i podjętych zobowiązań dotyczących jakości świadczonych usług i określenie kosztów realizacji zobowiązań;
- określanie osiąganej efektywności. Wymaga to między innymi określania kosztów utrzymania dyspozycyjności – kosztów obsługiwania.

Konieczna i możliwa jest optymalizacja kosztów zapewnienia skuteczności przedsiębiorstwa żeglugowego.

4.2. Poziom statku

Biorąc pod uwagę cele przedsiębiorstwa (maksymalizacja zysku, podwyższanie rentowności/efektywności, poszerzanie rynku zbytu, zapewnienie płynności finansowej) i definicje stanu zdatności (stan techniczny, w którym obiekt może realizować zadanie zgodnie z wymaganiami, przy określonym oddziaływaniu otoczenia) można uznać, że statek znajduje się w stanie zdatności, jeżeli może skutecznie i efektywnie wykonywać swoje zadania. Ponieważ efektywność finansowa statku zależy przede wszystkim od organizacji w przedsiębiorstwie żeglugowym i warunków meteorologicznych, na poziomie statku należy mówić o efektywności operacyjnej. Analogicznie, wskazane byłoby wprowadzenie pojęcia „skuteczności operacyjnej". Zerojedynkową miarą skuteczności operacyjnej jest „dyspozycyjność statku". Statek jest dyspozycyjny, jeżeli potencjalnie może skutecznie wykonać zadanie przewozowe przy akceptowalnej efektywności operacyjnej. Liczbową miarą dyspozycyjności jest liczba dni w roku, w których statek może wykonywać zadania przewozowe.

Powszechnie stosowaną miarą efektywności operacyjnej jest:

- jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh] i/lub
- sprawność ogólna statku.

Analogicznie proponuje się wprowadzić miarę skuteczności operacyjnej. Może to być:

- liczba cech osiągniętych do liczby cech pożądanych,

– ilość wykonanych prac celem utrzymania lub podwyższenia jakości (efektywności i skuteczności) do ilości prac koniecznych do utrzymania i/lub podwyższania jakości. Iloraz taki mógłby nosić nazwę sprawności obsługiwania.

Wartości graniczne (akceptowalne) efektywności i skuteczności operacyjnej (sprawności statku, sprawności obsługiwania) powinny być określane dla każdego statku, z uwzględnieniem jego cech eksploatacyjnych, na poziomie przedsiębiorstwa żeglugowego.

4.3. Poziom urządzeń okrętowych

Urządzenia zainstalowane na statku wchodzą w skład różnych systemów: napędowych, energetycznych, sterowych itp. Systemy te realizują cele cząstkowe statku. Cele cząstkowe muszą być zbieżne z celami głównymi statku i przedsiębiorstwa armatorskiego.

Urządzenie może być uznane za znajdujące się w stanie niezdatności, jeżeli jego stan przyczynia się do znaczącego zmniejszenia skuteczności i/lub efektywności statku.

Miarami efektywności urządzeń są:

– sprawności ogólne urządzeń,
– sprawności mechaniczne, moce tarcia.

Miary skuteczności urządzeń – charakterystyki urządzenia (wartości wybranych wielkości jako funkcje czasu, prędkości obrotowej, mocy itp.):

– charakterystyki wielkości pożądanych,
– charakterystyki wielkości niepożądanych,
– ryzyko uszkodzenia (czy podczas wykonywania zadania transportowego może dojść do uszkodzenia urządzenia i jakie może ono mieć następstwa.

Dopuszczalne wartości wymienionych miar skuteczności i efektywności urządzenia powinny być określone dla każdego urządzenia z uwzględnieniem jakości statku.

4.4. Poziom podzespołów i elementów składowych urządzeń

Należy dokonać transformacji miar skuteczności i efektywności urządzenia w miary stanu technicznego:

– bezpośrednio,
– pośrednio z zastosowaniem miar symptomów diagnostycznych (odwrotne modele diagnostyczne).

Działające z upoważnienia administracji krajów towarzystwa klasyfikacyjne dokonują oceny statku i jego urządzeń pod kątem bezpieczeństwa formalnego – bezpieczeństwa ludzi i środowiska. Podstawą oceny stanu są wydawane przez te towarzystwa „przepisy budowy i klasyfikacji statków morskich/rzecznych". Ocena stanu bazuje na ograniczonych pomiarach wybranych charakterystyk wielkości pożądanych i/lub niepożądanych oraz na ograniczonych badaniach elementów zdemontowanego urządzenia.

Badania wykonywane przez towarzystwa są dla przedsiębiorstw żeglugowych obligatoryjne i mogą być traktowane jako część działań ukierunkowanych na zapewnienie jakości.

Wnioski

1. W eksploatacji urządzeń istotne jest określenie rzeczywistego i pożądanego stanu technicznego oraz wartości różnicy tych stanów, która uzasadnia podjęcie prac obsługowych.
2. Przy określaniu wartości stanu pożądanego powinny być wykorzystywane miary skuteczności i efektywności.
3. W przypadku przedsiębiorstwa żeglugowego należy określać i mierzyć wartości efektywności i skuteczności na poziomie przedsiębiorstwa, statku i urządzenia.
4. Na poziomie elementów urządzenia należy dokonać transformacji wartości miar efektywności i skuteczności urządzenia w wartości miar stanu technicznego.

Literatura

1. Bielawski P., *Elementy diagnostyki drganiowej mechanizmów tłokowo-korbowych maszyn okrętowych*, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Studia Nr 39, Szczecin 2002.
2. Foltys J., Piksa B., *Jakość w procesie globalizacji*, Problemy Jakości, 2005, Lipiec, s. 35 – 39.
3. Markowski A. (red.), *Nowy słownik poprawnej polszczyzny*, PWN, Warszawa 2004.
4. PN-90/N-04002. *Diagnostyka techniczna. Terminologia ogólna*.
5. PN-EN ISO 9000:2001. Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
6. Polak A., *Sprawność i niezawodność zarządzania przedsiębiorstwem*, Problemy Jakości 2001, nr 4, s. 30.

7. Skalska I., Szkoda J., *Koncepcja modelu systemu zapewnienia jakości dla małych i średnich przedsiębiorstw świadczących usługi o znaczeniu lokalnym*, Problemy Jakości, 2005, Październik, s. 14 – 16.
8. Szymula M., *Rola kosztów w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Problemy Jakości, 2005, Październik, s. 40 – 41.
9. Warnecke H.-J. H., *Handbuch der Instandhaltung*, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1992.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2006 r.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Jerzy Girtler

Adres Autora

dr hab. inż. Piotr Bielawski, prof. AM
Akademia Morska w Szczecinie
Zakład Diagnostyki i Remontów Maszyn Okrętowych
70-205 Szczecin, ul. Podgórna 51/53
tel. (091) 431 85 40
e-mail: pbielaws@am.szczecin.pl