

PROBLEM NIEZAWODNOŚCI SYSTEMÓW WYTWÓRCZYCH

Gabriel G. KOST, Daniel RECLIK

Streszczenie: W pracy przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z utrzymaniem wysokiej sprawności użytkowej (technicznej i technologicznej) maszyn i systemów wytwórczych. Omówiono modele i struktury niezawodnościowe maszyn pozwalające na ocenę i diagnozowanie stanu niezawodności maszyn.

Słowa kluczowe: zintegrowany, elastyczny system produkcyjny, niezawodność, modele niezawodnościowe maszyn, diagnostyka.

1. Wstęp

Współczesne systemy produkcyjne najczęściej zaliczane są do systemów o wysokim stopniu elastyczności i integracji systemowej. Tworzą one struktury technologiczne o różnorodnym stopniu złożoności organizacyjnej i technologicznej. Cechą charakterystyczną tych systemów jest wykorzystanie do ich budowy maszyn i urządzeń technologicznych, urządzeń pomocniczych sterowanych automatycznie, najczęściej za pomocą układów sterowania numerycznego urządzeń pomocniczych. Dzięki temu, mimo znacznej niejednorodności wykorzystywanych do sterowania środków (brak kompatybilności programowej i sprzętowej, różnorodność technologiczna i konstrukcyjna), systemy osiągają wysoki stopień integracji informacyjnej, a przez to wysoki stopień elastyczności produkcji, wyrażony szybkością reagowania na zmieniające się zapotrzebowania rynku. Czynniki te sprawiają, że w kontekście coraz krótszych partii produkowanych wyrobów, od elastycznych i najczęściej zrobotyzowanych systemów produkcyjnych wymaga się, oprócz wysokiej sprawności technologicznej i produkcyjnej, również osiągnięcie wysokiego poziomu niezawodności eksploatacyjnej. Wymóg wysokiego stopnia niezawodności ma swoje uzasadnienie w różnorodności wykorzystywanych do ich budowy urządzeń technologicznych, transportowo-manipulacyjnych, magazynowych i pomocniczych, charakteryzujących się wysokim poziomem złożoności konstrukcyjnej. Brak unifikacji algorytmów sterowania tymi urządzeniami (różnorodne algorytmy sterowania) wynika z różnorodności konstrukcyjnej (innego algorytmu wymagają obrabiarki sterowane numerycznie, roboty przemysłowe i środki transportowe, mimo że wszystkie te urządzenia mogą być sterowane numerycznie) i sprawia, że sposób automatycznego oddziaływania na nie za każdym razem jest inny i wymaga zastosowania różnych metod, technik i środków przetwarzania informacji oraz metod i środków ich programowania. Do tych czynników niezawodnościowych zaliczyć należy również podatność na awarie mechaniczne oraz kolizje. Dlatego też problem niezawodności jest jednym z podstawowych zagadnień rozważanych przy projektowaniu i eksploatacji systemów wytwarzania o złożonych strukturach organizacyjnych, w których stosunek czasu produkcyjnego do ewentualnego czasu przestoju spowodowanego awarią może w istotny sposób podważyć efektywność wykorzystania systemu produkcyjnego. Szczególnie w kontekście złożoności organizacyjnej

takiego systemu i koniecznej integracji, awaria jednego z podsystemów jego struktury organizacyjnej powoduje najczęściej eliminację całego założonego systemu produkcyjnego z eksploatacji.

2. niezawodność systemów technologicznych

Niezawodność środka (maszyny, urządzenia), czy szerzej systemu technicznego (w szczególności technologicznego) jest zagadnieniem złożonym. Powodem takiego stanu rzeczy jest złożoność mechaniczna każdego z urządzeń i wpływ jaki niewątpliwie na niezawodność całego urządzenia wywiera każdy z podzespołów składowych (konstrukcyjnych). Problem niezawodności komplikuje się jeszcze bardziej po uwzględnieniu wpływu poszczególnych elementów konstrukcyjnych maszyny na jej właściwe działanie. Przykładem może być wpływ przepalanej żarówki oświetlającej przestrzeń roboczą obrabiarki, na jej poprawną pracę, gwarantującą wykonanie przedmiotu produkowanego zgodnie z wymaganiami jakościowymi, przy zachowaniu pełnej sprawności technicznej wszystkich podzespołów funkcjonalnych maszyny. Podobnie rzecz się ma z systemami produkcyjnymi, których jakość pracy wynika nie tylko z poprawności działania wszystkich podsystemów mechanicznych, czy automatyki, ale również sfery organizacji pracy: systemy zarządzania, programowania, planowania produkcji, obsługa systemu (ustawiacze, operatorzy, programiści) itd. Ich wpływ na poprawne, niezawodne działanie systemu jest oczywisty, przy czym znaczenie tych czynników (i wielu innych) na jakość i niezawodność pracy całego systemu układu technologicznego nie jest jednakowy i trudny do oszacowania w kategoriach wymiernych. Przyczyny utraty niezawodności zintegrowanego i elastycznego systemu produkcyjnego są zawsze złożone. Czynniki kształtujące niezawodność wzajemnie się przenikają i dlatego ocenę poziomu niezawodności złożonych struktur (systemów) mechanicznych (technologicznych) należy rozpatrywać w ujęciu systemowym.

Zgodnie z obowiązującym stanem prawnym [4], niezawodność definiowana jest jako: „*zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią: nieuszkodzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi. [IEV 191-02-03]*”. Norma podaje również, że powyższa definicja pozwala jedynie na określenie czynników (zbioru czynników) wpływających na osiągnięcie wymaganego poziomu niezawodności środków technicznych i może być wykorzystywana jedynie do ogólnego, nieliczbowego opisu [2]. Na mocy [2] ustalenia normologiczne dotyczą również usług. Z definicji wynika, że podstawowe źródła czynników wpływających na obniżenie poziomu niezawodności środków i systemów technicznych związane są z:

- nieuszkodzalnością, czyli niezawodnością funkcjonalną maszyny, urządzenia bądź systemu technicznego (technologicznego), na którą przede wszystkim mają wpływ awarie struktury mechanicznej urządzenia, stąd też podstawowym czynnikiem eliminacji tej grupy czynników jest dbałość o przestrzeganie wymaganych terminów przeglądów okresowych i ich zakresu, przestrzeganie parametrów eksploatacyjnych (eliminowanie nadmiernych obciążeń i przeciążeń podzespołów maszyn, stosowanie parametrów obróbczych, które nie przekraczają możliwości danej maszyny, stosowanie materiałów eksploatacyjnych o określonych w dokumentacji maszyny parametrach: lepkość olejów, skład chemiczny emulsji smarujących itp.),
- obsługiwalnością, co związane jest z przestrzeganiem ustalonych przez producenta

procedur obsługi (np. oczekiwany czas naprawy, czas obsługi korekcyjnej, stopień wykrywalności niezdatności do działania, stopień niesprawności), znajomością zasad funkcjonowania maszyny co osiąga się odpowiednim treningiem (przeszkoleniem) pracowników obsługi (szkolenia, kursy). Ten zbiór czynników wpływa nie tylko na utrzymanie wysokiego poziomu niezawodności maszyny (systemu), skrócenie czasu przestojów i niezdatności do działania, ale również pozwala często na utrzymanie pożądanego poziomu bezpieczeństwa pracy,

- zapewnieniem pożądanego poziomu obsługi, czyli dostępu do profesjonalnego serwisu, stosowaniem odpowiednich, kwalifikowanych urządzeń naprawczych i kontrolnych. Ten zbiór cech charakteryzowany jest parametrami typu: długość oczekiwanego opóźnienia organizacyjnego i logistycznego, prawdopodobieństwo braku części zapasowych.

Jak już wspomniano, każdy ze składników struktury funkcjonalnej elastycznych, zintegrowanych systemów wytwarzania (maszyny technologiczne, roboty, środki transportu itd.) oraz sam system jest elementem charakteryzującym się wielką złożonością konstrukcyjną, a wpływ poszczególnych podzespołów montażowych składowych jest często trudny do ustalenia. Stąd też jedynym racjonalnym sposobem określenia tej oceny są odpowiednie modele niezawodności. Przez model niezawodności obiektu rozumie się [7]: *„układ, który pod względem niezawodności odwzorowuje obiekt rzeczywisty i zastępuje go w analizach jego niezawodności”*. Oczywiście rodzaj modelu, jego struktura, złożoność oraz zakres zastosowania zależy od potrzeb, dla jakich został on zdefiniowany. Wpływa na to typ obiektu, jego złożoność (wymagana szczegółowość analizy), posiadana wiedza o badanym obiekcie oraz cel prowadzonych analiz. Ze względu na to, że w systemach produkcyjnych jakość ich działania, niezależnie od ich struktury, zależy w ogólnym przypadku od struktury mechanicznej systemu (złożoność konstrukcyjna maszyn - nieuszkodzalność oraz jakości obsługi technicznej, serwisowej - obsługiwalność), na postać i strukturę modeli niezawodnościowych systemów produkcyjnych wpływ mają [7]:

- modele niezawodnościowe elementów mechanicznych, wykorzystujące zagadnienia wytrzymałościowe do szacowania trwałości elementów maszyn (prawdopodobieństwa nie wystąpienia stanów awaryjnych), a przez to ich niezawodność (współczynniki bezpieczeństwa, naprężenia dopuszczalne),
- modele niezawodności człowieka, wykorzystujące metody jakościowe ukierunkowane na polepszanie współdziałania człowieka i urządzenia (systemu) technicznego, wykorzystujące m.in. czynniki ergonomii, stopień przygotowania zawodowego pracownika, możliwości psychofizjologiczne oraz metody ilościowe oparte na modelowaniu matematycznym procesów niezawodności człowieka, np. metoda THERP [4].

Jak już wspomniano, problem oceny niezawodności maszyn i urządzeń, a przez to całych struktur (systemów) technicznych, jest trudny do oszacowania. Ze względu na złożoność struktur mechanicznych urządzeń oraz indywidualnego wpływu każdego z podzespołów na ogólny poziom niezawodności analizowanego obiektu, jedynym uzasadnionym sposobem ilościowej oceny ryzyka wystąpienia uszkodzenia lub awarii urządzenia są modele niezawodności oparte na funkcjach rozkładu prawdopodobieństwa [7]. Dzięki tym modelom możliwe jest określenie miary niezawodności, za jaką przyjmuje się funkcję niezawodności $R(t)$. Funkcja niezawodności określa prawdopodobieństwo niewystąpienia uszkodzenia maszyny w czasie t . Zasady doboru funkcji rozkładu prawdopodobieństwa opisującej spełnienie przez obiekt warunku pracy bezawaryjnej,

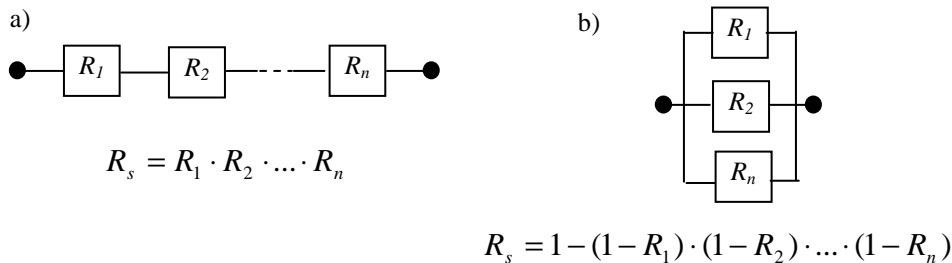
określa norma PN-84/N-04041/05 [1]. Zależnie od warunków w jakich eksploatowany jest analizowany obiekt zaleca się wykorzystanie do wyznaczenia funkcji niezawodności $R(t)$ rozkładu:

- wykładniczego, jeżeli obserwowana intensywność uszkodzeń jest stała, a wpływ procesów adaptacji i zużycia jego elementów składowych można pominąć,
- Weibulla, jeżeli intensywność uszkodzeń maszyny jest rosnąca lub malejąca, a wpływ mechanizmów wytrzymałościowych i zmęczeniowych na pracę obiektu jest znacząca,
- normalnego, dla przypadku kiedy intensywność uszkodzeń jest rosnąca, a obiekt podlega stopniowemu zużyciu,
- logarytmiczno-normalnego stosowanego gdy intensywność występowania stanów awaryjnych maszyny można opisać funkcją wklęsłą, a podczas normalnej eksploatacji występuje proces obniżenia odporności na obciążenia zewnętrzne.

W przypadku złożonych układów mechanicznych, a do takich niewątpliwie zalicza się systemy technologiczne, oszacowanie systemowej wartości funkcji niezawodności jest niestychanie trudne. Trudność ta wynika z różnorodności poszczególnych podsystemów funkcjonalnych analizowanej struktury technologicznej (obiektu), która kształtowana jest przez niezawodność wszystkich elementów składowych. Poziom niezawodności elementów składowych należy rozpatrywać indywidualnie ze względu na ich specyfikę (budowę, jakość wykonania, sposób obsługi itp.). Z tego powodu, do analizy i określania systemowej wartości funkcji niezawodności - R_s , wykorzystuje się niezawodnościowe schematy strukturalne (metoda schematów blokowych) [3] oraz metody bazujące na algebrze boole'a. Metody te pozwalają związać poziom niezawodności każdego składnika struktury obiektu złożonego R_s , z ogólną systemową wartością funkcji $R_s(t)$. Oznacza to, że w przypadku pojedynczych maszyn i urządzeń problem koncentruje się na analizie wpływu zachowań poszczególnych (lub wybranych, zależnie od potrzeb i możliwości) podzespołów funkcjonalnych lub montażowych na poziom jej niezawodności. W przypadku systemów technologicznych (struktur złożonych) ocenie podlega wpływ poszczególnych podsystemów: technologicznego, transportowego, manipulacyjnego oraz magazynowego, które tworzą ich strukturę organizacyjną, na całkowitą, systemową wartość funkcji niezawodności systemu. Analiza oparta na schematach blokowych, pozwala związać charakter i specyfikę niezawodnościową obiektu (podsystemu), poprzez dopasowanie odpowiedniego rozkładu prawdopodobieństwa opisującego jego funkcję niezawodności, z funkcją niezawodności systemowej całej złożonej struktury technologicznej. Metoda schematów blokowych pozwala na budowanie zhierarchizowanych struktur niezawodnościowych: dla jednego obiektu, dla obiektów złożonych, dla całego systemu. Dzięki temu możliwe jest określenie elementów najmniej podatnych na uszkodzenia, a także wytypowania tych o najniższym poziomie niezawodności. Do grupy struktur niezawodnościowych zalicza się struktury [3, 7]:

- a) podstawowe: szeregową (rys. 1a), równoległą (rys. 1b), z rezerwą;
- b) złożone, budowane ze struktur podstawowych (szeregowych, równoległych, z rezerwą).

Ponieważ elastyczne, zintegrowane i zrobotyzowane systemy technologiczne są strukturami wielosystemowymi, zarówno pod względem technologicznym jak i organizacyjnym, na jakość pracy wpływ mają zarówno systemy konstrukcyjne, technologiczne i organizacyjnego przygotowania produkcji. Problem podniesienia oczekiwanego poziomu niezawodności można rozciągnąć nie tylko na obszar bieżącego



Rys. 1. Przykłady podstawowych struktur niezawodnościowych: a) szeregowej, b) równoległej.
 R_s – systemowa wartość funkcji niezawodności, R_n – funkcja niezawodności obiektu n

funkcjonowania systemu technologicznego (bezusterkowość, produkcja na pożądanym poziomie jakościowym, terminowość produkcji itd.), ale również na obszar zadań związanych z przygotowaniem technologii w zakresie organizacji (projektowania) systemu elastycznego. W zakresie projektowania, w oparciu o przedstawione struktury niezawodnościowe można wskazać taką organizację struktury technologicznej, która może znacząco podnieść niezawodności systemu. Do poprawy niezawodności może się przyczynić wykorzystanie struktur organizacyjnych opartych na tzw. maszynach wzajemnie zamiennych. Zastosowanie innej struktury organizacyjnej (maszyny wzajemnie dopełniające się) zwiększa podatność na wystąpienie awarii całego systemu w przypadku przestoju pojedynczej maszyny [11]. Struktura oparta na maszynach wzajemnie zamiennych opiera się na wykorzystaniu w systemie produkcyjnym stanowisk-maszyn o tych samych możliwościach technologicznych. Rozwiązanie takie zaliczyć należy do struktury równoległej, w zakresie jednego stanowiska (jednej operacji technologicznej). W warunkach normalnej eksploatacji układ taki gwarantuje zwiększenie wydajności (rozwiązanie takie stosowane jest na liniach produkcyjnych do likwidowania „wąskich gardeł”). W sytuacji wystąpienia awarii, przy dostatecznie wysokiej wydajności zastosowanych maszyn pozostałe maszyny mogą przejąć zakres robót realizowanych dotychczas na maszynie na której wystąpiła awaria. Oczywiście jest, że ustalenie liczby maszyn wzajemnie zamiennych wynikać musi z analizy wartości funkcji $R(t)$ ustalonych dla wykorzystanych w systemie maszyn. Oczekiwany poziom elastyczności systemu produkcyjnego wynika nie tylko z rodzaju i możliwości tworzących go stanowisk obróbczych (elastyczność maszyn), ale również z elastyczności marszrut technologicznych i ograniczeń kolejnościowych [10]. Jest to związane z procesem technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji. Ze względu na niejednorodność analizowanych obiektów: maszyny, zadania technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji, ustalenie wartości funkcji niezawodności dla całego systemu, metodami innymi niż metoda strukturalnych schematów blokowych, uwzględniających zhierarchizowanie całego procesu przygotowania produkcji i wytwarzania z uwzględnieniem ich niejednorodności i specyfiki, nie jest możliwe.

3. Systemy diagnostyki maszyn i procesów technologicznych

Podstawowym problemem omawianych zagadnień jest wyznaczenie wartości funkcji niezawodności $R(t)$. Najprostszym sposobem jest analiza przebiegu procesu eksploatacji

maszyny lub procesu technologicznego i wyszczególnienie w nim przypadków występowania awarii, ich częstotliwości i przyczyn. Na tej podstawie możliwe jest określenie podstawowych parametrów (miar) niezawodnościowych, do których zalicza się: prawdopodobieństwo działania, intensywność uszkodzeń, oczekiwany średni czas pomiędzy uszkodzeniami MTBF, średni czas napraw - MTTR itp. W przypadku złożonych systemów technicznych problem niezawodności jest uwarunkowany wieloma czynnikami, których znaczenia i wpływu na bieżące funkcjonowanie środków technicznych nie jesteśmy w stanie do końca poznać, ani oszacować. Wynika to z braku możliwości prowadzenia dostatecznie szczegółowych analiz i modelowania tak procesu produkcyjnego, jak i zjawisk niezawodności. Dodatkowym problemem jest fakt, że dynamicznie prowadzone procesy obróbkowe podlegają prawom przypadku, które nie do końca pozwalają się modelować czy przewidywać i to niezależnie od przestrzegania zasad polityki niezawodności [4, 5, 6]. Niezależnie więc od obowiązujących procedur, poziomu kultury i świadomości technicznej, ważnym składnikiem procesu utrzymania i kontroli niezawodności maszyn i systemów wytwórczych są systemy diagnostyczne maszyn (monitorowania stanu maszyn) i systemy diagnostyki systemów produkcyjnych. Do pierwszej grupy systemów (diagnostyka i monitorowanie stanu maszyn) zalicza się systemy [8] realizujące diagnostykę eksploatacyjną i diagnostykę remontową. Diagnostyka eksploatacyjna, w odniesieniu do maszyn technologicznych, związana jest głównie z diagnozowaniem stanu maszyny pracującej, który w istotny sposób wpływa na jakość produkowanych wyrobów. I tak do grupy tych systemów zalicza się systemy:

- diagnostyki stanu ostrza narzędzi skrawających, które pozwalają na badanie stopnia zużycia narzędzia w trakcie prowadzenia obróbki i przez to korygowanie jego ustawień, co pozwala utrzymać wymagane dokładności wymiarowe powierzchni obrabianych. Ocenę stanu ostrza dokonuje się poprzez pomiar drgań i sił skrawania, co zapobiega przeciążeniom ustroju konstrukcyjnego maszyny (naprężenia dopuszczalne, ugięcia). Systemy tego typu nastawione są na wykrywanie stanów zużycia katastroficznego narzędzi, związanego z ich nieodwracalnym zniszczeniem.
- systemy adaptacji geometrycznej, które umożliwiają korygowanie ustawień narzędzia, wymuszanych zużyciem eksploatacyjnym.

Oprócz tych dwóch podstawowych rodzajów układów diagnostycznych maszyn technologicznych, wykorzystywane są standardowo układy pomiaru przeciążeń napędów (kontrola sił tarcia) i dopuszczalnych temperatur pracy maszyn i ich układów sterowania. Wyniki prowadzonych procesów detekcji awarii (oczujnikowanie maszyn) i diagnostyki eksploatacyjnej pozwalają na wypracowanie informacji związanych z bieżącą obsługą maszyn (a przez to również procesów produkcyjnych) dla [8, 9]:

- ustawiaczy i operatorów, z czym związane są informacje dotyczące stopnia sprawności maszyny, przewidywanych okresów pracy bezawaryjnej (bezobsługowej),
- służb remontowych, wskazujące miejsce awarii i jej przyczynę (jeżeli stosowany system diagnostyczny posiada odpowiednie mechanizmy wnioskowania).

Procedury diagnostyki remontowej związane są z oceną stanów awaryjnych maszyny prowadzoną na podstawie analizy uszkodzonych podzespołów i części. Wyniki tych analiz (pomiar, oględziny, procedury remontowe) umożliwiają opracowanie wniosków dotyczących eksploatacji, diagnostyki i zasad utrzymania ruchu.

Systemy diagnostyki procesów produkcyjnych działają w oparciu o szeroko prowadzone

procesy detekcji uszkodzeń, analizy stanu bieżącego maszyn i ich podzespołów, wykorzystywanie w szerokim zakresie modeli diagnostycznych maszyn (np. metody oparte na modelach odwrotnych, opis obiektu w przestrzeni stanu, drzewa uszkodzeń - FTA, itp.[7]). Podstawą funkcjonowania tych systemów jest wykorzystanie w szerokim zakresie procesów diagnostycznych rozpiętych na cały system produkcyjny. Systemy te najczęściej zatem są oparte na technikach komputerowego wspomaganie CAx. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest realizowanie w sposób ciągły (on-line) zadań monitorowania stanów maszyn i ich diagnostyki, co w kontekście przyjętego modelu niezawodnościowego, opisującego analizowany proces produkcyjny, pozwala na bezpośrednią ocenę stanu prowadzonego procesu. Wykorzystywane systemy komputerowe, w szczególności komputerowe systemy sterowania nadrzędnego posługują się do tego celu odpowiednimi testami-pułapkami, pozwalającymi na wykrycie i rozpoznanie stanów awaryjnych maszyny, ustalenie ich miejsca i przyczyn. Wykrycie stanów oraz zjawisk prowadzących do powstania awarii sygnalizowane jest w tych systemach odpowiednim alarmem. Sygnał wykrycia awarii jest ponadto dostarczany dla operatora lub dyspozytora systemu produkcyjnego. Systemy tego typu, oprócz standardowych możliwości systemów sterowania numerycznego maszyn, pozwalają na kontrolę czasów pracy bezobsługowej i wyznaczają planowe okresy przeglądów (np. w oparciu o zliczanie przepracowanego czasu). Takie proste działania pozwalają na ograniczenie skutków ewentualnych awarii lub umożliwiają ich uniknięcie. Również systemy komputerowego wspomaganie związane z procesami technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji często posiadają możliwość oceny skutków niesprawności maszyn wchodzących w skład analizowanej (projektowanej) struktury technologicznej. Przykładem może być program Enterprise Dynamics, który posiada możliwość wiązania różnych modeli statystycznych (rozkładów prawdopodobieństwa) z maszynami tworzącymi analizowany system produkcyjny, a przez to daje możliwość oceny jego niezawodności, wskazania obiektów najbardziej zawodnych (podatnych na awarie) i oceny ich wpływu na wydajność całego systemu produkcyjnego.

Ważnym składnikiem procesu podnoszenia niezawodności maszyn i systemów produkcyjnych jest tzw. polityka niezawodności i związana z nim inżynieria niezawodności [6]. Czynniki te pozwalają ustalić procesy prowadzenia wymaganych analiz niezawodności maszyn i systemów, dzięki którym możliwe jest wczesne wykrycie przyczyn powstawania awarii i przeciwdziałania ich występowaniu. Do głównych czynników kształtujących politykę niezawodności zalicza się: planowanie, szkolenia, monitorowanie i klasyfikowanie uszkodzeń, modelowanie procesów niezawodności oraz prowadzenie specjalistycznych analiz i szczegółowe dokumentowanie wykrytych awarii (czasu, długości, przyczyny, naprawy i jej zakresu). Inżynieria niezawodności określa sposoby podejmowania działań na poziomie aktywności inżynierskiej związanej z procesami projektowania i zarządzania produkcją, które powinny prowadzić do podniesienia poziomu niezawodności wyrobów i struktur produkcyjnych: wskazanie elementów kluczowych procesu niezawodności, analiza danych eksploatacyjnych, planu i modelu niezawodności, celu zakresu i warunków badania poziomu niezawodności wyrobów, maszyn i systemów oraz śledzenia (monitorowania) uszkodzeń eksploatacyjnych.

6. Podsumowanie

Problem niezawodności maszyn i systemów produkcyjnych należy do jednych z najważniejszych zagadnień związanych z prawidłową eksploatacją maszyn. Wiąże się on

z pożądanym i planowanym stopniem wykorzystanie maszyn i systemów produkcyjnych, gwarantującym efektywność eksploatacyjną i ekonomiczną. Poszukiwanie optymalnych rozwiązań w tym zakresie, oparte jest na szczegółowych analizach modeli niezawodnościowych, które z racji wykorzystania ich w wielosystemowych, złożonych organizacyjnie strukturach technologicznych pozwalają przewidywać ogólny systemowy poziom niezawodności. Wykorzystanie komputerowych systemów wspomagania prac organizacyjnych i technologicznych oraz sterowania nadrzędnego (dyspozytorskiego) umożliwia modelowanie stanów pracy bezawaryjnej poprzez szeroką diagnostykę i monitorowanie stanu maszyn, oraz prowadzenie odpowiedniej polityki niezawodności, której zasady definiują odpowiednie zalecenia normologiczne.

Literatura

1. PN-84/N-04041/05: Niezawodność w technice. Zapewnienie niezawodności obiektów technicznych. Ogólne zasady badań.
2. PN-93/N-501981: Słownik terminologii elektryki. Niezawodność; jakość usługi.
3. PN-EN 61078: Techniki analizy niezawodności. Metoda schematów blokowych niezawodności oraz metody boolowskie.
4. PN-IEC 60300-3-4: Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Przewodnik dotyczący specyfikowania wymagań niezawodnościowych.
5. PN-ISO 9000-4/PN-IEC 300-1: Przewodnik dotyczący zarządzania programem niezawodności.
6. PN-EN 61014: Program wzrostu nieuszkodzalności.
7. Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 2009.
8. red. Korbicz J., Kościelny J.M., Kowalczyk Zdz., Cholewa W.: Diagnostyka procesów. Modele. Metody sztucznej inteligencji. Zastosowania. WN-T. Warszawa, 2002.
9. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. WN-T. Warszawa, 1995.
10. Sawik T.: ESP. Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. WNT, Warszawa, 1992.
11. red. Wrotny L.T.: Robotyka i elastycznie zautomatyzowana produkcja. T.8.: Wspomagane komputerowo projektowanie elastycznych systemów produkcyjnych. WNT, Warszawa, 1990.

Dr hab. inż. Gabriel G. KOST, prof. Pol. Śl.
Dr inż. Daniel RECLIK
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska w Gliwicach
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18A
tel.: (32) 237-16-09, (32) 237-14-02
fax: (32) 237-16-24
e-mail: gabriel.kost@polsl.pl
daniel.reclik@polsl.pl