

## ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ W ZINTEGROWANYM WYTWARZANIU

*Streszczenie: W referacie opisane zostało podejście modułowe do modelowania systemów komputerowego wspomaganie systemów zarządzania jakością z uwzględnieniem wymagań norm ISO serii 9000. Podkreślona została istota sprzęgu pomiędzy systemami CAQ i PPC oraz omówione zostały zasady wdrażania systemów CAQ i tendencje ich rozwoju. Naświetlono także problematykę związaną z zapewnieniem jakości oprogramowania.*

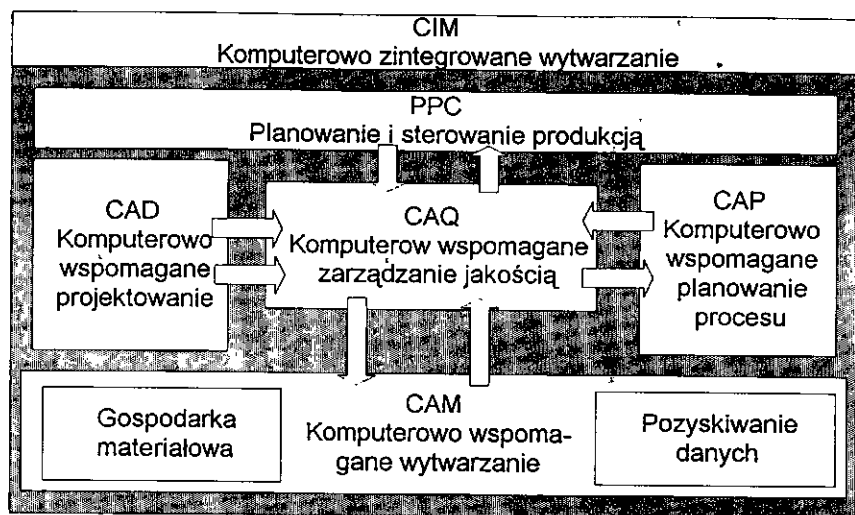
*Abstract: Modular approach to modelling of CAQ system with regards to ISO 9000 requirements was described. The significance of CAQ/PPC interfaces were emphasised. The rules of introduction of CAQ systems and developing tendency were referred to. Emphasis was also given on problems concerning Quality of software.*

### 1. WSTĘP

Rosnąca konkurencja, ostra walka cenowa i przerzucenie całej odpowiedzialności za produkt na jego producenta sprawiły głębokie przemiany na świecie, w tym także i w Polsce w podejściu przedsiębiorstw do jakości przemysłowo wytwarzanych wyrobów. Wiele przedsiębiorstw uznaje więc obecnie wprowadzanie systemów zarządzania jakością jako najważniejsze organizacyjne przedsięwzięcie, co widać także w Polsce po znacznej dynamice przyrostu przedsiębiorstw uzyskujących certyfikaty wg norm ISO serii 9000. Dla bardziej efektywnego kształtowania systemów zarządzania jakością wiele przedsiębiorstw decyduje się na zastosowanie systemów komputerowego wspomaganie jakości CAQ. W szczególności dotyczy to tych, które wprowadzały już wcześniej systemy informatyczne w innych dziedzinach swojej działalności i dążą do tzw. zintegrowanego systemu wytwarzania.

### 2. MODELOWANIE

Komputerowo wspomaganie zarządzanie jakością CAQ (*ang. Computer Aided Quality Management*) definiowane jest jako system przetwarzania danych, który stosowany jest do wspomaganie działań, technik i metod zarządzania jakością. Obejmuje on wszystkie etapy życia wyrobu, a przez to pełni funkcję integrującą obszary wewnątrz przedsiębiorstwa [Rys. 1]. Właściwie zaprojektowany i wdrożony system informatyczny, wspomagający funkcje zarządzania jakością wewnątrz przedsiębiorstwa, powinien poprzez odpowiednią komunikację zagwarantować ciągły przepływ wymaganych informacji, nadzorowanie danych i zapisów jakościowych, eliminując przy tym ich redundancję i wystąpienie potencjalnych błędów.



Rys. 1. Sprzężenia pomiędzy CAQ i innymi obszarami funkcyjnymi CIM [1]

### 2.1. Model informatycznego systemu jakości

Informacja o jakości definiowana jest jako informacja o wynikach oceny odchylenia, które jest rezultatem porównania wymagań założonych z odpowiednimi wynikami rzeczywistymi dotyczącymi właściwości jakościowej [2]. Oczywiście wartość takiej informacji będzie zależała w dużej mierze zarówno od metody porównania, użytego sprzętu jak i metody przetwarzania pozyskiwanych danych (same dane mogą nie stanowić jeszcze informacji).

Posiadanie informacji o jakości pozwala na tworzenie tzw. „pętli jakości” na różnym poziomie, bezpośrednio w procesie jak i tych obejmujących projektowanie wyrobów [3, 4, 5].

Aby system CAQ był skuteczny, musi zostać odpowiednio zintegrowany z istniejącym wewnątrz organizacji systemem informatycznym. Potrzeba ta jest szczególnie istotna ze względu na to, że system jakości ma charakter przekrojowy przez całe przedsiębiorstwo. Wiele danych, wykorzystywanych w systemie jakości, jest pozyskiwanych i przechowywanych przez inne obszary komputerowo wspomagane wytwarzania. Dane pozyskiwane z innych obszarów, powinny również, w zależności od potrzeb, być udostępniane na odpowiednich stanowiskach. Tendencje w rozwoju systemów CAQ zmierzają w kierunku tzw. systemów informatycznych dla jakości (ang. Quality Information System) [2]. Przykładem prac, które prowadzone są w tym zakresie, jest projekt zatytułowany *Qualitäts-Informationssysteme* realizowany w Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre WZL i Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik IPT w Aachen (Niemcy) razem z 45 partnerami z przemysłu i nauki. Projekt ten wspierany jest finansowo przez rząd niemiecki.

W przypadku wielu przedsiębiorstw może okazać się, że nie jest jeszcze uzasadnione kompleksowe wdrażanie takiego informatycznego systemu dla jakości QIS. Zwłaszcza, że wiąże się to ze znacznymi kosztami. Często lepiej jest zastosować podejście modułowe, pozwalające na wdrażanie poszczególnych modułów systemu CAQ w kolejnych etapach, przy spełnieniu założenia, że pozostaną one otwarte na współpracę z tymi, które będą wdrażane w dalszej kolejności.

## 2.2. Podejście modułowe do modelowania systemów jakości

Sprawą zasadniczą w tym podejściu jest możliwość sprzężenia kolejno wdrożonych modułów CAQ z już istniejącymi w przedsiębiorstwie, jak również z innymi obszarami komputerowo wspomaganego wytwarzania CIM. Tego typu integracja nabiera szczególnego znaczenia ze względu na fakt, że również inne obszary CIM poza CAQ mają decydujący wpływ na spełnienie wymagań stawianych systemom jakości przez normę ISO 9001 [2].

Badania rynkowe oferowanych systemów CAQ, wskazują na różne koncepcje podziału na moduły. Analiza oferty rynku niemieckiego pozwala na wyróżnienie następującego podziału na moduły funkcyjne [1, 6]:

- **Kontrola.**

Kontrola części jest to jeden z najlepiej rozwiniętych modułów współczesnych systemów CAQ. Moduł kontroli może zostać podzielony na następujące elementy: planowanie kontroli, sterowanie kontrolą, pozyskiwanie danych z kontroli, ocena danych z kontroli.

- **Statystyczne sterowanie procesem.**

Moduł ten odgrywa ważną rolę w wszystkich poziomach wytwarzania w przedsiębiorstwie. Powinien on, w miarę możliwości, pozwalać na automatyczne wprowadzanie danych. Przyjazny, właściwie zaprojektowany interfejs użytkownika ma duże znaczenie zarówno dla poprawnego wprowadzania danych, jak również odgrywa decydującą rolę przy poprawnej interpretacji i podejmowaniu decyzji na podstawie wykresów w postaci kart kontrolnych.

- **Zarządzanie reklamacjami.**

Rola tego modułu to: pozyskiwanie danych o reklamacjach, postępowanie z reklamacjami, ocena reklamacji, ocena skuteczności prowadzonych działań i poniesionych kosztów.

- **Ocena danych dotyczących jakości.**

Moduł ten spełnia następujące funkcje: ocena statystyczna długookresowa, ocena poddostawców, ocena kosztów jakości, tworzenie sprawozdań.

- **Gospodarka narzędziami kontrolno-pomiarowymi.**

Również w przypadku tego modułu oferta rynkowa jest dosyć szeroka. Podstawowe zadania tego modułu w odniesieniu do środków kontrolno pomiarowych to: planowanie kontroli, sterowanie kontrolą, zbierania i zarządzanie danymi dotyczącymi kontroli, ocena danych.

- **Analiza uszkodzeń i ich skutków (FMEA).**

Ze względu na coraz częściej stawiane wymagania co do stosowania analizy FMEA, szczególnie w przypadku przemysłu motoryzacyjnego, moduł ten często pojawia się jako osobna oferta. Zapotrzebowanie na komputerowe wspomaganie FMEA i integrację z innymi obszarami wytwarzania wynika również z tego, że przy jej prowadzeniu potrzebnych jest wiele informacji pochodzących z innych obszarów wytwarzania, min. konstrukcji, technologii, badań i rozwoju. Innym powodem jest problem zarządzania dużą ilością informacji, która pojawia się jako wynik prowadzonych analiz. Skuteczność prowadzenia kolejnych zależy od wykorzystania analiz prowadzonych poprzednio dla podobnych wyrobów.

- **Audity.**

W przypadku tego modułu systemy CAQ oferują głównie: ustalanie i zarządzanie katalogami pytań, ocenę auditu, planowanie auditu, nadzorowanie terminów.

### 2.3. Systemy CAQ w kontekście wymagań normy ISO 9001

Norma ISO 9001 jest obecnie podstawowym zaleceniem do zapewnienia jakości w projektowaniu, pracach badawczo-rozwojowych, produkcji, instalowaniu i serwisie. Należy jednak pamiętać o tym, że samo wdrożenie systemu CAQ, nie jest wystarczające do tego, aby całkowicie spełnić wymagania normy. Na przykład zadania związane z zarządzaniem dają się tylko w niewielkiej części przeprowadzać w sposób wsparty komputerowo. Ich realizacja wiąże się z przeprowadzeniem reorganizacji i zmian w kadrach. Zgodnie z [7] tylko 25% wymagań stawianych przez normy spełnianych jest przez klasyczne systemy CAQ. Bliższa analiza pokazuje, że systemy wspomagające zapewnienie jakości nie są podstawowymi czynnikami, które mają wpływać na spełnienie wymagań normy ISO 9001. 75% tych wymagań stawianych jest innym komponentom CAx. Jest to potwierdzenie konieczności włączenia systemu CAQ w system informatyczny przedsiębiorstwa w ramach CIM.

Zgodnie z [1] odpowiednie moduły systemu CAQ mogą wspomagać poszczególne elementy normy ISO 9001 (Rys. 2).

Elementy ISO 9001	Moduły CAQ																							
	Odpowiedzialność kierownicza	System jakości	Przebieg umowy	Stwierdzenie projektowaniem	Nadzór nad dokumentacją i danymi	Zakup	Postępowanie z wyrobem dostarczanym przez klienta	Oznaczanie wyrobu i jego identyfikowalność	Stwierdzenie procesem	Kontrola i badania	Nadzór nad wyposażeniem do kontroli, pomiarów i badań	Status kontroli i badania	Postępowanie z wyrobem niezgodnym z wymaganiami	Działania korygujące i zapobiegawcze	Postępowanie z wyrobem, jego przechowywanie, pakowanie, zabezpieczanie i dostarczanie	Nadzorowanie zapisków dotyczących jakości	Wewnętrzne audyty jakości	Szczegół	Serwis	Metody statystyczne	Ekonomiczne aspekty jakości	Bezpieczeństwo wyrobu	Marketing	
Kontrola	○	○		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SPC	○	○		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Postępowanie z reklamacjami	●	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Analiza danych dot. jakości	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Środki kontrolno-pomiarowe		○		●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
FMEA		○		●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Audyty	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Objaśnienia: ● duże wspomaganie      ● wspomaganie      ○ brak wspomagania

Rys. 2. Wspomaganie poszczególnych elementów normy ISO 9001 przez wybrane moduły CAQ [1].

### 3. SPRZĘŻENIE CAQ/PPC (Production Planning and Control)

Systemy planowania i sterowania produkcją wspomagają realizację zleceń produkcyjnych w wielu obszarach przedsiębiorstwa i stanowią jeden z najważniejszych komponentów CIM. System CAQ podobnie jak system PPS jest systemem przekrojowym, obejmującym zakresem swojego działania wiele obszarów przedsiębiorstwa. Oba systemy CAQ i PPC wykorzystują często te same dane dotyczące np. klienta, poddostawców, maszyn, materiałów i przebiegu aktualnego zlecenia. W sytuacji kiedy oba systemy operują na tych samych danych szczególne znaczenia nabiera potrzeba integrowania tych systemów. Dodatkowym faktem przemawiającym za integrowaniem tych systemów jest obserwowane, w dostępnych na rynku systemach

CAQ i PPC, implementowanie przez producentów takich samych lub podobnych funkcji. Jednym ze stosowanych sposobów integracji systemów CAQ i PPC jest tzw. sprzężenie funkcjonalne polegające na wykorzystaniu funkcji jednego systemu przy operacjach na danych pochodzących z obu systemów. Spotykana jest również integracja tych systemów, polegająca na wydzieleniu z obu systemów poszczególnych funkcji i utworzeniu nowej funkcji.

Wśród wielu czynników przemawiających za koniecznością integracji systemów CAQ i PPC są takie, które można nazwać punktami ciężkości takiej integracji. Jednym z takich punktów jest zaopatrzenie w części, które jest wspomagane zarówno przez PPC jak i CAQ. W zakres tej funkcji może wchodzić generowanie podstawowych informacji o częściach, ustalenia co do ceny, terminów, ilości, jakości. Na tym poziomie dokonywane są też zlecenia i ich nadzorowanie, jak również ocena poddostawców. Kolejnym punktem ciężkości jest planowanie i nadzorowanie produkcji. Zadaniem tej funkcji jest, to aby właściwy materiał i środki produkcji znalazły się we właściwym czasie, w odpowiedniej kolejności i przy optymalnym wykorzystaniu wszystkich zasobów znajdujących się w dyspozycji. Ostatnim istotnym punktem ciężkości jest wytworzenie poszczególnych części. W zakresie tej funkcji wchodzi planowanie i kierowanie wytworzeniem, koordynowanie postępowania z zamówieniem przy produkcji i kontroli. Musi być tu zagwarantowane dotrzymanie ustalonych warunków zamówienia (termin, ilość, jakość, cena).

Według badań rynkowych przeprowadzonych w Niemczech [1] 76% dostawców systemów CAQ oferowało sprzężenia z systemem PPC dla pozyskiwania danych dotyczących terminów, ilości jak również do pozyskiwania danych jakościowych dotyczących zakupów. Podobnie 76% widzi możliwość realizacji połączenia pomiędzy funkcjami wspomagania wyboru dostawcy i jego oceny. W ramach najważniejszych punktów sprzężenia planowania i sterowania produkcją 44% dostawców systemów CAQ utrzymuje, że możliwe jest zastąpienie funkcji PPC - planowanie terminów i zdolności oraz funkcji CAQ - sterowanie kontrolą, przez jedną funkcję. Wskazują oni jednocześnie, że ta funkcja powinna zostać przyporządkowana systemowi PPC i powinna korzystać z zasobów obu systemów. 64% wskazuje na możliwość połączenia funkcji PPC - sterowanie produkcją z funkcją CAQ - przygotowanie zleceń kontroli, w jedną funkcję. 36% wskazuje przy tym, że taka funkcja powinna znajdować się w systemie PPC. Połączenie funkcji PPC - sterowanie produkcją z funkcjami CAQ - prowadzenie kontroli pozwala na określenie stanu realizacji produkcji, jak również określenie stanu realizacji zleceń kontroli. Z opisanych wyników widać, że dostawcy systemów dążą do integracji systemów CAQ i PPC. W ramach dokonywanych integracji większość funkcji zostaje przypisywanych systemowi PPC.

#### 4. WDRAŻANIE SYSTEMÓW CAQ

Sukces instalacji systemów CAQ zależy w dużej mierze od sposobu ich wdrażania w przedsiębiorstwie. Na przykład niepełne rozpoznanie wymaganych funkcji systemowych oraz niewystarczające szkolenie obsługujących może prowadzić do niepowodzenia, choć sam system CAQ może być technicznie bezbłędny. Proponowana zarówno przez DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität) [14] jak i innych autorów [1, 8] fazowa koncepcja wdrażania systemów CAQ, której dwie pierwsze fazy omówione zostaną poniżej, przedstawia się następująco:

- faza przygotowawcza, w skład której wchodzi: ustanowienie projektu, analiza stanu obecnego zarządzania jakością i opracowanie koncepcji docelowej CAQ,
- faza wyboru systemu, w skład której wchodzi: wybór wstępny, wybór ostateczny, podpisanie umowy,
- faza wdrażania, na którą składa się: przygotowanie wdrożenia, instalacja systemu i uruchomienie,

- faza stosowania, na które składa się: serwisowanie systemu, integracja w obrębie całego przedsiębiorstwa, odnawianie systemu.

Ustanowienie projektu pod nazwą „Wdrożenie systemu CAQ” łączy się przede wszystkim z utworzeniem zespołu kompetentnych przedstawicieli działów: przetwarzania danych, produkcyjnego, sterowania zleceniami i zapewnienia jakości. Zaleca się przy tym grupę nie większą niż 6 osób. Wynikiem już samego ustanowienia takiego projektu jest włączenie projektu CAQ w strategię projektów całego przedsiębiorstwa, koordynacja i uzgodnienia z innymi projektami oraz stworzenie planu czasowego. Czas wdrażania może wynosić nawet dwa lata w przypadku braku doświadczonego zewnętrznego wspomaganie.

Dokładna analiza stanu obecnego zarządzania jakością jest podstawą opracowania wymagań co do systemu CAQ. Powinna ona doprowadzić do udokumentowania min.: obecnego przepływu danych jakościowych, używanych typów i grup danych, ilości danych (głównie dla zwymiarowania hardware'u) oraz uwarunkowań ze strony używanego hardware'u i software'u (CAD, PPC itd.). Ponadto należy ustalić jakie szkolenia pracowników będą potrzebne.

Na podstawie analizy stanu obecnego i celów zadanych przez zarząd przedsiębiorstwa zespół wdrożeniowy musi opracować stan docelowy w zakresie CAQ i udokumentować go w postaci zapytania ofertowego, zawierającego min.: dane o przedsiębiorstwie, opis sytuacji wyjściowej, opis struktury docelowej systemu CAQ, miejsca pozyskiwania i udostępniania danych jakościowych, opis przebiegu projektu wdrożenia CAQ oraz katalog wymagań co do funkcjonalności, przetwarzania jak i przechowywania danych, dokumentacji systemowej i serwisowania systemu CAQ.

Na podstawie zamkniętej w ten sposób fazy przygotowawczej można przystąpić do wyboru najlepszej oferty na rynku. Największy problem stanowi tu duża liczba oferowanych systemów CAQ, np. na rynku niemieckim notowano w 1995 około 100 standardowych systemów [1]. Z tego też powodu skuteczne okazuje się dokonanie wstępnie wyboru wstępnie na podstawie publikowanych przeglądów rynku CAQ [1, 9] czy też odpowiedzi na rozsyłane do potencjalnych dostawców ankiety zawierające katalogi pytań, które można przykładowo zaczerpnąć z opracowania DGQ [14]. W instytucie Fraunhofera IPT w Aachen opracowano nawet bazę danych, w której systematycznie od 1992 roku zbierane i uaktualniane są dane o 50 najważniejszych systemach CAQ na rynku niemieckim. Wynikiem zgrubnego wyboru powinno być wyselekcjonowanie do 10 systemów, które należy poddać bardziej szczegółowej analizie. W tym celu można przesłać do tych kilku potencjalnych dostawców opracowane wcześniej zaproszenia do składania ofert. Na podstawie porównania otrzymanych ofert (cena, funkcjonalność itp.) daje się zwykle ograniczyć liczbę ofert branych dalej pod rozwagę do maksymalnie 4. Dalszy wybór systemu dobrze jest oprzeć na poddaniu go testom przez użytkownika. Tu sprawdziły się w praktyce jedno- lub dwudniowe sesje u oferujących systemy. Przygotowanie się użytkownika systemu CAQ polegać powinno na zdefiniowaniu zestawu testów i jednolitego, w stosunku do każdego oferującego, systemu oceny przebiegu tych testów. Wskazane jest prócz tego dokonanie, choć jest to trudne zadanie, oceny solidności oferujących, zwłaszcza że inwestycje w system CAQ mogą łatwo osiągnąć wartość kilkuset tysięcy dolarów w przypadku większych przedsiębiorstw. Jednym z takich kryteriów wiarygodności może być lista klientów oferującego, co może dać wskazanie czy oferowany system okazał się wartościowy w danej branży, a w każdym razie czy oferujący jest obeznany z jej problemami. Może być wskazany kontakt do wizyty włącznie u wybranego klienta. Sama wielkość firmy oferującej system CAQ jest raczej wskaźnikiem dość kiepskim jako, że wg niemieckich

badań rynkowych znakomita większość tych firmy to firmy zatrudniające mniej niż 50 pracowników (75%). Zaufanie do oferującego wzrasta i prowadzi do efektywnej współpracy między oferującym i użytkownikiem systemu po stosowaniu z sukcesem systemu CAQ przez 7- 8 lat [1].

## 5. TENDENCJE ROZWOJU RYNKU SYSTEMÓW CAQ

Firmy oferujące systemy CAQ to z reguły małe firmy zatrudniające od 4 do 40 pracowników [1]. Tylko niewiele z nich to firmy duże, które obok systemów CAQ oferują inne produkty informatyczne. Ponieważ rynek software'u i hardware'u odznacza się dużą dynamiką, a i wymagania co do systemów CAQ stale rosną, niezbędne okazują się ciągłe zmiany zainstalowanego systemu CAQ. Stąd też obserwuje się zainteresowanie tymi oferującymi, którzy nie tylko podejmują się posprzedażnego serwisowania systemu, ale zapewniają dostarczanie nowych wersji i upgrade'ów, integrację z innymi dziedzinami i obszarami w przedsiębiorstwie (np. z system sterowania i planowania produkcji, sprzężenie ze współrzędnościową maszyną pomiarową) i wchodzi w długoterminowe partnerstwo z użytkownikiem.

Przed kilku laty oferujący proponowali zwykle pojedyncze elementy CAQ [10]. Obecnie zaś oferują systemy posiadające w przeważającej większości prawie wszystkie podstawowe moduły (patrz 2.2) [1]. To dodatkowo utrudnia użytkownikowi wybór na rynku spośród systemów CAQ o takim samym zakresie.

Inną dość wyraźną tendencją jest zdecydowany wzrost popularności systemów na komputery osobiste, wykorzystujących architekturę client-server i/lub architekturę terminalową i jednocześnie spadek popularności systemów na duże czy mini komputery [1, 9]. Jakkolwiek wiele systemów CAQ oferowanych jest równocześnie na kilka platform z różną architekturą. Tendencja ta jest rezultatem wzrastającej mocy obliczeniowej komputerów osobistych przy jednoczesnym spadku ich cen.

Tendencja co do platformy hardware'owej ma swoje odbicie w tym, że bardzo dużo systemów CAQ oferowanych jest pod systemy operacyjne MS-DOS i MS-Windows [1, 9], przy czym wielu oferujących proponuje jednocześnie swoje produkty na różne systemy. W dalszej kolejności używane są systemy UNIX i OS/2.

Istotne znaczenie ma też stosowany bank danych. Oferowane systemy CAQ wykorzystują bogatą paletę banków, włącznie z oryginalnymi własnymi rozwiązaniami. Przy czym królują relacyjne banki danych, wśród których przewodzi Oracle [1], oferujące otwarte interfejsy jak SQL czy ODBC [9].

Ponadto daje się zaobserwować trend do oferowania systemów CAQ, których moduły są nie tylko mocno zintegrowane między sobą i przystosowane do współpracy z peryferiami do zbierania danych, ale także przewidują możliwość integracji z innymi komponentami CIM [1, 9]. W szczególności ma miejsce duża koncentracja oferujących systemy CAQ, jak i zresztą użytkowników, sprzężeniu CAQ-PPC (patrz 3).

## 6. ZAPEWNIENIE JAKOŚCI OPROGRAMOWANIA

Mówiąc o komputerowo zintegrowanych systemach wytwarzania nie można pominąć tak istotnego problemu jakim jest zabezpieczenie jakości oprogramowania, które według normy IEEE 729 obejmuje programy (kody źródłowe i obiektowe), dokumentację i dane. Obecnie, gdy coraz większa liczba urządzeń wytwórczych, procesów produkcyjnych oraz procesów związanych z przesyłaniem, przechowywaniem i przetwarzaniem danych na różnych etapach produkcji jest sterowana bądź też odbywa się za pomocą komputerów, jakość oprogramowania nabiera coraz większego znaczenia. Oprogramowanie musi być traktowane jako jeden z

równorzędnych składników złożonego wyrobu. Rola oprogramowania w budowie maszyn jest więc coraz istotniejsza. O ile początkowo maszyny wykorzystywały tylko czysto mechaniczne rozwiązania, to z biegiem czasu nastąpił wzrost znaczenia oprogramowania, które początkowo spełniało funkcje pomocnicze, potem przejęło funkcje główne, a obecnie daje możliwość wykorzystania nowych funkcji, które dotychczas nie mogły być realizowane bez odpowiedniego oprogramowania.

Wraz ze wzrostem znaczenia oprogramowania jako jednego z podstawowych elementów maszyn, nabierają znaczenia aspekty ekonomiczne związane z tworzeniem oprogramowania. Udział kosztów związanych z tworzeniem oprogramowania dla sterowników maszyn (PLC, CNC) wynosi już około 80% wartości sterownika, podczas gdy koszt związany z jego osprzętem stanowi tylko 20%. Wartość oprogramowania w statystycznym produkcie eksportowym z krajów wysoko uprzemysłowionych przekracza 50% jego wartości [11].

Dotychczasowa praktyka pokazuje, że przy tworzeniu oprogramowania pojawia się wiele problemów, które najczęściej są związane z:

- niedotrzymaniem terminów realizacji (około 60% projektów jest zwykle opóźnionych o więcej niż 20%, a tylko 5% wszystkich projektów jest wykonywanych zgodnie z terminem)
- przekroczeniem kosztów tworzenia (koszty związane z usuwaniem błędów wynoszą często 60% wszystkich nakładów poniesionych przy rozwoju oprogramowania)
- błędami w eksploatacji,
- nieodpowiednią dokumentacją,
- kosztowną konserwacją.

Brak działań prewencyjnych w odniesieniu do powyższych problemów ze względu na wymagania określone w tzw. trójkącie konkurencyjności a związane z ceną, jakością i terminowością, czyni oprogramowanie, a często wraz z nim wykorzystującą je maszynę, towarem niekonkurencyjnym. Użytkownicy oprogramowania stawiają mu coraz większe wymagania, a dotyczą one przeważnie kompletności funkcji, łatwości obsługi, efektywności pracy (czas, wykorzystywana pamięć), niezawodności, odporności na błędy. W przyszłości od oprogramowania wymagany będzie pewien stopień elastyczności związany z dopasowywaniem się do nowych wymagań, możliwością rozpoznawania i łatwego usuwania błędów, zdolnością szybkiej adaptacji do innych systemów. Nieodłącznym składnikiem oprogramowania, o którym się często zapomina w rozważaniach jakościowych, jest dokumentacja programu. Powinna ona być kompletna, aktualna, zrozumiała dla użytkownika, wreszcie powinna ona charakteryzować się brakiem sprzeczności i powinna gwarantować zgodność z normami.

Konieczność zastosowania prewencyjnych działań jakościowych wynika z faktu, że koszty usunięcia błędów w oprogramowaniu podwajają się w kolejnych fazach życia oprogramowania (tab. 1).

Zapewnienie jakości oprogramowania wymaga więc określenia i zastosowania pewnych systematycznych metod i działań w czterech podstawowych zakresach:

- planowania jakości,
- sterowania jakością,
- kontroli jakości,
- czynników towarzyszących jakości.

Przy planowaniu jakości wykorzystuje się najczęściej tzw. metody inżynierii oprogramowania (ang. Software Engineering), których celem jest stworzenie oprogramowania spełniającego określone funkcje, pozbawionego błędów, w określonym czasie i w granicach kosztów, za pomocą odpowiednich metod i narzędzi. Do znanych metod tego rodzaju można zaliczyć: tabelę decyzyjną (DIN 66241), schemat przebiegu procesu (DIN 66001), schemat strukturalny i



przepływu danych (DIN 6261), itp. W wyniku prac związanych z planowaniem jakości powinny zostać zdefiniowane zadania dla wszystkich uczestników projektu oraz powinny zostać ustalone kolejne etapy pracy w ten sposób, aby specjaliści z danej dziedziny i informatycy mogli komunikować się poprzez wspólną bazę danych. Pomocnym narzędziem dla zrozumienia idei całego projektu jest jego wizualizacja za pomocą schematów blokowych przy udziale wszystkich uczestników projektu. Zalecane jest również opracowanie tzw. zeszytu zobowiązań zawierającego opisy wymagań, które obok żądań użytkownika powinien zawierać informacje o znaczeniu poszczególnych wymagań. Na tym etapie opisywane są również sprzęgi definiujące połączenia pomiędzy poszczególnymi częściami systemu lub połączenia pomiędzy poszczególnymi modułami albo częściami programu. Sprzęgi zapisywane są zazwyczaj w tzw. matrycy sprzęgów lub tablicy odsyłaczy. Wskaźnikom dla dokumentacji również przypisywane jest ich znaczenie oraz odpowiedni plan prób. Mówiąc o dokumentacji rozróżnia się dokumentację związaną z tworzeniem oprogramowania (dane dotyczące umowy, dokumentów systemu, danych wykorzystywanych przez program, zobowiązania, pojęcia użyte w programie, rozwiązanie postawionego zadania, cele kontroli, procedury kontrolne i testy, analiza, zestawienie kosztów z zyskami) oraz dokumentację programu.

FAZA	Analiza problemów i ustalenie wymagań	Projekt	Implementacja	Test	Instalacja	Wykorzystanie
CZYNNOŚCI	Ilość dostępnych danych i czasu	Projekt systemu	Kodowanie	System	Odbiór	Dozór
	Wykonalność	Projekt komponentów		Komponenty	Wprowadzenie	Konservacja
	Normy projektowe	Projekt modułów		Moduł		
	Zeszyt zobowiązań	Struktury danych		Dane		
		Sprzęgi				
Nakład czasu	15%	35-40%	15-20%	15-20%	10-15%	
Koszty	10%	30%	20%	20%	20%	20%
Koszty błędów	0.2	0.5	1	2	5	10-20
Odkrycie błędów	40 do 50%					40-50%
	Powstawanie					Użytkowanie

Tab.1 Fazy cyklu życia oprogramowania [12].

Działania związane ze sterowaniem jakością i kontrolą jakości służą do określenia stopnia spełnienia wymagań zawartych w zeszycie zobowiązań. W tym zakresie działalności projakościowej często wykorzystuje się tu metody zarządzania projektem (ang. *project management*). Nadzorowane są funkcje programu, dotrzymanie terminów i poniesione koszty. Istotnym elementem jest kontrola oprogramowania wg planów kontroli. Działania te zostały ujęte w normie DIN 66285. Kontrola taka rozpoczyna się zwykle od stwierdzenia możliwości przeprowadzenia kontroli tj. dostępności do dokumentów i aparatury kontrolnej. Następnie kontrolowany jest opis produktu, dokumentacja zawierająca instrukcje dla użytkownika, poprawność instalacji i współpracy programu z innymi modułami. Na podstawie zeszytu zobowiązań

wiązań definiowana jest lista testów. Po przeprowadzeniu kontroli programu powinien być sporządzony protokół kontroli zawierający jej przebieg, wyniki testów i stwierdzone błędy. Przez czynniki towarzyszące jakości rozumie się błędy, które mogą być wykryte dopiero w trakcie użytkowania programu. Uwzględniane są tu również dodatkowe życzenia użytkowników, ich uwagi i doświadczenia, które stają się później podstawą do wprowadzenia nowych wersji oprogramowania.

Wytyczne ułatwiające organizacjom tworzącym, obsługującym i dostarczającym oprogramowanie stosownie do normy ISO 9001 (PN-EN 9001) określone są w normie ISO 9000-3 (PN-EN 9000-3). Zawiera ona zalecane sposoby zarządzania i metody tworzenia oprogramowania, które spełniałoby wymagania nabywcy [13].

## LITERATURA

- [1] Haacke U., Hannen Ch., Lindemann Ch., Mischke B.: *Marketspiegel CAQ-Systeme*, Verlag TUV Rheinland GmbH, 1995
- [2] Scheer A.W.: *Qualitätsinformationssysteme. Modell und technische Implementierung*, Springer-Verlag, Berlin, 1996
- [3] Dziuba R., Koch T., Jednoróg A.: *Pętla sterowania jakością procesu produkcyjnego na przykładzie koncepcji realizowanej w laboratorium CSP*, Symposium „Systemy zapewnienia jakości w budowie maszyn”, Kraków, 1994.
- [4] Dziuba R., Koch T., Jednoróg A., Zadrożny R.: *Computer Aided Quality Assurance - an Overview*, International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Zakopane, 1996
- [5] Dziuba R., Koch T., Jednoróg A., Zadrożny R.: *Komputerowo wspomagane zapewnienie jakości - CAQ*, Seminarium „Techniczne aspekty zapewnienia jakości”, Politechnika Wroclawska, Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Wroclawskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 1996
- [6] Dziuba R., Koch T., Jednoróg A., Zadrożny R.: *Komputerowo wspomagane zapewnienie jakości - CAQ*, Quality Land, numer 1 (4), 1996
- [7] Westkämper E.: *Integrationspfad Qualität*, CIM-Fachmann, Springer-Verlag, Berlin, 1991
- [8] Pfeifer T.: *Qualitätsmanagement*. Carl Hanser Verlag München Wien 1993
- [9] Recherche: *PC-gestützte CAQ Systeme*. Industrie Management 12 (1996) Nr 4, GITO Verlag, Berlin
- [10] Reineke B., Lindemann T.: *Marktanalyse von CAQ-Systemen bezüglich Funktionalität und Kopplungsmöglichkeiten mit PPS-Systemen*. Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RWTH Aachen, 1992
- [11] Dillinger A., Freudenberg R., Friedl A., Gaida W., Gaus N., Krebs G., Pfeifer T., Miller N., Prinz P., Pitschel P., Simon K. - *Produktkomponente Software - Entwicklungsprozesse beherrschen. Wettbewerbsfaktor Productionstechnik*. Aachener Werkzeugmaschinen Kolloquium 13-14.06.1996, VDI-VERLAG GmbH, Düsseldorf 1996
- [12] Hering E., Triemel J., Blank H.P. - *Qualitätssicherung für Ingenieure*. VDI-Verlag 1994.
- [13] Normy dotyczące zarządzania jakością i zapewnienia jakości - PN-EN 9000-3. Polski Komitet Normalizacyjny. Grudzień 1994.
- [14] DGQ: *Entscheidungshilfen bei der Auswahl von CAQ-Systemen*, DGQ-schrift Nr. 14-21, Berlin 1995