

Tadeusz KLIMEK

## SZCZEGÓLNY CHARAKTER AUTOMATYZACJI PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO I PRZYGOTOWANIA WYTWARZANIA ZUNIFIKOWANYCH ŚRODKÓW TECHNICZNYCH

**Streszczenie.** Referat dotyczy komputerowego wspomaganie procesu projektowo-konstrukcyjnego (CAD) i komputerowego wspomaganie procesu wytwarzania (CAM). Przedstawiono różnice w rozwoju i przyczyny tych różnic dla procesów CAD i CAM w budowie maszyn. Rozpatrzona została sytuacja wspomaganie niepełnego procesu projektowo-konstrukcyjnego dla przypadku typoszeregu maszyn zunifikowanych.

### 1. WSTĘP

Komputerowe wspomaganie projektowania (Computer Aided Design-CAD) i komputerowe wspomaganie wytwarzania (Computer Aided Manufacturing-CAM) w wielu dziedzinach zastosowań inżynierskich osiągnęły już bardzo wysoki poziom. Dotyczy to przede wszystkim elektroniki, przemysłu stoczniowego, motoryzacyjnego i częściowo ludownictwa (CAD). Automatyzacja pierwszego rodzaju - CAD - w ogólnej budowie maszyn jest niewspółmiernie mniej rozwinięta niż komputerowe wspomaganie wytwarzania - CAM. Zagadnienie CAD jest tu o tyle złożone, że wymaga się wspomaganie działań projektowych i konstrukcyjnych dokonywanych na trójwymiarowych, trudno poddających się klasyfikacji postaciowej, elementach maszyn (chodzi tu o postać konstrukcyjną), które to działania mają w rezultacie doprowadzić do uzyskania taśmy NC sterującej obrabiarką wytwarzającą skonstruowany na drodze komputerowego wspomaganie element.

Komputerowo wspomaganie wytwarzania (CAM) jest w budowie maszyn daleko bardziej zaawansowane niż komputerowe wspomaganie projektowania (CAD). Różnica w rozwoju wynosi około 10 lat [1]. Większość wysiłków idzie w kierunku tworzenia narzędzi pozwalających "uchwycić" geometrię (postać konstrukcyjną) trójwymiarowych komponentów maszyn i dokonywać na niej takich manipulacji, aby uzyskać taśmę sterującą, zapisaną w kodzie czytelnym dla obrabiarek wykonujących te elementy.

Tak postawione zadanie stanowi istotę zautomatyzowanego (wspomaganego) konstruowania elementów maszyn i ma szczególne znaczenie dla elementów różniących się między sobą znacznie przynajmniej postacią konstrukcyjną.

Wszędzie tam, gdzie sprawa postaci konstrukcyjnej czy to elementu, czy całego środka technicznego jest przesądzona - istnieje gotowy typoszereg

zunifikowanych środków technicznych, bądź znany jest uogólniony projekt maszyny<sup>x)</sup> - zagadnienie działań CAD/CAM wygląda inaczej.

## 2. CAD-CAM-NC DLA PRZYPADKU ZUNIFIKOWANYCH ŚRODKÓW TECHNICZNYCH O KONSTRUKCJI KOMPILOWANEJ

Wytwarzanie środków technicznych o konstrukcji kompilowanej sprowadza się w wytwórni do przypadku, kiedy to zamawianą maszynę należy złożyć z istniejących (w sensie logicznym) komponentów.

Przedmiotem automatyzacji uproszczonego procesu projektowania jest tu dobór (kompilacja) rodzaju komponentów (zespołu, podzespołu, elementu) - modułów oraz właściwej liczby ich sztuk.

Procedura składania modułów na poszczególnych poziomach struktury odbywa się wg reguł zdeterminowanych dla każdego typoszeregu.

W sensie operacyjnym realizacja procedur doboru da się dokonać poprzez tzw. tablice decyzyjne [2].

	$R_1$		$R_1$		$R_k$
$A_1$	$X_{11}$		$X_{1i}$		$X_{1k}$
·	·		·		·
$A_n$	$X_{n1}$		$X_{ni}$		$X_{nk}$
<hr/>					
$B_1$	X		X		X
·	X		X		
$B_z$			X		

<sup>x)</sup> Istnienie typoszeregu zunifikowanego środka technicznego zakłada znajomość:

- uogólnionej postaci konstrukcyjnej maszyny i jej struktury z podziałem na moduły-komponenty (zespoły, podzespoły, elementy),
- wariantów modułów,
- reguł doboru modułów,
- wariantów "wymiarów otwartych".

Zakłada się również, że dające się "złożyć z modułów" maszyny, będące poszczególnymi egzemplarzami typoszeregu, są skatalogowane.

Zagadnienie liczebności komponentów decyduje o "elastyczności typoszeregu" (E). Liczbę (R) różnych maszyn typoszeregu, stanowiących potencjalne rozwiązania, determinuje katalog. Potrzeby zamawiających są sformułowane w układy danych wejściowych, których liczba (Z), uwzględniając jedynie wariantowanie parametrów dopuszczalnych katalogiem, jest wielokrotnie większa od (R). Elastyczność typoszeregu definiuje się następująco:

$$E = \frac{R}{Z} \quad 0 < E \leq 1$$

Ideałem z punktu widzenia klientów byłaby sytuacja, w której zbiór zamówień dałby się odwzorować w zbiorze rozwiązań w stosunku 1:1 ( $E=1$ ). W praktyce jednak różne układy danych wejściowych znajdują takie samo rozwiązanie ( $E < 1$ ).

I tak na przykład zbiór parametrów wejściowych  $A_1 \dots A_n$  o wartościach  $X_{11} \dots X_{n1}$  pozwala wg reguły  $R_1$  dobrać wskazane przez nią komponenty - moduły (B).

Uproszczony proces konstruowania polega na doborze układu wymiarów dla dobranych modułów oraz układu wymiarów determinujących wzajemne rozmieszczenie tych modułów.

Proces technologiczny, złożony z operacji obróbkowych i montażowych, dla maszyn o konstrukcji kompilowanej jest również zidentyfikowany (kolejność, liczba, rodzaj operacji, stanowiska itd.). Jego uszczegółowienie polegające na doborze elementów zmiennych tego procesu zależy od wyboru dokonanego na etapie uproszczonego projektowania i konstruowania.

Ostatni człon triady CAD-CAM-NC nie wymaga tworzenia i konwersji opisu geometrycznego w instrukcje sterujące za pośrednictwem taśm NC obrabiarzami numerycznymi. Opisy postaci konstrukcyjnych komponentów, możliwych do wykorzystania i podlegających procesowi technologicznemu, są już wraz z zawartością taśm NC potencjalnie gotowe. Zadaniem jest wybór odpowiednich wariantów operacji i ich parametrów zmiennych (układu wymiarów, nastaw urządzeń obróbkowych, czasów technologicznych itd.) i wygenerowanie taśm NC dla elementów o wymiarach każdorazowo zmiennych, bądź wskazanie takich taśm, które dla elementów o stałej konstrukcji (tzn. stałej postaci konstrukcyjnej i stałym układzie wymiarów) są przechowywane w bibliotece.

Algorytm doboru zmiennych parametrów procesu technologicznego da się także sprowadzić do szeregu reguł wyboru. Do tego celu nadają się również tablice decyzyjne.

### 3. ROLA ZAPISU KONSTRUKCJI W PROCESIE CAD

Komputerowo wspomagane projektowanie w wielu przypadkach koncygowania, projektowania i konstruowania elementów eliminuje potrzebę tworzenia zapisu konstrukcji w formie rysunku. W procesie pełnego projektowania i konstruowania, działania na tworzonej i przekształcanej postaci konstrukcyjnej są dokonywane za pośrednictwem ekranowych urządzeń graficznych pracujących z komputerem w układzie on line.

Jeśli jest to faza koncygowania, wykorzystuje się np. monitor ekranowy z piórem świetlnym, za pomocą którego zostaje wprowadzona postać konstrukcyjna podlegająca dalej przekształceniu.

Tworzone są i wykonywane dodatkowe rzuty, kłady, obroty, przesunięcia, "wygładzenia krzywych" itd. Takie postępowanie, naśladujące wykonywanie elementarnych działań człowieka w trakcie koncygowania i wczesnych faz projektowania, wymaga sprzętu specjalizowanego o wysokim stopniu złożoności.

Wybrana postać konstrukcyjna na drodze procedur optymalizacyjnych zostaje skorygowana, a następnie poddana uszczegółowieniu i zwymiarowaniu za pośrednictwem urządzenia graficznego. Zapamiętana informacja dotycząca

geometrii elementu stanowi podstawę tworzenia taśmy NC sterującej urządzeniem obróbkowym. Wynika stąd, że z punktu widzenia operacyjnego rysunek może być pominięty. Tak się jednak nie dzieje. Ze względu na kontrole (przeprowadzone na różnych etapach przez człowieka), jak również ze względów dokumentacyjnych sporządza się kopię obrazu z display'a.

Często w przypadku elementów 2-wymiarowych (płaskich) operacja sterowanej obróbki jest poprzedzona sporządzeniem rysunku kontrolnego (zapisu postaci konstrukcyjnej bez układu wymiarów) na małym, automatycznym stole kreślącym. W przypadku obiektów trójwymiarowych sporządzone są czasem modele z łatwoobrabialnych tworzyw sztucznych, zastępujące niejako rysunki.

W sytuacji komputerowo wspomaganego projektowania złożonych układów maszynowych (np. przeniesienia mocy) zagadnienie polega na doborze i rozmieszczeniu zespołów, podzespołów i elementów. Jeśli jest do dyspozycji urządzenie ekranowe z piórem świetlnym, często stosuje się technikę "menu", która polega na przywoływaniu z marginesu ekranu odpowiadających projektantowi komponentów i składaniu z nich całości. Zadanie jest często rozwiązywane z pominięciem odwzorowania trójwymiarowego. W efekcie uzyskuje się monitorowy, "złożeniowy obraz całości" (czasem robiona jest jego kopia) oraz specyfikację wykorzystanych komponentów, tzw. wykaz elementów. O doborze komponentów decyduje się w trybie interaktywnym, bowiem w trakcie projektowania przeprowadzone są obliczenia optymalizujące i sprawdzające narzuconych przez projektanta wielkości (np. wymiarów granicznych, sprawności, przełożenia itd.).

Jeżeli nie ma do dyspozycji układu grafiki komputerowej, ostatnie zadanie można rozwiązać przy użyciu automatycznego kreślarza. Sposobu z "menu" nie da się zastosować, a interakcja projektant-komputer jest "niższego rzędu", zaś rezultat - analogiczny do poprzedniego: rysunek złożeniowy układu maszynowego i wykaz elementów.

Rysunki złożeniowe bądź zestawieniowe potrzebne są zawsze; decydują o montażu oraz stanowią dokumentację środka technicznego, wymaganą przepisami i dającą się archiwizować. Rysunki wykonawcze elementów, które są wytwarzane przy wykorzystaniu urządzeń obróbkowych NC, są zasadniczo zbędne.

W sytuacji istnienia typoszeregu zunifikowanych środków technicznych dają się zawsze wyróżnić dwie grupy rysunków:

- rysunki, które należy wykonywać każdorazowo dla kolejnych egzemplarzy typoszeregu,
- rysunki, które w postaci uogólnionej lub/i niezmiennej mogą "obsłużyć" wszystkie przewidziane katalogiem rozwiązania.

Do pierwszej grupy zaliczają się rysunki złożeniowe środków technicznych wymagane przepisami (np. UDT) i dołączane do gotowej maszyny wysyłanej klientowi.

Rysunek złożeniowy będący zapisem postaci konstrukcyjnej i układu wymiarów ma w przypadku maszyn zunifikowanych stałą, uogólnioną postać konstrukcyjną. Każdorazowo zmienny jest dla poszczególnych wykonawstw układ wy-

miarów. Celem sporządzenia kompletnego rysunku złożeniowego wystarczy dysponować zapisem postaci konstrukcyjnej, sporządzonym raz na przezroczystej folii oraz generowanym automatycznie na drukarce wierszowej komputera układem wymiarów "mozaikowych" odpowiadających tej postaci.

Składanie takich "mozaik" układu wymiarów z folią, a następnie wykonywanie kopii kserograficznych daje kompletne rysunki złożeniowe kolejnych przedstawicieli typoszeregu. Rysunki takie uzupełniane są wykazami zespołów i podzespołów.

Druga grupa to rysunki zestawieniowe i wykonawcze, mające wymiary otwarte i dające się zebrać w album rysunków uogólnionych. Stronicom takiego albumu towarzyszą warianty wykazów elementów. Sam rysunek przedstawia zespół w rzucie głównym, uzupełniony uproszczonymi schematami rozmieszczenia podzespołów i elementów dopuszczonymi przez typoszereg. W celu wytworzenia kolejnych egzemplarzy maszyn generuje się każdorazowo tworzone wydruki wymiarów otwartych ze wskazaniem wariantu wykazu elementów, stanowiącym uzupełnienie stronic albumu.

Elementy o stałej, niezmiennej dla poszczególnych egzemplarzy typoszeregu, konstrukcji nie wymagają rysunków. Są one bowiem wyprodukowane w wytwórni "na zapas" i doбира się je w razie potrzeby w zależności od wskazanego wariantu wykazu elementów.

#### 4. KONCEPCJA KOMPUTEROWO WSPOMAGANEGO, ZINTEGROWANEGO SYSTEMU PROJEKTOWANIA, KONSTRUOWANIA I PRZYGOTOWANIA WYTWARZANIA ZUNIFIKOWANYCH ŚRODKÓW TECHNICZNYCH

Uproszczony proces projektowo-konstrukcyjny i proces technologiczny, jaki dla przypadku realizacji poszczególnych egzemplarzy typoszeregu dokonywany jest w wytwórni, daje się sprowadzić do zdeterminowanej liczby reguł wyboru zarówno modułów (komponentów), jak i elementów zmiennych tych procesów.

Tworząc kartoteki informacji o konstrukcji oraz o procesie technologicznym stosowanym dla elementów, które ona opisuje, można przy użyciu tego samego narzędzia programowania - tablic decyzyjnych - objąć przetwarzaniem komputerowym cały cykl działań od opisu potrzeby, poprzez dobór cech konstrukcyjnych, aż do przygotowania procedur wytwarzania, wykazów elementów, zapotrzebowania materiałowego itd.

Dokumentacja rysunkowa przewidziana dla tego systemu oparta jest na zasadach ogólnych przedstawionych w pracy [3].

## LITERATURA

- [1] Elliott W.S.: Interactive graphical CAD in mechanical engineering design, CAD vol 10, no 2, 1978.
- [2] Pollack S.: Tablice decyzyjne. PWN, Warszawa 1975.
- [3] Klimek T., Winkler T.: Komputerowe wspomaganie zintegrowanych procesów projektowania, konstruowania i przygotowania wytwarzania na przykładzie zunifikowanych suwnic pomostowych. Praca doktorska, zesz.IPKM 30/64, Gliwice 1977.

СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА УНИФИЦИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

## Р е з ю м е

В статье рассматриваются некоторые проблемы решения процессов проектирования и подготовки производства с помощью ЭВМ.

Приводятся причины и разницы степени развития для этих двух процессов в машиностроении. Для анализа принято ситуацию усиления процесса семи-проектирования унифицированных, технических средств.

PECULIARITY OF DESIGNING, CONSTRUCTING AND MANUFACTURING  
PROCESSES AUTOMATION FOR UNIFIED TECHNICAL MEANS

## S u m m a r y

The paper discusses some problems of Computer Aided Desing (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM). Differences in the levels of their development specially in mechanical engineerign are shown.

Computer aided semi-design process for unified technical means has been taken into consideration as an area of application.