

Ryszard Rohatyński

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Politechnika Wrocławska

NIEKTÓRE ASPEKTY ROZWOJU KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA W KRAJU

Streszczenie. W pracy omówiono znaczenie komputerowego wspomaganie dla projektowania inżynierskiego. Opisano wymagania stawiane systemem komputerowego wspomaganie przez proces projektowania. Scharakteryzowano światowe tendencje rozwojowe w omawianej dziedzinie. Określono przesłanki dla przyspieszenia rozwoju komputerowego wspomaganie projektowania w kraju.

1. Wstęp

Sytuacja w zakresie komputerowego wspomaganie projektowania w kraju jest niedobra. Kiedy w latach siedemdziesiątych elektroniczne maszyny cyfrowe stały się dostępne szerokiemu kręgowi użytkowników, znaleźli się wśród nich również projektanci układów technicznych i konstruktorzy maszyn. Opierając się na ogromnych potencjalnych możliwościach maszyn liczących, zapowiadano skokowy wzrost jakości i ilości projektów. Powstawały programy komputeryzacji prac projektowych i inżynierskich. Jednak zastosowanie komputerów w projektowaniu okazało się trudniejsze niż oczekiwano i - z nielicznymi wyjątkami - nie wpłynęło istotnie na proces projektowania maszyn.

Można wymienić wiele przyczyn, które spowodowały załamanie się programów rozwoju komputeryzacji projektowania w kraju. Byłaby jednak z tego korzyść ograniczona. Za granicą, inaczej niż w kraju, postęp w zakresie komputerowego wspomaganie projektowania CAD jest szybki. Adaptacja osiągnięć przodujących ośrodków światowych przyniesie więcej korzyści niż rozważanie błędów popełnionych we wczesnym okresie rozwoju komputeryzacji.

Obecnie warunki rozwoju techniki są inne niż przed piętnastu laty. Można zapytać o znaczenie komputerowego wspomaganie dla projektowania inżynierskiego: czy nie jest ono wyolbrzymione? Można też zastanawiać się, dlaczego wprowadzenie CAD napotyka na tak duże trudności. Zagadnienia te poruszane są w drugim i trzecim rozdziale niniejszej pracy. Natomiast rozdział czwarty szkicuje sytuację w kraju na tle światowych trendów rozwoju systemów CAD. Wnioski przedstawione w ostatnim rozdziale mają

charakter dyskusyjny i nie wyczerpują omawianego zagadnienia. Praca ma na celu przedstawienie warunków niezbędnych dla rozwoju komputerowego wspomaganie projektowania w kraju i stawia tezę, że konieczne jest natychmiastowe przerwanie zastoju w tej dziedzinie.

2. Zakres komputerowego wspomaganie projektowania

Udział i znaczenie środków elektronicznej techniki obliczeniowej w projektowaniu można rozpatrywać w kontekście:

- obiektowym, tzn. zależnie od rodzaju projektowanego urządzenia;
- problemowym, tzn. zależnie od typu zadania projektowego;
- operacyjnym, tzn. zależnie od rodzaju działań wykonywanych przez system komputerowy.

Obiektowe ujmowanie wspomaganie projektowania jest uzasadnione tradycyjnym podziałem wiedzy inżynierskiej na specjalizacji, według rodzajów urządzeń. Takie ujęcie jest naturalne, ponieważ procesy projektowania różnych urządzeń mogą być bardzo różne. Inne więc będą potrzeby wspomaganie projektowania dźwignic niż np. samolotów. Bardziej jednak wnikliwa analiza tych różnic ujawnia, że wynikają one z systemowych cech projektowanego obiektu i sposobu sformułowania problemu projektowego. Można poszukiwać wspólnych cech systemowych w różnych systemach technicznych [1], [2, 3] i można klasyfikować problemy projektowe abstrahując od obiektów fizycznych będących ich rozwiązaniami [4, 5, 6, 7, 8]. Prowadzi to do interdyscyplinarnego rozpatrywania problemów projektowych i umożliwia nowe spojrzenie na konwencjonalne środki techniczne. Dzięki temu, mimo nieuchronnie pogłębiającej się specjalizacji istnieje możliwość wzajemnego zrozumienia między specjalistami z zakresu różnych dyscyplin technicznych.

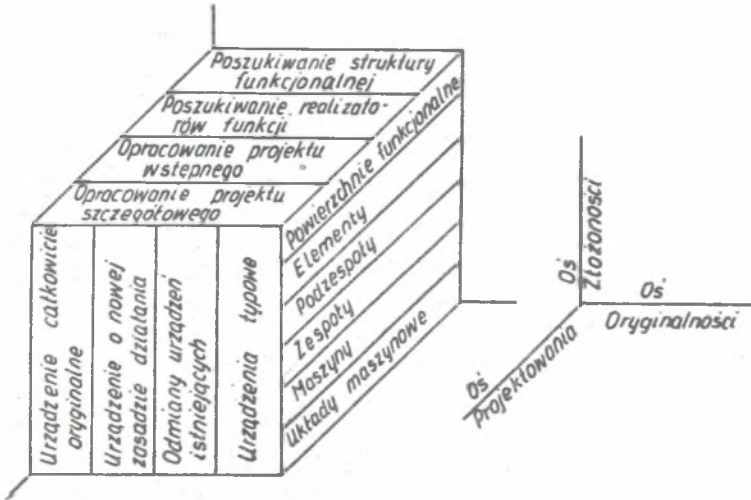
Spośród wielu możliwych klasyfikacji zadań projektowych przytoczymy podaną w [9] i [7] "trójwymiarową przestrzeń problemów projektowych". Na wymiary tej przestrzeni składają się: zaawansowanie procesu projektowania oraz złożoność i oryginalność projektowanego obiektu /środka technicznego/. Na rys.1 pokazano 96-półową przestrzeń utworzoną przez podział złożoności na sześć stopni, oryginalności na cztery poziomy i procesu projektowania na cztery fazy. Nie wszystkie pola tej przestrzeni reprezentują realne sytuacje problemowe w projektowaniu. Na przykład "projektowanie" elementu typowego nie wymaga wykonania czynności wymienionych na osi projektowania, z wyjątkiem, być może, opracowania niektórych drugorzędnych szczegółów konstrukcyjnych.

Z drugiej strony, przy projektowaniu złożonego układu technicznego wygodnie jest wykorzystać gotowe maszyny i urządzenia.

Wykonanie projektu wymaga wtedy właściwego wyboru tych maszyn, co mieści się w fazie "poszukiwanie realizatorów funkcji układu". W tym wypadku

nie jest już potrzebne wykonywanie projektu szczegółowego, tzn. opracowania konstrukcyjno-technologicznego wybranych maszyn.

Studiując możliwości komputeryzacji zadań projektowych reprezentowanych przez różne pola przestrzeni przedstawionej na rys. 1, dochodzimy do wniosku, że im dalej od punktu przecięcia osi, tym mniej pierwiastków twórczych zawiera zadanie i tym większy może być udział komputera w jego rozwiązywaniu. Komputerowe wspomaganie działań koncepcyjnych nie przekroczyło w projektowaniu maszyn poziomu eksperymentów. Wynika to, między innymi, z niezdolności współczesnych komputerów do wykonania działań synte-



Rys. 1. Trójwymiarowa przestrzeń problemów projektowych

tyzujących, które to działania są niezbędne w fazie tworzenia koncepcji. Burzliwie rozwijające się, zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu, systemy sztucznej inteligencji oraz pojawienie się komputerów o działaniu równoległym, przynoszą zapowiedź bliskiej zmiany tego stanu rzeczy. Dla dobrze ustrukturalizowanych problemów, tworzenie koncepcji rozwiązań może być dość łatwo zautomatyzowane za pomocą metody morfologicznej. Jeśli funkcja projektowanego obiektu zostanie rozłożona na funkcje elementarne i znany jest zbiór środków technicznych realizujących te funkcje, to generowanie wariantów realizacji funkcji złożonej, będących kombinacjami realizatorów funkcji elementarnych, można powierzyć komputerowi. Program tego typu, przeznaczony do projektowania układów napędu hydraulicznego złożonych z elementów typowych, został opracowany w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej [10].

Szerokie zastosowanie komputerów we wstępnych, twórczych fazach projektowania maszyn wydaje się być jednak sprawą przyszłości.

Kontekst operacyjny zastosowania komputerów w konstruowaniu maszyn zawiera następujące dziedziny:

- magazynowanie i dostarczanie informacji,
- wspomaganie procesu poszukiwania rozwiązań,
- wykonywanie obliczeń inżynierskich,
- geometryczne kształtowanie konstrukcji,
- wykonywanie dokumentacji technicznej,
- opracowywanie ofert i zamówień,
- sterowanie procesami technologicznymi.

Każda z wymienionych dziedzin stawia swoiste wymagania sprzętowi i oprogramowaniu. Wymagania te nie są jednoznacznie związane z klasą projektowanych obiektów, stąd dla każdej dziedziny można stworzyć założenia systemowego oprogramowania, abstrahując od konkretnych, obiektowych zastosowań. Ostateczną jednak weryfikację poprawności założeń i ich realizacji daje dopiero konkretne, obiektowe zastosowanie.

Zastosowanie komputera istotnie zmienia rolę człowieka w procesie projektowo-konstrukcyjnym, ale jej nie zmniejsza. Komputer może uwolnić projektanta od wykonywania rutynowych, często bardzo pracochłonnych czynności, ale nie rozwiąże samodzielnie zadania projektowego zawierającego elementy twórcze. Projektant musi pozostać podmiotem procesu projektowania. Odpowiedzialność projektanta za projekt jest tym większa, im silniejszymi środkami komputerowego wspomaganie dysponuje.

Rozwój systemów komputerowego wspomaganie projektowania stwarza nowe problemy dla metodologii projektowania. Do podstawowych zagadnień należą: racjonalny podział działań projektotwórczych między człowieka i system komputerowy oraz określenie wymagań dla sprzętu i oprogramowania komputerowego.

3. Podstawowe wymagania stawiane systemom komputerowego wspomaganie przez system projektujący

Wiele prób wprowadzenia komputerów do projektowania nie powiodło się, ponieważ środki elektronicznej techniki obliczeniowej nie były dostosowane do wymagań procesu projektowania.

PPK stawia swoiste wymagania co do wyposażenia i oprogramowania systemu komputerowego. Wpływają one z potrzeb komunikacji między człowiekiem i komputerem i z trybu współpracy między nimi.

Problemy komunikacyjne wynikają z dużej różnicy między językiem konstruktora i językiem komputera. Człowiek wypowiada się językiem naturalnym, uzupełnionym terminami swojej dyscypliny oraz za pomocą umownych symboli graficznych. Komputer przyjmuje informację w sformalizowanym języku programowania i wypowiada się za pomocą liczb. Człowiekowi bardziej odpowiada analogowa postać informacji, komputer przetwarza informację w postaci cyfrowej.

Trudności przekazywania informacji komputerowi i odbioru informacji z komputera istotnie zmniejszają problemowo-zorientowane języki programowa-

nia, urządzenia przetwarzania analogowo-cyfrowego (digitizery) i cyfrowo-analogowego (graf-plottery) oraz urządzenia grafiki komputerowej, a zwłaszcza monitory ekranowe z piórem świetlnym. Brak tych urządzeń ogranicza zastosowanie komputerów do wspomaganie procesu obliczeniowego, tj. do wykonywania obliczeń sprawdzających, optymalizujących i symulacyjnych. Wyposażenie systemu komputerowego w urządzenia peryferyjne określa również tryb współpracy człowieka z komputerem. Dla wykonania orientacyjnej analizy oszacujemy przydatność w projektowaniu trzech rodzajów wykorzystania komputera: pracy wsadowej, użycia terminala alfanumerycznego w systemie wielodostępnym oraz interakcyjnej współpracy z komputerem za pomocą monitora ekranowego z piórem świetlnym. Każdy z nich nadaje się do rozwiązywania innego typu zadań.

Tryb wsadowy jest odpowiedni dla zadań, których:

- realizacja komputerowa jest długa (kilka minut i więcej);
- wygodną formą przedstawienia rozwiązania są tablice liczbowe;
- proces rozwiązywania nie wymaga ingerencji człowieka.

Terminal alfanumeryczny w wielodostępie jest odpowiedni dla zadań, które:

- mają krótkie czasy realizacji (sekundy);
- wymagają wprowadzenia niedużej liczby danych;
- dla przedstawienia wyników nie potrzebują dużej ilości liczb;
- nie wymagają graficznej postaci danych wejścia/wyjścia;
- wymagają interakcyjnego trybu rozwiązywania.

Monitor ekranowy z piórem świetlnym umożliwia efektywne rozwiązywanie zadań, dla których:

- pożądana jest graficzna pośtać danych wejścia i wyjścia;
- czas realizacji jest krótki, tym krótszy, im częściej zadanie jest powtarzane;
- wymagane jest wprowadzenie niedużej liczby danych;
- pożądanym jest konwersacyjny tryb współpracy z projektantem.

Interakcyjna grafika komputerowa umożliwia istotne rozszerzenie współpracy projektanta z komputerem. Poniżej wymieniono czynności, które mogą być łatwo realizowane za pomocą ekranu z piórem świetlnym:

- wybór alternatyw programu;
- kreślenie automatyczne;
- tworzenie form geometrycznych ze standardowych elementów;
- wykonywanie różnych operacji geometrycznych;
- wykonywanie schematów strukturalnych;
- planowanie rozmieszczenia elementów;
- wybór krzywej najlepszego kształtu;
- wybór elementów konstrukcyjnych;
- kontrola trajektorii ruchu współpracujących mechanizmów;
- wykrywanie błędów rysunkowych.

Cyfrowa pośtać wyników byłaby dla tych celów o wiele mniej wygodna.

Wybór działań projektotwórczych do skomputeryzowania, sposób ich realizacji komputerowej i planowanie rozwoju projektowania wspomaganego komputerowo wymagają dekompozycji procesu projektowania na wzajemnie powiązane działania oraz podziału tych działań na algorytmiczne /zdeteminowane/ i heurystyczne. Proces racjonalnej komputeryzacji projektowania danej klasy urządzeń technicznych można podzielić na pięć faz w następującym porządku hierarchicznym [11] :

1. Opracowanie podstawowych założeń strategii projektowania i ogólnej procedury procesu projektowania.
2. Opracowanie struktury procesu projektowania, specyfikacja działań projektotwórczych i określenie powiązań między nimi.
3. Opracowanie szczegółowych procedur i algorytmów dla działań projektotwórczych wymienionych w fazie drugiej.
4. Opracowanie perspektywicznego programu komputeryzacji procesu projektowania oraz wytypowanie działań przeznaczonych w pierwszej kolejności do realizacji komputerowej.
5. Wykonanie programów dla wybranych algorytmów i ich implementacja w procesie projektowania.

Przykładem realizacji tej koncepcji może być praca [12] . Jako punkt wyjścia przyjęto procedurę projektowania opisaną w [13 , 14, 15]. Przy realizacji procesu projektowania obowiązują następujące zasady:

- operacyjne (funkcjonalne) formułowanie problemu;
- wykonanie szczegółowej analizy problemu i określenie kryteriów oceny rozwiązań przed rozpoczęciem poszukiwania rozwiązań;
- dokładne przeszukanie przestrzeni rozwiązań, aby nie pominąć żadnego rozwiązania wartościowego (zaleca się chwilowe pominięcie ostrych ograniczeń, które mogą spowodować zubożenia zbioru rozwiązań) ;
- proces wyboru najlepszych rozwiązań musi być szybki i skuteczny;
- projektowanie wstępne opiera się na możliwie wszechstronnym badaniu i optymalizacji matematycznych modeli projektowanego obiektu;
- proces projektowania jest tak zaplanowany i wykonany, aby zminimalizować liczbę usterek fizycznej realizacji projektowanego obiektu.

W drugiej fazie przygotowania projektowania wspomaganego komputerem należy określić wszystkie istotne czynności, które powinny być wykonane w kolejnych etapach projektowania. Jest pożądane, aby kolejność wykonywania tych czynności oraz ich wzajemne powiązania zostały możliwie dokładnie i jednoznacznie określone. Prowadzi to do dalszej konkretyzacji procesu projektowania.

Prace nad automatyzacją projektowania powinno się zaczynać od prostych zadań projektowych o przejrzystej strukturze, łatwych do sformalizowania. Automatyzacja złożonych zadań wymaga bardzo wnikliwej analizy procesu projektowania oraz dużego nakładu pracy i dlatego nie powinna być podejmowana w pierwszej kolejności. Opracowywanie systemów projektowania wspomaganego komputerem jest pracochłonne i kosztowne, a błędy i niepowodzenia są niemal nieuchronne. Zbyt duże trudności w opracowywaniu zadań wspomaganego komputerowego mogą zniechęcić do kontynuowania prac w tym kierunku, toteż kwalifikacja zadań projektowych do automatyzacji powinna być bardzo wnikliwa.

4. Aktualna sytuacja w kraju na tle światowych tendencji rozwojowych

W roku 1980, na jednej z konferencji poświęconych projektowaniu pisaniem [16]:

"W latach sześćdziesiątych elektroniczne maszyny cyfrowe stały się dostępne szerokiemu kręgowi użytkowników. Znaleźli się wśród nich również projektanci układów technicznych i konstruktorzy maszyn. Optymistyczne prognozy, opierające się na ogromnych potencjalnych możliwościach maszyn liczących, zapowiadały skokowy wzrost jakości i ilości projektów. Rzeczywistość nie potwierdziła jednak tych przewidywań. Zastosowanie komputerów do projektowania okazało się trudniejsze niż oczekiwano i - z nielicznymi wyjątkami - nie wpłynęło istotnie na proces projektowania maszyn.

Jedną z istotnych przyczyn tego faktu tkwi w niedostatecznym poznaniu procesu projektowania: jego morfologii i charakterystyki działań elementarnych - ponieważ warunkuje to możliwość dokonania racjonalnego podziału zadań między człowieka i komputer.

Komputerowe wspomaganie projektowania wymaga także rozwiązania nietrywialnych zagadnień komunikacji między projektantem i komputerem: chodzi tu zarówno o postać wzajemnie przekazywanej informacji, jak też o dostosowanie trybu wykorzystania komputera do potrzeb projektanta. Różne rodzaje cząstkowych działań projekto-twórczych stawiają w tym względzie różne wymagania co do urządzeń wejścia, wyjścia i oprogramowania.

Przyspieszenie rozwoju komputerowego wspomaganie procesu projektowania zależy i od konstruktorów maszyn i od wytwórców sprzętu informatycznego: od pierwszych należy oczekiwać lepszego rozpoznania potrzeb procesu projektowo-konstrukcyjnego, a od drugich - udostępnienia urządzeń wejścia, wyjścia, spełniających określone wymagania ergonomiczne."

Obecnie stan ten zmienił się na korzyść tylko w tym względzie, że specjaliści w dziedzinie projektowania inżynierskiego i jego komputerowego wspomaganie zdają sobie bardziej niż kiedykolwiek sprawę z szybko powiększającego się dystansu w rozpatrywanej dziedzinie między krajami a

wysokiej cywilizacji technicznej i Polską. Pomijając kilka ośrodków, które 10 lat temu reprezentowały dobry średni światowy poziom w zakresie przemysłowego zastosowania środków informatyki do projektowania, można stwierdzić, że CAD w kraju to nadal "terra incognita", a w najlepszym przypadku "tabula rasa". Ale i wspomniane ośrodki, których nazw nie wymieniam, bo profesjonalistom są dobrze znane, nie zrobiły przez ostatnie 10 lat znaczących postępów, a zatem są teraz co najmniej o tyleż lat opóźnione. Co gorsza, zmuszone zostały do defensywy i dramatycznej walki o przetrwanie, żeby utrzymać swój profil. Nieliczne, utworzone w ubiegłym dziesięcioleciu, ośrodki naukowe w uczelniach i instytutach resortowych, zajmujące się rozwojem CAD, które mogły przekształcić się w szkoły naukowe, uległy niemal likwidacji i wegetują na zasadzie hobbystycznych zamiłowań poszczególnych specjalistów.

Sytuacja w zakresie sprzętu jest ogólnie znana. Sukcesy rynkowe, jakie odnoszą firmy polonijne transferujące nie najlepszy sprzęt do kraju, dają podstawę rzeczywistej oceny wyników działalności naszego przemysłu informatycznego.

Sytuacja jest szczególnie groźna także z tego względu, że - poza świadomością pewnej liczby światłych inżynierów i naukowców - nie istnieją u nas czynniki generujące zmianę na lepsze. Kryzys, a także - przynajmniej dotychczas - warunki reformy gospodarczej, spowodowały przyhamowanie prac rozwojowych w przemyśle. Projektanci pracują "na wczoraj", jeśli w ogóle pracują w swojej dziedzinie. Relacja kosztu użytkowania systemu cyfrowego i wynagrodzenia projektanta nie sprzyja wprowadzeniu komputeryzacji projektowania. Niskie wynagrodzenia konstruktorów nie skłaniają ich do podejmowania trudnych zadań wprowadzania EPD do projektowania. Obserwuje się odpiływ wartościowych jednostek od zawodu konstruktora. Rynek producenta nie stymuluje postępu technicznego. Wreszcie, fałszywy rachunek efektywności wprowadzania CAD, biorący za podstawę tylko etap projektowania, zamiast cały cykl wytwarzania, powoduje negowanie celowości wyposażenia zespołów konstruujących w urządzenia EPD.

Mimo tego przygnębiającego obrazu należy stwierdzić, że istniejący jeszcze w kraju potencjał ludzki daje szanse nadrobienia w okresie kilku lat zaległości w stosunku do krajów socjalistycznych i stworzenia mocnej podstawy do dalszego rozwoju w przedmiotowej dziedzinie. Osiągnięcie tego celu będzie jednak bardzo trudne. Można wymienić co najmniej dwa powody ograniczające możliwości szybkiego postępu.

Po pierwsze, CAD jest podsystemem systemu projektowania. Zgodnie z systemowym ujęciem, w systemie projektowania można wydzielić system operacyjny (projektujący), system operacji (proces projektowania) i przedmiot operacji (operand, rozwiązywany problem projektowy). System operacyjny to człowiek i wspomagające go środki metodyczne i techniczne. Wprowadzenie podsystemu komputerowego wspomaganie do systemu projektującego zmienia w istotny sposób jego własności i działanie; projektant staje wobec nowych

możliwości, ale i wymagań.

Podsystem CAD jest silnie związany z systemem projektującym i powinien być podporządkowany wymaganiom PPK. Jest on zatem systemem nieautonomicznym, który musi być specjalizowany dla potrzeb współpracy z człowiekiem w PPK. Zarówno sprzęt jak też oprogramowanie systemu CAD muszą się, w związku z powyższym, istotnie różnić od tychże dla innych zastosowań informatyki. Nie zawsze dostrzegane jest to, że udostępnienie standardowego ośrodka obliczeniowego inżynierom nie może być uważane za spełnienie warunku wystarczającego dla rozwoju CAD.

Nie jest też łatwo określić, jaki sprzęt i jakie oprogramowanie będzie potrzebne. Systemy projektujące są jeszcze mało zbadane. Trudności w tym zakresie wynikają z następujących ich cech [17]:

- niejednorodność elementów (ludzie i urządzenia) ;
- probabilistyczny charakter parametrów funkcjonalnych;
- nie zawsze zdeterminowane działanie procesu;
- istnienie pętli iteracyjnych;
- wielowymiarowość;
- niejednorodność struktur;
- praktyczna niemożliwość modelowania i symulacji działania systemu.

Do tego należy dodać różnorodność problemów projektowo-konstrukcyjnych i słaby stopień poznania PPK.

Po drugie, dotychczasowe doświadczenia w zakresie CAD przekonują o konieczności stopniowego rozwoju systemów komputerowego wspomaganie projektowania, od poziomu prymitywnego, do zautomatyzowania określonych etapów PPK. Każdy postęp musi opierać się na solidnej podstawie wcześniejszego stanu zaawansowania CAD. Przyczyną tego jest nie tylko duża pracowitość komputeryzacji PPK, ale także jakościowe zmiany zachodzące w procesie projektowania, wymagające zmian umiejętności i stylu pracy projektantów. Czynniki te ograniczają znacznie szybkość rozwoju systemów CAD, nawet gdyby nie było ograniczeń finansowych i sprzętowych.

Dlatego zacofanie we wprowadzaniu CAD jest bardzo trudne do nadrobienia. Pewną szansę dają:

- wnikliwe śledzenie trendów światowych i (nie)powtarzanie błędów popełnianych przez ośrodki wiodące;
- utrzymywanie aktywnych kontaktów z ośrodkami wiodącymi;
- realistyczne strategie rozwoju dziedziny w kraju.

Co do światowych trendów rozwoju CAD, to można je scharakteryzować w stosunku do czterech podstawowych funkcji spełnianych przez systemy CAD w projektowaniu:

- magazynowanie i dostarczanie informacji;
- wspomaganie procesu poszukiwania rozwiązań projektowych;
- obliczanie, ocena, optymalizacja;
- integracja projektowania z pozostałymi działaniami procesu wytwarzania.

W zakresie komputerowych baz danych dla projektowania ważne jest zapewnienie szybkiego i łatwego dostępu do każdej zmagazynowanej w bazie informacji. Mankamentem obecnych systemów jest stosunkowo wysoki koszt wprowadzania danych do bazy i kłopotliwy proces uaktualniania zawartości bazy. Można oczekiwać, że zostaną opracowane nowoczesne systemy organizacji baz danych umożliwiające zmagazynowanie całej potrzebnej do projektowania informacji i łatwy dostęp do niej. Zostaną także rozwinięte ergonomiczne urządzenia komunikacji z systemem komputerowym umożliwiające projektantowi wygodne wprowadzanie i wyprowadzanie potrzebnych informacji oraz swobodny dialog z maszyną za pośrednictwem języka poleceń zbliżonego do naturalnego i/lub zestawu odpowiednich znaków.

W zakresie generowania koncepcji rozwiązań projektowych należy odróżniać problemy projektowe dobrze ustrukturalizowane od słabo określonych, "rozmytych".

Problemy dobrze ustrukturalizowane mogą być rozwiązane przez systematyczne przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań lub nawet za pomocą deterministycznych metod matematycznych. Rozwiązywanie problemów rozmytych jest obecnie intensywnie rozpracowywane. Systemy tzw. "sztucznej inteligencji" obejmują rozpoznawanie obrazów i metody heurystyczne [18]. Systemy te wkrótce staną się bardzo silnymi "wzmocniaczami" inteligencji projektanta. Koncepcje wygenerowane przez człowieka przy pomocy systemu sztucznej inteligencji mogą być następnie szybko rozpracowane i ocenione za pomocą konwencjonalnych programów CAD.

Elepszenia, których można oczekiwać w najbliższym czasie, to:

- wprowadzenie interakcyjnych wielokolorowych terminali graficznych;
- powstanie możliwości przekazywania systemowi komputerowemu rozkazów w formie dźwiękowej;
- bezzwłocznie wyświetlanie informacji o istniejących rozwiązaniach danego problemu projektowego z umożliwieniem dokonywania ich dekompozycji i syntezy.

W zakresie obliczeń i optymalizacji, które są najbardziej rozwiniętymi dziedzinami zastosowania komputerów w projektowaniu, zauważa się aktualnie tendencję do wprowadzania danych w postaci analogowej, zamiast - jak dawniej - cyfrowej. Wprowadzane są terminale graficzne z piórem świetlnym i digitizery.

W zakresie powiązań informacyjnych z pozostałymi etapami cyklu życia wytworu szczególnie ważne jest komputerowe wspomaganie wytwarzania /CAM/. Wydaje się, że obecnie nie można jeszcze rozstrzygnąć, jaki sposób sprzężenia CAD z CAM jest najlepszy. Jest możliwe, że ze względu na wielką różnorodność systemów wytwarzania, uwarunkowania ekonomiczne, itp., układy CAD/CAM będą miały unikalny charakter.

Należy także podkreślić, że w coraz większym stopniu będzie występowało nasycenie rynku krajów rozwiniętych tanimi komputerami średniej generacji. Jest to istotny element przygotowania społeczeństwa do stosowania komputerów we wszystkich dziedzinach.

5. Wnioski

Porównanie sytuacji w zakresie środków komputerowego wspomagania projektowania w kraju i za granicą implikuje wniosek, że możliwe są u nas tylko dwa scenariusze rozwoju CAD:

- utrata zdolności sterowania rozwojem CAD i praktyczna likwidacja dziedziny bez możliwości jej odbudowy w dającym się przewidzieć okresie;
- osiągnięcie w okresie najbliższych 5 lat poziomu krajów socjalistycznych (bez ZSRR), a następnie uzyskanie korzystnej dla kraju specjalizacji na zasadach komplementarności w międzynarodowym programie rozwoju informatyki.

Rozwiązania pośrednie doprowadzą do wariantu pierwszego, który jest nie do przyjęcia, gdyż oznacza zepchnięcie Polski w międzynarodowym podziale pracy na najpośledniejsze pozycje. Jedynym racjonalnym rozwiązaniem jest wariant drugi. Można wskazać niektóre przesłanki jego realizacji:

Należy opracować program produkcji popularnego modułowego systemu CAD, kompatybilnego z wybranym, sprawdzonym systemem już wytwarzanym. Należy niezwłocznie przystąpić do realizacji programu. Cena modułów powinna być przystępna. Powinien to być minikomputerowy system wyposażony w kilka interakcyjnych terminali graficznych, umożliwiający wspomaganie projektowania kształtów i schematów.

Należy uzupełnić wyposażenie i unowocześnić organizację kilku wybranych, istniejących w kraju ośrodków CAD w celu umożliwienia im spełniania roli wiodącej w swoich branżach i poza nimi.

Należy utworzyć jeden ponadbranżowy eksperymentalny ośrodek CAD, który prowadziłby prace wyprzedzające. Byłby on miejscem twórczego kontaktu wybitnych specjalistów, organizatorem seminariów, konferencji itp.

Ze względu na potrzeby systemów komputerowego wspomagania projektowania należy określić minimalny zestaw sprzętu, niezbędny dla zaspokojenia tych potrzeb. W skład tego zestawu wchodzi następujące urządzenia:

1/ Urządzenia wejścia/wyjścia:

- typu wsadowego;
- typu interakcyjnego (konwersacyjnego);
- analogowo-cyfrowe (dla wprowadzania danych);
- cyfrowo-analogowe (dla wyprowadzania wyników);
- monitory alfanumeryczne zwyczajne;
- monitory alfanumeryczne interakcyjne z piórem świetlnym, techniką "menu", itp.;
- czytniki obrazów i zdjęć fotograficznych;
- drukarki mozaikowe;
- drukarki bezuderzeniowe;
- autokreślarki.

2/ Terminale:

- standardowy terminal przystosowany również do wykorzystania w charakterze komputera osobistego;
- terminal do grafiki komputerowej zawierający digigraf i digitizer (skomputeryzowane stanowisko pracy konstruktora).

3/ Systemy operacyjne:

- systemy informacyjne, umożliwiające projektantowi szybkie otrzymanie informacji z określonej dziedziny oraz wygodną aktualizację informacji;
- systemy projektowania wspomaganego komputerowo oparte na językach problemowo-zorientowanych wysokiego rzędu;
- systemy generujące możliwe rozwiązania złożonych, niedeterministycznych sytuacji problemowych,

Wszystkie urządzenia muszą być kompatybilne i niezawodne, a ponadto muszą być dostępne w ilościach zapewniających zaspokojenie popytu. Oprogramowanie powinno być jednorodne, aby mogło być realizowane na wszystkich typach i konfiguracjach asprzędowych.

Osiągnięcie średniego światowego poziomu technicznego i cenowego w zakresie wytwarzanych urządzeń CAD i nawiązanie korzystnych kooperacji międzynarodowych, umożliwiających koncentrację krajowych środków i kadry na wybranych kierunkach - to są warunki konieczne dla zapobieżenia izolacji naszego kraju w dziedzinie komputerowego wspomaganie projektowania.

Warto także zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania uzdolnień polskich informatyków do opracowywania programów i systemów informatycznych. Istnieją tu duże możliwości eksportu efektów pracy koncepcyjnej, niemal niezależne od technologii, w której jesteśmy istotnie opóźnieni. Trzeba tylko stworzyć warunki integracji kadry w ośrodkach specjalizujących się w wytwarzaniu oprogramowania, pamiętając również o przepisach chroniących i premiujących autentyczną twórczość w tej dziedzinie.

LITERATURA

- [1] Hubka V.: Theorie der Maschinensysteme. Springer-Verlag, 1973.
- [2] Rohatyński R.: Wstęp do teorii systemów maszynowych. Materiały Szkoły Metodologii Konstruowania Maszyn. Część II. Prace Spółecznego Ośrodka Badań i Studiów SIMP, Rydzyna 1982.
- [3] Roth K.: Funktionelle Einteilung technischer Gebilde. Proceedings ICED '83, Kopenhaga, 1983.
- [4] Dietrych J.: Projektowanie i konstruowanie. Warszawa, WNT 1974.
- [5] Gaspański W.: Projektowanie - koncepcyjne przygotowanie działań. Warszawa, PWN, 1978.

- [6] Sielicki A., Jeleniewski T.: Elementy metodologii projektowania technicznego. Warszawa, WNT 1980.
- [7] Rohatyński R.: O pojęciach złożoności i oryginalności systemów, a zwłaszcza systemów maszynowych. Prace Instytutu Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej. Zeszyt 83, Gliwice 1983.
- [8] Rohatyński R.: On a Classification of Design Problems Relevant to Design Methods and Strategy. Proceedings ICED '83. Kopenhaga 1983.
- [9] Rohatyński R.: Three Dimensional Morphology of Design Problems in Machine Systems. Proceedings ICED'81. Rzym 1981.
- [10] Partyka M., Rohatyński R.: Generowanie struktur morfologicznych i obliczanie funkcji użyteczności projektowanego układu. Raport IKiEM Politechniki Wrocławskiej Nr 24 /574/, 1980.
- [11] Rohatyński R.: Systemowe ujęcie procesu projektowo-konstrukcyjnego jako podstawa wprowadzenia komputerowego wspomagania. Materiały III. Szkoły Metodologii Konstruowania Maszyn, Część I. Prace SOBIS S.M.P., Rydzyna, 1982.
- [12] Algorytmizacja nowych metod projektowania układów hydraulicznych. Praca zespołowa wykonana w IKiEM Politechniki Wrocławskiej pod kierunkiem R. Rohatyńskiego. Wrocław, 1975/76.
- [13] Rohatyński R.: Racjonalizacja procesu projektowania inżynierskiego. Komunikat IKiEM Politechniki Wrocławskiej nr 308. Wrocław 1977.
- [14] Chrostowski H., Rohatyński R.: Systemowe podejście do projektowania układów złożonych z elementów typowych. W: Problemy Metodologii Projektowania. PWN, Warszawa 1977.
- [15] Hager A., Rohatyński R.: Racjonalne projektowanie układów napędu i sterowania hydraulicznego. Sterowanie i Napęd Hydrauliczny, nr 2, 1983.
- [16] Rohatyński R.: Aktualne możliwości komputerowego wspomagania konstruowania maszyn. Materiały Konferencji "Nowoczesne Metody Projektowania", Wałbrzych 1980.
- [17] Sielicki A.: Projektowanie jako przedmiot badań cybernetycznych. W: Projektowanie i Systemy. Tom II, 1980.
- [18] Rzevski C., Evans L.: The Impact of Artificial Intelligence on CAD of Machine Systems. Proceedings of ICED'83. Kopenhaga 1983.

SOME ASPECTS OF DEVELOPMENT OF COMPUTER AIDED DESIGN IN POLAND

Summary

In this work the importance of computer aids for engineering design is discussed. Requirements that computer systems are being submitted to when assist design processes are described. Trends of world development of the field in question are characterized. In the end there have been defined conditions necessary to advance computer aided design in Poland.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРАНЕ

Р е з ю м е

В статье рассмотрено значение систем автоматизации проектирования САПР для процесса инженерского проектирования. Описано требования вычислительных систем САПР возникающие из процесса проектирования. Охарактеризовано мировые тенденции в этой области. Определено условия необходимы для развития систем автоматизации проектирования в стране.