ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: MECHANIKA z. 82 Nr kol. 845

Zbigniew Osiński
Jerzy Wróbel

Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechnika Warszawska

NAUCZANIE PROJEKTOWANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEROWO NA WYDZIAŁACH MECHANICZNYCH POLITECHNIK

Streszczenie. W pracy sformułowano zadanie projektowania wspomaganego komputerowo oraz przedstawiono związane z tym problemy nauczania na wydziałach mechanicznych politechnik. Rozwój urządzeń komputerowych i nowych metod komputerowych stwarza nowe możliwości w pracy konstruktora, wymaga jednak istotnych zmian w procesie dydaktycznym szkoły wyższej.

Wstęp

Rozwój mikroelektroniki, w skali, w jakiej to obserwujemy w ostatnich latach, powoduje, że coraz trudniej znaleźć dziedzinę gospodarki, nauki, techniki, a także życia społecznego niezależną od komputerów [10]. Zastosowanie komputerów znajduje również miejsce w procesie konstruowania maszyn, ich wytwarzania, a także eksploatacji [9, 11, 19].

Poziom technologii w najwyżej uprzemysłowionych krajach umożliwia masową produkcję komputerów i ich wykorzystanie we wszystkich dziedzinach działalności ludzkiej. Ich oceny, rozmiary, niezawodność i wymagane warunki eksploatacji pozwalają instalować je także w miejscu pracy inżyniera przeznaczając je wyłącznie dla jego potrzeb i powierzają mu bezpośrednie ich użytkowanie.

Korzyści płynące z wykorzystania komputerów w gospodarce narodowej są bezsporne, a ograniczając się do dziedziny komputerowego wspomagania konstruowania maszyn należy wymienić [23]:

- możliwość obniżenia kosztów projektowanej maszyny poprzez optymalizację rozwiązań,
- podniesienie stopnia bezpieczeństwa, niezawodności i równomierności zużywania się poszczególnych elementów maszyn poprzez zastosowanie dokładniejszego modelu matematycznego i metod optymalizacji przy kształtowaniu poszczególnych węzłów konstrukcyjnych, elementów i zespołów maszyn,
- znaczne skrócenie czasu i kosztów opracowania dokumentacji konstrukcyjnej,

- odciążenie konstruktora od prac zrutynizowanych i nietwórczych,
- zwiększenie możliwości korzystania z rozwiązań konstrukcyjnych już istniejących,
- przeprowadzenie wiarygodnych badań jeszcze w sferze projektu.

Stosowanie komputera jako bezpośredniego narzędzia pracy inżyniera staje się koniecznością w każdym kraju, który nie chce zostać w tyle za światowym postępem [10] .

Tendencje rozwojowe projektowania wspomaganego komputerowo

Przez pojęcie projektowania wspomaganego komputerowo /często używa się skrótu CAD od angielskiego terminu Computer Aided Design/ należy rozumieć taki proces projektowania, w którym komputer stanowi narzędzie pracy projektanta na każdym etapie projektowania. Systemy CAD /projektowania wspomaganego komputerowo/ składają się z urządzeń /hardware/ i oprogramowania /software/ połączonych w jeden system wspomagający pracę projektanta.

Asortyment urządzeń stosowanych do wspomagania projektowania jest bardzo bogaty, począwszy od mikrokomputerów, poprzez minikomputery do dużych systemów komputerowych.

Mikrokomputery z ekranem graficznym /np. APPLE3, HP9845B/ mogą być indywidualnymi stanowiskami pracy konstruktora i często pracują jako inteligentny terminal systemu minikomputerowego.

Systemy minikomputerowe, 16-lub 32-bitowe /np. PDP 11/70, VAX11/750/, o pamięci operacyjnej 128 kB do kilku, a nawet kilkunastu MB oraz pamięciami zewnętrznymi szybkiego dostępu do 1000 MB, umożliwiają podłączenie do kilkudziesięciu terminali alfanumerycznych i kilku urządzeń grafiki komputerowej. Stanowią one podstawę budowy systemów CAD.

W przypadku konieczności rozwiązywania problemów przekraczających możliwości obliczeniowe minikomputerów lub odwoływania się do baz danych, znajdujących się poza danym ośrodkiem, mogą one być podłączone do dużych systemów komputerowych /np. IBM, CDC/.

Szybki rozwój, głównie systemów mikroprocesorowych, narzuca konieczność ciągłej weryfikacji koncepcji projektowania wspomaganego komputerowo. Można to osiągnąć przy znacznie niższych, niż to się zakłada, nakładach, bazując na systemach rozproszonego przetwarzania w lokalnych sieciach mikro- i minikomputerowych. Znacznie maleją bowiem ceny mikrokomputerów przy jednoczesnym skokowym zwiększeniu ich możliwości obliczeniowych, np. wprowadzenie wirtualnego zarządzania pamięcią /mikroprocesor firmy INTEL IAPX 80186/ sprawiło, że możliwości mikrokomputerów do obsługi jednego użytkownika i minikomputerów są porównywalne. Należy sądzić, że najbliższa przyszłość, jeśli idzie o sprzęt dla projektowania wspomaganego komputerowo to mikrokomputery wyposażone w pamięci dyskowe z interaktywnym łączem graficznym. Tego typu stanowiska pracy projektanta podłączone do minikom-

putera z urządzeniami pomocniczymi takimi, jak: pamięci o wielkiej pojemności, drukarki, łącza telekomunikacyjne do innych komputerów urządzenia grafiki komputerowej, będą mogły wykorzystywać wspólną dla całego biura konstrukcyjnego, czy nawet branży, bibliotekę programów oraz wspólną bazę danych [7, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 21, 22, 28].

Istotnym elementem systemów CAD jest oprogramowanie. Ważną częścią współczesnych systemów CAD są systemy modelowania geometrycznego. Ich zadaniem jest utworzenie modelu geometrycznego konstrukcji, a więc zapis wszystkich cech /geometrycznych, materiałowych i dynamicznych [8] / poprzez zapis zarówno postaci cechy, jak i układu wymiarów. Z uwagi na złożoną strukturę języków naturalnych, służących dotychczas do opisu jak i na zasady rysunku technicznego jest to zadanie niezwykle złożone.

Modelowanie jest prowadzone w trybie konwersacyjnym i w większości systemów CAD możliwe jest przedstawienie na ekranie monitora graficznego powstającego modelu na bieżąco, we wszystkich kolejnych fazach jego powstawania.

System CAD musi umożliwiać wprowadzenie zmian /również konwersacyjne/ do utworzonego wcześniej modelu, w celu zmiany kształtu bądź wymiarów elementów składowych, rozszerzenia modelu o nowe elementy, czy też usunięcia z niego pewnych, już istniejących elementów. W ten sposób umożliwia się budowę modelu etapami, w wielu sesjach, nieraz w ciągu długiego okresu czasu.

Modele geometryczne pewnych, często stosowanych elementów, są zapisywane w bazach danych na stałe i tworzą katalog elementów podstawowych.

Języki do budowy modeli geometrycznych są na ogół wielopoziomowe. Poziomy najniższe dotyczą zapisu najprostszych elementów /nieraz powierzchni/ maszyn, natomiast poziomy wyższe opisują wzajemne powiązania i własności zespołów elementów z niższych poziomów.

Istnieje wiele języków opisu informacji geometrycznej o maszynach /zwanych często językami graficznymi/ i dziedzina ta jest w stanie szybkiego rozwoju z uwagi na szybki rozwój środków grafiki komputerowej [2, 4, 9, 15, 17, 21, 22, 30, 36].

W pracy [33] przedstawiony jest przykładowy system CAD przeznaczony dla przemysłu maszynowego o nazwie EUCLID. Podstawowymi funkcjami systemu EUCLID, a jest to typowy system CAD, są, prowadzone w trybie konwersacyjnym, modelowanie elementów i zespołów maszyn oraz wykonywanie dokumentacji konstrukcyjnej. Utworzone modele geometryczne są modelami przestrzennymi /trójwymiarowymi/ i poprzez powiązanie z innymi informacjami /np. materiałowymi, technologicznymi, itp./ mogą być wykorzystane do takich zadań, jak:

- symulacja pracy konstruowanych maszyn,
- obliczenia wytrzymałościowe /za pomocą metody elementów skończonych/,
- projektowanie procesów produkcyjnych /technolog./,
- optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych.

Budowa modelu geometrycznego rozpoczyna się od definiowania pewnych podstawowych elementów /pierwszy poziom języka/. Elementy te są następnie przekształcane i łączone w bardziej złożone elementy, zespoły i całe maszyny /wyższe poziomy języka/. Wszystkie dane definiowanych elementów są zapisywane w pamięciach dyskowych, a same elementy otrzymują jednoznaczne nazwy /nazwy są nazwami zbiorów, a więc mogą być nazwami zbliżonymi do naturalnych nazw modelowanych elementów np. WAL, ŁOŻYSKO, itp/. Podsystem przechowywania danych /baza danych/ o elementach maszyn umożliwia ponadto:

- utworzenie katalogu elementów znormalizowanych /śruby, nity, podkładki, itp/ lub często stosowanych /łożyska, uszczelki, itp/,
- pracę z wieloma wariantami zdefiniowanych elementów /np. katalog łożysk/,
- utworzenie lokalnych baz danych i katalogów dla każdego stanowiska pracy /np. bank sekcji zawieszeń/,
- w przypadku awarii całego systemu komputerowego, odtworzenie zawartości zbiorów dyskowych i stanu pamięci operacyjnej do stanu umożliwiającego dalszą pracę, bez konieczności powtórnego wprowadzania danych i wykonywania już zrealizowanych rozkazów.

Koszty zakupu systemu CAD /jest to zwykle oprogramowanie wraz z odpowiednimi urządzeniami komputerowymi/ szybko zwracają się dzięki korzyściom osiągniętym przy wdrażaniu CAD w konstruowaniu maszyn. Należy podkreślić, że koszty systemów CAD mają tendencję zniżkową, natomiast wyraźnie różnią ich możliwości.

Pewne elementy projektowania wspomaganego komputerowo można realizować wykorzystując bardzo skromne możliwości obliczeniowe, np. bez urządzeń grafiki komputerowej. Dotyczy to głównie wybranych obliczeń inżynierskich. Przykładem może być rozwiązywanie zadań optymalizacji czy półoptymalizacji w projektowaniu maszyn [18, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 34] czy przeprowadzenie symulacji projektowanej maszyny [23, 31, 32, 34, 37, 38].

Stan nauczania w zakresie komputerowo wspomaganego projektowania maszyn

Sytuacja w polskim przemyśle jest pod względem wykorzystania komputerów jako narzędzia pracy inżyniera wysoce niezadowalająca. Jedną z przyczyn tego stanu, mimo zainstalowania w wielu zakładach sprzętu komputerowego, jest nieprzygotowanie kadry inżynierów do korzystania z komputerów. Stan ten jest częściowo usprawiedliwiony, ponieważ kadra ta studiowała jeszcze w okresie suwaka i arytmometru.

Niezbyt usprawiedliwiony jest jednak fakt, że obecnie kształceni studenci w większości wydziałów mechanicznych politechnik nadal nie nabywają umiejętności korzystania z techniki komputerowej do procesów projektowania. Poza naukę podstaw elektrotechnicznej techniki obliczeniowej ETO,

na pierwszych latach studiów, studenci nie mają na ogół więcej kontaktów z komputerem, a w wielu uczelniach realizacja programów ETO pozostawia wiele do życzenia. Sytuacja staje się zresztą paradoksalna ze względu na to, że młodzież ma często większy kontakt z komputerem /mikrokomputerem/ stosowanym do celów rozrywkowych niż z komputerem jako narzędziem pracy na uczelni.

Istotną przyczyną tego stanu nauczania jest brak sprzętu informatycznego. Dużo ważniejszą i trudniejszą do przezwyciężenia przyczyną jest nieprzygotowanie kadry dydaktycznej. Dotyczy to niemal całego procesu dydaktycznego uczelni technicznej.

Problematyka nauczania projektowania wspomaganego komputerowo, a szerzej kształcenia młodzieży i studentów, przyszłych inżynierów w warunkach rewolucji informatycznej znalazła zrozumienie w polityce wielu krajów. Podstawy systemów cyfrowych, programowania i bezpośredniej pracy z komputerem są wprowadzane do szkół średnich, a nawet podstawowych. Na uczelniach następuje dalsze rozszerzenie wiadomości i umiejętności bezpośrednio związanych z przedmiotem studiów. Tak jak trudno sobie współcześnie wyobrazić dziedzinę gospodarki bez komputerów tak prawie nie ma przedmiotów, których programy wykładów, ćwiczeń, laboratoriów czy projektów mogłyby być realizowane bez narzędzia pracy studenta, jakim jest komputer.

Duże znaczenie w doszkalaniu inżynierów mają również różnego rodzaju szkolenia i studia podyplomowe.

Rządy poszczególnych państw, widząc konieczność uczestniczenia w rewolucji informatycznej, przeznaczają duże fundusze na stałą komputeryzację szkół i uczelni, oraz poprzez umiejętną politykę finansową stymulują rozwój systemów CAD w zakładach przemysłowych. Prowadzi się również prace nad udoskonalaniem systemu edukcaji narodowej wraz ze zmianami w technice komputerowej [1, 7, 10, 13, 16, 19, 31, 35].

Propozycje nauczania projektowania wspomaganego komputerowo

Dla określenia racjonalnych w naszych warunkach decyzji związanych z usprawnieniem dydaktyki konieczna jest analiza dostępnych na naszym rynku urządzeń komputerowych produkowanych aktualnie na świecie oraz prognoz co do perspektyw rozwoju CAD.

Wydaje się, że w sytuacji obecnej właściwym rozwiązaniem powinno być organizowanie Ośrodka projektowania komputerowego w instytucie prowadzącym zajęcia z podstaw konstrukcji maszyn PKM. Ośrodek ten może obsługiwać jeden wydział. Centralnym zadaniem ośrodka powinno być nauczanie projektowania komputerowego i stosowanie tego projektowania w ramach przedmiotu PKM. Ośrodek powinien służyć do wykonywania projektów, prac przejściowych i dyplomowych prowadzonych w ramach wydziału. Ośrodek może

także pełnić rolę ośrodka obliczeniowego w dydaktyce innych przedmiotów zarówno podstawowych/mechanika, teoria maszyn i mechanizmów, mechanika płynów, termodynamika, metrologia, itp./jak i specjalistycznych. Jednocześnie ośrodek może być wykorzystywany do prowadzenia prac naukowych wydziału. Należy zauważyć, że podobne ośrodki CAD powstają także w uczelniach w innych krajach.

Techniczne wyposażenie ośrodka może być realizowane na różne sposoby. Wydaje się w obecnych warunkach krajowych, że najbardziej celowe jest organizowanie ośrodków instytutowych wyposażonych w sprzęt minikomputerowy.

Sprzęt ten jest dostępny także w krajach RWPG, przede wszystkim w CSRS i ZSRR. Należy liczyć także na dostawy podobnego sprzętu krajowego w przyszłości.

Przedstawiona sytuacja skłania do wyrażenia opinii, że konieczne jest podjęcie scentralizowanych działań dla szybkiego wdrożenia nauczania komputerowo wspomaganego projektowania maszyn. Działania te winny być stymulowane przez Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Środkiem do tego celu powinno być przede wszystkim dotowanie przedmiotowe w zakresie wyposażenia oraz w zakresie prowadzenia badań naukowych i wdrożenia techniki komputerowej.

Wyniki szkolenia studentów mogą być odczuwalne w gospodarce za około 10 lat /licząc około 5 lat na wdrożenie w uczelniach i 5 na wypuszczenie absolwentów/. Toteż działanie na rzecz przyśpieszenia stosowania technik komputerowych wymaga przeszkolenia inżynierów konstruktorów obecnie czynnych na studiach i kursach podyplomowych. W tym przypadku konieczne jest współdziałanie z odpowiednimi resortami.

Realizacja omawianego celu wymaga więc:

- dotowania wspomagającego zakup sprzętu dla ośrodków projektowania komputerowego na wydziałach mechanicznych,
- stymulowania realizacji programów nauczania z użyciem techniki komputerowej,
- stymulowania organizacji studiów i kursów podyplomowych,
- dotowania prac badawczych w zakresie podstaw komputerowego projektowania i wdrażania ich w praktykę dydaktyczną.

Próbę organizacji takiego ośrodka podjęto w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej bazując na minikomputerach SM3, SM4 i ADT 4300. Studenci w ramach projektowania PKM korzystają z dydaktycznych, dialogowych programów służących do projektowania, wałów, łożysk, przekładni zębatych i innych elementów maszyn. Opracowano również dydaktyczne oprogramowanie związane z badaniem liniowych układów dynamicznych i elementów automatyki przydatne w przedmiotach "mechanika techniczna", "teoria drgań i automatycznej regulacji". Oprogramowanie dydaktyczne jest także wykorzystywane w trakcie szkoleń, kursów i studiów podyplomowych prowadzonych dla inżynierów konstruktorów. Programy zostały opracowane i są rozbudowywane na zlecenie koordynatora problemu badań podstawowych R.1.11.

"Rozwój metod projektowania komputerowego w budowie maszyn i pojazdów". Tylko część studentów /z uwagi na małe możliwości obliczeniowe ośrodka/ samodzielnie opracowuje podprogramy lub programy służące do projektowania wspomaganego komputerowo w ramach prac przejściowych lub dyplomowych.

Należy dążyć do tego, aby wzorem innych krajów podstawowym wykształceniem informatycznym objąć młodzież szkół średnich, a ewentualny przedmiot ETO na uczelni potraktować jako przedstawienie systemu komputerowego już jako narzędza pracy inżyniera.

Nauczania projektowania wspomaganego komputerowo, oprócz zmian w samym przedmiocie PKM, wymaga też wprowadzenia nowych elementów do programów studiów, takich jak: grafika komputerowa i modelowanie geometryczne, organizacja baz danych dla potrzeb projektowania, metody optymalizacji, metody komputerowego wspomagania procesów decyzyjnych, metody komputerowe w mechanice, w dynamice maszyn /metody symulacji cyfrowej/, metoda elementów skończonych itp.

Wnioski

Problemy nauczania projektowania wspomaganego komputerowo na wydziałach mechanicznych politechnik są jednym z najważniejszych zadań stawianych nie tylko przed przedmiotem PKM, ale przed całym programem nauczania na uczelniach, a nawet w szkole średniej czy podstawowej.

Podobnie jak na całym świecie, również w Polsce następują w związku z tym istotne zmiany w koncepcji edukacji i sylwetki absolwenta. Zmiany te muszą mieć charakter ciągły, gdyż rozwój urządzeń komputerowych i oprogramowania charakteryzuje się wysoką dynamiką zmian, powodującą konieczność aktualizacji zarówno koncepcji metodologicznych, jak i organizacyjnych dotychczasowych systemów wspomagania komputerowego projektowania maszyn.

LITERATURA

[1] Allan J.A.: CAD education to the year 2000, Computer Aided Design, Vol 10, no 1, 1978, pp 3-7.

[2] Barnhill R.E.: A survey of the representation and design of surfaces, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 3, no 7, 1983, pp 9-16.

[3] Bąbiński C., Wolpe M.: Automatyczne projektowanie. Warszawa, Arkady 1976.

[4] Bear A., Eastman C., Henrion M.: Geometric modelling. A survey, Computer Aided Design, Vol 11, no 5, 1979, pp. 253-272.

[5] Bossak M.: Modelowanie matematyczne w komputerowo wspomaganym projektowaniu. Praca PIMB, 1984, no 1-2, pp 35-40.

[6] Cwietkow W.D.: System automatyzacji projektowania procesów technologicznych. Warszawa, PWN, 1978.

[7] Dawson F.T.: CAD - a users prespective, Computer Aided Design, Vol 12, no 3, 1980, pp 127-132.

[8] Dietrych J.: System i konstrukcja. Warszawa, WNT 1978.

[9] Encarnacao J., Schlechtendahl E.G.: Computer aided design. Springer-Verlag, 1983.

[10] Friedrich G., Schaff A.: Microelectronics and society; for better and for worse. Pergamon Press, 1982.

[11] Groover M.P., Zimmers E.W.: CAD/CAM; Computer aided design and manufacturing, Prentice-Hall, 1984.

[12] Jones J.C.: Metody projektowania. Warszawa, WNT 1977

[13] Haminway M.: Users and vendors evaluate the current status and future prospects of CAD/CAM IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 4, no 2, 1984, pp 18-24.

[14] Hatvany J., Gero J., Eastman C.: CAD the next ten years,Computer Aided Design, Vol 10, no 6, 1978, pp. 347-349.

[15] Hatvany J., Newman W.N., Sabin A.A.: World survey of computer aided design, Computer Aided Design, Vol 9, no 2, 1977, pp 79-98.

[16] Hołyński M.: Symulacja procesu nauczania w systemie PLATO. Informatyka, nr 2, 1981, ss. 4-9.

[17] Koriba M.: Database systems: their applications to CAD software design, Computer Aided Design, Vol 15, no 5, 1983, pp 277-287.

[18] Kowalski J.: Modelowanie obiektów konstrukcyjnych w projektowaniu optymalnym, Warszawa, WNT, 1983.

[19] Krouse J.K.: What every engineer should know about computer aided design and computer aided manufacturing. Nowy York, Marcel Dekker, 1982.

[20] Lerner E.J.: The computer graphics revolution, IEEE Spectrum. Vol 19, no 2, 1981, pp. 35-39.

[21] Machover C.: State of art - computer aided design. Reprographics. Vol 14, no 1, 1976, pp. 15-88.

[22] Machover C.: An updated guide to sources of information about computer graphics, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 3, no 1, 1983, pp. 49-59.

[23] Osiński Z., Wróbel J.: Teoria konstrukcji maszyn. Warszawa, WNT 1982.

[24] Osiński Z., Wróbel J.: Problemy nauczania projektowania wspomaganego komputerowo w ramach przedmiotu PKM. XI Sympozjon PKM, Jachranka, 1983. Referaty problemowe, ss. 21-34.

[25] Osiński Z., Pokojski J., Wróbel J.: Optimization of multilevel multicriteria machine design problems, Foundations of Control Engineering, Vol 8, no 3-4, 1983, pp. 175-182.

[26] Osiński Z., Pokojski J., Wróbel J.: Polioptymalizacja pewnych dekomponowalnych zadań w dynamice maszyn. Sympozjon "Modelowanie w mechanice", Beskid Śląski, 1984, ss.573-382.

[27] Pahl G., Beitz W.: Nauka konstruowania. Warszawa, WNT 1984.

[28] Preiss K., Bagrit L.: Future CAD systems, CAD/CAM, Vol 4, no 7, pp 7-10, 1982.

[29] Seireg A.: A survey of optimization of mechanical design. Journal of Engineering for Industry, 1972, may, pp.495-499.

[30] Shoosmith J.N., Fulton R.E.: Computer aided geometry modelling. A key to effective use of computers in science and engineering, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 3, no 7, 1983, pp.6-8.

[31] Shoup T.E.: A practical guide to computer methods for engineers, Englewood Cliffs; Prentice Hall 1979.

[32] Swerling S.: Computer aided engineering, IEEE Spectrum, Vol 19, no 11, 1982, pp.37-41.

[33] System EUCLID, Zeitschrift fur wirtschaflliche Fertigung. Vol 77, 1982, no 5.

[34] Szmelter J.: Metody komputerowe w mechanice. Warszawa, PWN, 1979.

[35] Tawney D.A. /ed./: Learning through computers. An introductions to computer assisted learning in engineering, mathematics and sciences at tertiary level, London, 1979, McMillan Press.

[36] Winkler T.: Komputerowo wspomagane sporządzanie dokumentacji konstrukcyjnej. Przegląd Mechaniczny, 1983, nr 8.

[37] Wolfendale E.: Computer aided design techniques, Butter-Worths, 1980.

[38] Wróbel J.: Zastosowanie techniki symulacji cyfrowej w nieliniowej stochastycznej dynamice maszyn. Zeszyty Naukowe AGH, Kraków, 1981, nr 142, ss.265-269.

LEARNING OF COMPUTER AIDED DESIGN AT MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENTS

S u m a r y

Problem of computer aided design and some teaching problems at mechanical engineering departments are presented. The rapid development in computer hardware and software gives new chances in mechanical engineering design. It needs deep modification of education system at technical universities.

ОБУЧЕНИЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН
В ПОЛИТЕХНИЧЕСКИХ ИНСТИТУТАХ

Р е з ю м е

В работе рассматриваются постановка и задачи автоматического конструирования машин с использованием электронных вычислительных машин, а также, связанные с этими проблемами некоторые вопросы обучения.

Развитие средств вычислительной техники и специальных методов конструирования создает новые перспективы и приносит большую пользу, но одновременно вызывает новые дидактические проблемы в политехнических институтах.