

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Paweł WITUSZYŃSKI  
 Politechnika Białostocka i Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie  
 Dr inż. Adam ZALEWSKI  
 Politechnika Warszawska

## KSZTAŁCENIE UMIEJĘTNOŚCI CAD/CAM/CNC W WIELKIEJ BRYTANII NA PRZYKŁADZIE NARZĘDZI FIRMY DENFORD®

*W artykule zaprezentowano formy nowoczesnego kształcenia użytkowników programów służących komputerowemu wspomaganemu prac inżynierskich, zwłaszcza w zakresie CAD/CAM/CNC. Wykorzystano tu informacje dotyczące zastosowania technik kształcenia w Wielkiej Brytanii. Podano przykłady form kształcenia i używanego hardware'u i software'u.*

### WPROWADZENIE

W dobie szybkiego rozwoju nauki oraz techniki, kluczowym problemem staje się takie kształcenie, aby absolwenci kursów, szkół i uczelni posiadali wysoką wiedzę ogólną, specjalistyczne umiejętności oraz aby potrafili je w praktyce wykorzystać.

Podstawowym zadaniem każdej uczelni jest merytoryczny wybór treści nauczania, sposobu jej przekazania (wykłady, ćwiczenia, laboratoria, warsztaty, projekty, techniki multimedialne, praktyki ...), oraz weryfikacji zdobytych umiejętności przez absolwenta tak, aby uzyskana ocena była wskazówką pomocną w dalszym etapie rozwoju naukowego i zawodowego.

Problem ten dotyczy kształcenia współczesnego inżyniera – użytkownika systemów CAD/CAM/CNC. Obserwując w Polsce duże zainteresowanie różnego rodzaju kursami, studiami podyplomowymi i szkoleniami z zakresu CAD/CAM/CNC, warto zwrócić uwagę na doświadczenia innych krajów na tym polu.

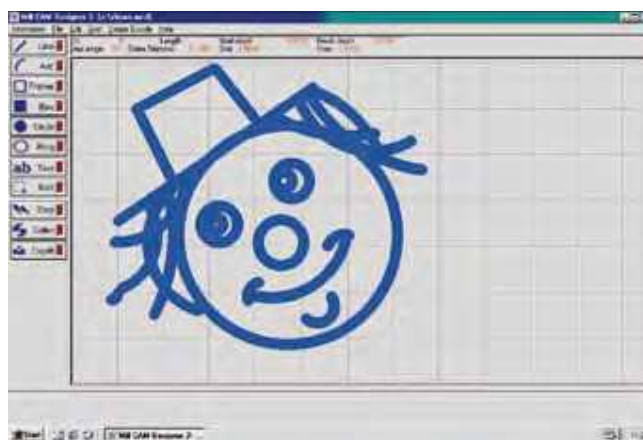
Brytyjska firma Denford jest od lat światowym liderem w dostarczaniu kompletnego rozwiązania do nauczania nowoczesnego projektowania i technik wytwarzania. Od 50 lat dostosowuje ona swoje produkty spełniając wymagania szkół, uczelni i uniwersytetów. Reprezentuje bogate tradycje brytyjskiej myśli technicznej i jej zasłużonej reputacji. Produkty firmy Denford używane są w ponad 80 krajach. Firma założona w 1953 roku, jako jedna z pierwszych na świecie, zaproponowała obrabiarkę CNC zaprojektowaną specjalnie dla potrzeb przemysłowych szkoleń i technicznego kształcenia. Dzisiaj współpracuje z licznymi dostawcami z dziedziny robotyki, szybkiego prototypowania, laserów, ploterów itp. Oferta obejmuje sprzęt oraz oprogramowanie CAD/CAM/CNC/CIM na różnych poziomach trudności: od podstaw po zaawansowane programowanie. Sukces osiągnięty przez firmę Denford był zdeterminowany przez jasne określenie celu – nauczanie najnowocześniejszych technik CAX łatwo, efektywnie, bezpiecznie, zgodnie ze standardami przemysłowymi i tanio.

### TECHNIKI NAUCZANIA

Wykorzystanie nowoczesnych napędów i mechanizmów oraz stworzenie zaawansowanego, interaktywnego oprogramowania z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości dostarczyło nowej jakości kształcenia przyszłych konstruktorów, inżynierów, technologów i programistów CNC. Pomijając komercyjne aspekty zagadnienia, bardzo interesująca wydaje się koncepcja nauczania.

Kształcenie młodych inżynierów w Anglii zaczyna się bardzo wcześnie. Najmłodsze klasy objęte praktycznymi zajęciami CAD/CAM/CNC składają się z jedenastoletnich uczniów (!). Te pierwsze zajęcia przypominają bardziej zabawę niż konwencjonalny kurs, ale w tym podejściu jest metoda.

Uczeń poznaje zagadnienia CAD/CAM/CNC równocześnie z zabawą na komputerze PC, odkrywaniem Internetu, czy multimedialną telefonią komórkową. Nauka jest atrakcyjna. Tworząc początkowo proste rysunki, uczeń widzi natychmiastowy efekt w postaci modelu wykonanego w miękkim materiale. Jest to osiągnięte przez wyposażenie pracowni w proste programy CAD/CAM (np. MillCAM Designer – rys. 1) oraz w tanią, małą, stołową frezarkę CNC (np. Microrouter – rys. 2).



Rys. 1. Przykład prostego rysunku wykonanego w programie MillCAM Designer [4].



Rys. 2. Frezarka stołowa CNC typu Microrouter Compact [1].

Pozwala to uczniowi przejść w ciągu 45 minutowych zajęć drogę od rysunku (np. napis życzeń dla mamy, rysunek zwierzaka, czy ulubiona postać z filmów animowanych), przez automatyczne utworzenie kodu sterującego obrabiarką i uruchomienie obróbki. Uczeń samodzielnie zakłada materiał do obróbki (np. plastikowa płytka o wymiarach 120mm x 70mm x 4mm mocowana śrubami lub obustronną taśmą klejącą ze względu na małe siły skrawania), sam ustawia narzędzie, deklaruje punkt bazowy przedmiotu obrabianego, deklaruje parametry obróbki (posuw, prędkość obrotowa freza, głębokość i szerokość obróbki) i przeprowadza obróbkę pod okiem nauczyciela. Efekt pracy może następnie dumnie zaprezentować rodzicom lub pojawi się on wśród ciekawszych prac na szkolnej wystawce...

W trakcie tych krótkich zajęć (których poziom trudności stopniowo rośnie) pojawia się u ucznia jedno kluczowe mniemanie: CAD/CAM/CNC to proste, to technika naturalna jak używanie sprzętu AGD, czy ogrodowej konewki... Poznaje on podstawy wiedzy projektanta CAD/CAM nie tracąc entuzjazmu na pokonywanie technicznych niuansów, na podręcznikowe i pamięciowe kształcenie. Budzi się jego inżynierska intuicja, która jest stopniowo rozwijana i doksztalcana, jak pokazuje już kilkudziesięcioletnia angielska praktyka (pierwsze cykle szkolenia tego typu były realizowane w latach osiemdziesiątych), może doprowadzić do wysoko wykwalifikowanego inżyniera/kierownika produkcji.

Kształcenie przez zabawę – to nic nowego, ale ta technika sprawdza się także w kształceniu już dojrzałych pracowników. Pierwsze zajęcia nie koniecznie są związane wtedy z wygrawerowaniem życzeń dla mamy, ale schemat pozostaje ten sam: od projektu do wykonania, w kilka chwil, samodzielnie.

Wydaje się, że minęły już czasy wielomiesięcznych (kilkuletnich) szkoleń użytkowników systemów CAD/CAM/CNC. Tempo zmian jest tak duże, że oczekujemy efektów wdrożenia nowych technologii niemal natychmiast. Nie osiągniemy tego studiując wielotomowe instrukcje, nawet metodą szybkiego czytania. Tutaj potrzebne jest inne podejście. Jeśli kursant „zna zasady”, to wystarczy krótkie (kilku lub kilkunasto godzinne) szkolenie dotyczące kluczowych zasad obsługi wybranego programu, aby użytkownik dalej już działał efektywnie samodzielnie. Oczywiście jest to związane z nowoczesną budową programów CAD/CAM/CNC, które pracę opartą na „kluczach” wspomagają oraz są wyposażone w interaktywny „system pomocy”, bogate, graficzne i tekstowe podpowiedzi, filmy demonstracyjne, wreszcie „system pomocy” on-line przez Internet.

## PROGRAMY I URZĄDZENIA TECHNICZNE W LABORATORIUM CAD/CAM/CNC

### 1. Programy

Wyposażenie typowego laboratorium składa się z oprogramowania i opcjonalnie z maszyn. Uwagę zwracają np. następujące programy [1, 4]:

**Millcam (Lathecama) Designer** pozwala na przygotowanie projektów 2D w łatwy i efektowny sposób. Ten pierwszy krok nauki CAD/CAM kończy się automatycznym opracowaniem programów obróbkowych NC odpowiednio na frezarki (tokarki).

**Mastercam** to profesjonalny, popularny zintegrowany system CAD/CAM. Umożliwia rozwiązywanie zadań od podstaw po studiowanie technik optymalizacji wytwarzania i problemów wieloosiowej obróbki.

**VR CNC Milling (Turning)** – to ciekawe rozwiązanie udostępnia użytkownikowi przyjazny interfejs do programowania i sterowania obrabiarką CNC. Przyjmując gotowy program NC z systemu CAM lub pisząc ręcznie w edytorze tekstowym, widzimy natychmiast rezultat obróbki. Widoki 2D i 3D dają szansę szczegółowej analizy każdej fazy projektu. Opracowany program można uruchomić na wirtualnej obrabiarence. Procedura pracy z wirtualnym modelem obejmuje wszystkie etapy uruchomienia maszyny, przygotowania jej do realizacji zadania i wierny cykl pracy zgodny z opracowanym programem sterującym.

**VR CNC Milling (Turning) może obsługiwać rzeczywistość obrabiarkę w identyczny sposób!**

Po opanowaniu przez użytkownika ogólnych zasad pracy z obrabiarką CNC mamy możliwość zamiany panelu sterowania na tryb wybranego standardu przemysłowego (np. Fanuc 21iM/T czy Fanuc OM/T). Po dołączeniu do komputera panelu zgodnego z wybranym układem sterowania, wirtualna maszyna lub współpracująca obrabiarka działa funkcjonalnie tak samo, jak w pełni przemysłowe rozwiązanie.

**VR Robot** to wirtualny robot Movemaster RV-M1 posiadający wszystkie cechy rzeczywistej maszyny, zalecany do bezpiecznej nauki programowania dla wielu uczniów i studentów tanim kosztem.

**VR CIM** wprowadza nas w wirtualny świat komputerowego zintegrowanego wytwarzania (CIM). Kilka poziomów zaawansowania: od obsługi trzech maszyn technologicznych tworzących elastyczne gniazdo obróbkowe do pełnego zestawu CIM składającego się z frezarki, tokarki, kilku robotów, stanowiska kontroli jakości, stanowiska kontroli wizyjnej, systemu transportowego, magazyn przedmiotów obrabianych. Zawiera pełen program sterowania rzeczywistym CIM Denford'a. Jest to wyjątkowa okazja do programowej obsługi zleceń, przygotowania planu produkcji i uruchomienia go w wirtualnym zakładzie z pełną symulacją i nadzorem produkcji.

### 2. Maszyny do nauki CAD/CAM/CNC

Proponuje się **obrabiarki CNC** różnych rodzajów i wielkości. Najmniejsze ważą zaledwie kilkadziesiąt kilogramów. Daje to swobodę w projektowaniu pracowni CAM i możliwość swobodnego rekonfigurowania laboratorium zgodnie z potrzebami. Obrabiarki sterowane są programem **VR CNC Milling (Turning)** i są zgodne z pracą w standardach przemysłowych. Są dostosowane do współpracy z programami CAM i opcjonalnie do pracy w FMS (CIM). Szybkość obróbki pozwala na wykonanie gotowych detali w krótkim czasie. Najmniejsze z maszyn, charakteryzujące się ograniczoną sztywnością, są wykorzystywane do obróbki materiałów miękkich; konkretne zadania przemysłowe wymagają zastosowania większych obrabiarek.



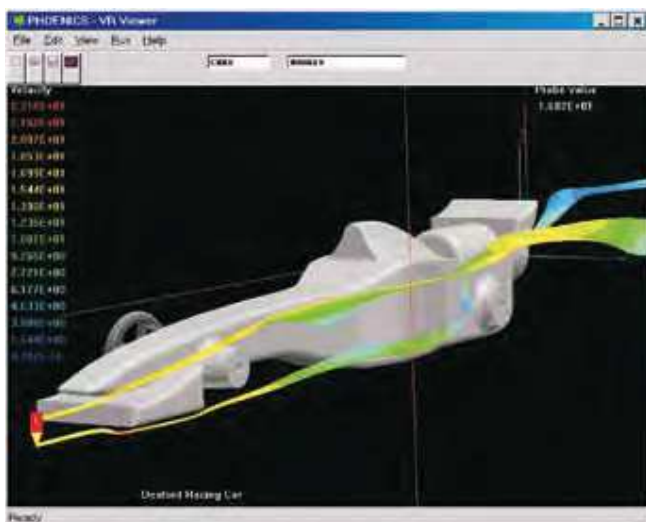
**Rys. 3.** Laboratorium CAD/CAM/CNC w College'u Mac-kworth w Wielkiej Brytanii [2]. Zestaw maszyn składa się kolejno od lewej strony z: frezarki, tokarki, dwóch robotów, systemu transportu palet i magazynu wysokiego składowania.

### NOWE FORMY KSZTAŁCENIA KOMPLEKSOWEGO NA PRZYKŁADZIE PROGRAMU F1 [3]

Nauczanie nowoczesnych zagadnień CAx powinno być możliwie atrakcyjne, zwłaszcza dla ludzi młodych. Przykładem może tu być **programu F1**, który nawiązuje do wyścigów samochodowych formuły 1. Każda szkoła może przystąpić do programu F1. Otrzymuje ona wtedy specjalny pakiet (płatny, ale w specjalnej ofercie dla edukacji) programów CAD/CAM oraz zestaw zunifikowanych akcesoriów, które mają posłużyć do budowy samochodu wyścigowego.

**Program F1 składa się z kilku etapów.**

Uczniowie samodzielnie projektują model samochodu wyścigowego, który napędzany będzie nabojem na sprężony dwutlenek węgla. Projekt samochodu wyścigowego wykonany w programie CAD przenoszony jest do systemu CAM.



**Rys. 4.** Wirtualne badanie aerodynamiczne modelu F1 [3].

Tutaj opracowywana jest technologia obróbki a program NC umożliwia wykonanie modelu na małej frezarce CNC. Przed obróbką model CAD poddawany jest analizie w wirtualnym tunelu aerodynamicznym.

Wyniki symulacji ułatwiają modyfikację modelu CAD ze względu na kryterium minimalnego oporu aerodynamicznego projektowanego samochodu. Po wykonaniu samochodu, przechodzi on rzeczywiste próby w minitunelu aerodynamicznym (rys. 5 i 6).

Obserwacja kształtu strug powietrza pozwala skorygować rysunek i model samochodu tak, aby uzyskać minimalne opory powietrza.

Ostatnim etapem projektu F1 jest wyścig. Jest on prowadzony według ujednoczonych reguł, z podziałem na grupy wiekowe uczestników. Wyścigi organizuje się w formie mistrzostw na poziomie szkolnym, międzyszkolnym, okręgowym, krajowym, wreszcie międzynarodowym. Raz do roku organizowany jest wielki finał z udziałem sponsorów, z nagrodami i udziałem mediów.



**Rys. 5.** Badanie modeli F1 w tunelu aerodynamicznym [3].



**Rys. 6.** Widok tunelu aerodynamicznego z modelem samochodu F1 [3].

Należy podkreślić, że udział w programie F1 jest zespołowy. Naucza się w ten sposób najnowszych zagadnień CAD/CAM/CNC, pracy w zespole ze wszystkimi aspektami grupowej realizacji projektu od początku do końca, współzawodnictwa, uatrakcyjnając nagrodami udział w konkursach. Wszystko to jest przyczyną sukcesu programu F1 w kilkuset szkołach w kilkudziesięciu krajach. W roku 2007 odbywała się już siódma edycja tego turnieju. Przy obecności komercyj-



**Rys. 7.** Model samochodu F1 – zwycięzca UK Championship 2001/2 (Archbishop Temple School in Lancashire) [6].

nych sponsorów, oprawa mistrzostw jak i nagrody są dodatkowym magnesem dla uczestników.

Ciekawe rozwiązanie proponuje się dla szkół, które nie posiadają obrabiarek do wykonania modelu samochodu. Po przygotowaniu wszystkich danych, są one przesyłane do tzw. Centrów szkoleniowych pod patronatem programu F1 (jest już ich kilkadziesiąt na świecie). Poprzez łącze internetowe klasa łączy się z warsztatem Centrum, gdzie on-line, za pomocą interaktywnego połączenia konferencyjnego uczniowie obserwują (a także biorą aktywny udział) przygotowanie obróbki i wykonanie modeli, które są dostarczane przesyłką w ciągu następujących dwóch – trzech dni.

## PODSUMOWANIE

Zaawansowane wykorzystanie technik CAD/CAM/CNC wymaga lat praktyki. Choć mistrzostwo, jak w każdej dziedzinie, wymaga doświadczenia, to bardzo istotne jest skrócenie czasu szkolenia użytkowników CAD/CAM/CNC, tak aby ich

wdrożenie do nowych zadań przebiegało jak najszybciej. Kolejnym istotnym zagadnieniem nowoczesnego kształcenia inżynierów jest rozwijanie ich umiejętności w zakresie możliwości (i potencjalnych możliwości) systemów CAD/CAM/CNC tak, aby byli oni motorem rozwoju zastosowania tych technik w przemyśle. Powinni oni patrzeć naprzód, a nie zatrzymywać się na bieżących ograniczeniach programowych i technicznych. To swojego rodzaju inżynierskie „wizjonerstwo” rozbudzone w formie zabawy w oparciu o profesjonalne i zaawansowane merytorycznie i technicznie rozwiązania, przekłada się szybko na wymierne korzyści dla przedsiębiorstwa.

## LITERATURA

- [1] CAD/CAM Solutions for Education and Training Worldwide – Product Catalogue 2006.
- [2] Engineering the future – materiały informacyjne MacKworth College Derby, Prince Charles Avenue, MacKworth, Derby DE22 2LR.
- [3] F1 Team In schools, CAD/CAM Design Challenge – materiały informacyjne 2006.
- [4] Materiały ofertowe 2006 firmy Zalco sp. z o.o., [www.zalco.pl](http://www.zalco.pl)
- [5] [www.denford.co.uk](http://www.denford.co.uk)
- [6] [www.f1inschools.co.uk](http://www.f1inschools.co.uk)
- [7] [www.mastercam.com](http://www.mastercam.com)

## EDUCATION OF CAD/CAM/CNC COMPETENCE IN GREAT BRITAIN BASED ON DENFORD COMPANY TOOLS

### SUMMARY

*The article describes the major conception of mini-laboratory for computer aided engineer works what is adjusted for students education needs in such branch of study like Mechanics and Machine Building and Management and Production Engineering. Examples of software and CNC technological machines and ways of their utilization are included.*