OPROGRAMOWANIE INŻYNIERSKIE W PROCESIE PROJEKTOWANIA MASZYN I URZĄDZEŃ

Mirosław JAKUBOWSKI

W artykule przedstawiono klasyfikację, krótką charakterystykę oraz wybrane wartościowe funkcje programów wspomagających proces projektowania maszyn i urządzeń mechanicznych. Zaprezentowano rolę i znaczenie w tym procesie Internetu, inżynierii odwrotnej oraz urządzeń jakie wykorzystywane są w trakcie pracy z oprogramowaniem CAD.

1. WPROWADZENIE

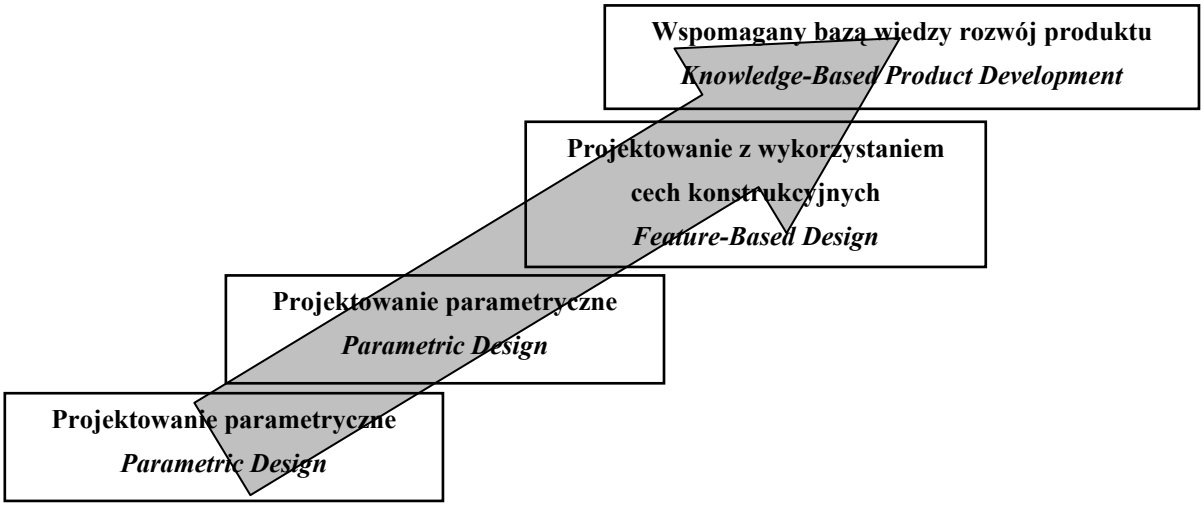
Oprogramowanie CAD jest obecnie jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych w biurach konstrukcyjnych, nawet niewielkich firm branży mechanicznej. I jeśli nie jest to rozbudowany, wielomodułowy program do tworzenia trójwymiarowych modeli części lub zespołów, to jest to relatywnie prosty program 2D zastępujący deskę kreślarską i służący do tworzenia dokumentacji płaskiej.

Obecnie na rynku istnieje duża liczba systemów CAD różniących się między sobą funkcjonalnością (zaimplementowane moduły), zakresem wykorzystania czy też zapotrzebowaniem na moc obliczeniową. Można wyróżnić wiele kryteriów, według których klasyfikuje się te programy, niemniej najogólniej można je podzielić na trzy grupy [1]:

- oprogramowanie low-end; znacznie ograniczone funkcjonalnie, pełnią w zasadzie rolę szkicowników, możliwe jest w nich wykonanie dokumentacji płaskiej, ewentualnie wbudowane są proste moduły 3D, np. AutoCADLT
- oprogramowanie mid-range; udostępniają użytkownikom wiele funkcji pozwalających na stosunkowo swobodne modelowanie 3D, zarówno bryłowe, powierzchniowe jak i hybrydowe, coraz częściej posiadają znacznie rozbudowane funkcje i możliwości dorównując tym samym programom z kolejnej grupy tj. high-end, do mid-range zaliczają się m.in. Solid Works, Inventor, Solid Edge,
- oprogramowanie high-end; są to bardzo rozbudowane narzędzia inżynierskie wspomagające projektowanie wyrobów na wszystkich jego etapach tj. od koncepcji i szkiców projektantów poczynając, poprzez definiowanie geometrii, a kończąc na rozbudowanej symulacji i optymalizacji konstrukcji i wykonaniu dokumentacji płaskiej, do tej grupy zaliczają się: Catia, Unigraphics (NX), ProEngineer.

Możliwy jest również podział z punktu widzenia metodologicznego, którego kryterium stanowi zakres wspomagania projektowania (rys. 1.)

Doprecyzowania wymaga jeszcze skrót CAD. W powszechnej nomenklaturze rozumiany jest jako ***C**omputer **A**ided **D**esign* natomiast ostatnia litera skrótu ma w kontekście inżynierii co najmniej dwa dodatkowe (oprócz ***D**esign*) znaczenia, a mianowicie ***D**rawing* oraz ***D**evelopment* czyli *rysowanie* oraz *rozwój*. Pojęcia te są mniej lub bardziej adekwatne w odniesieniu do konkretnego oprogramowania.



Rys. 1. Zakresy wspomagania projektowania w różnych systemach CAD [2]

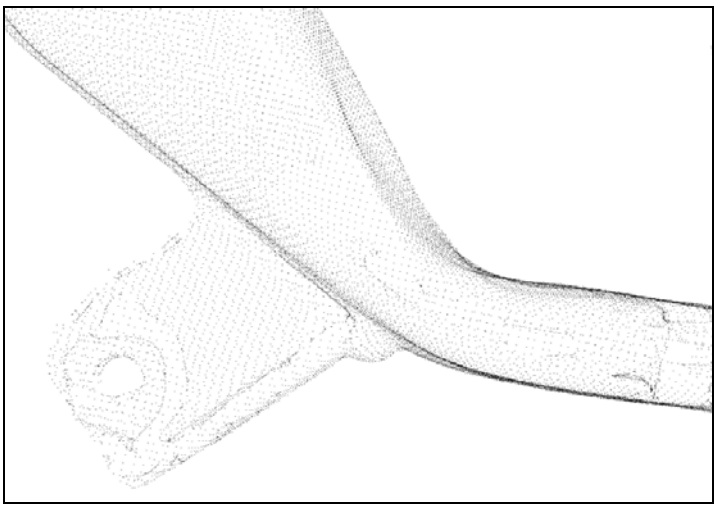
2. WYBRANE CENNE FUNKCJE OPROGRAMOWANIA CAD

1.1 Praca z pojedynczą częścią

Bardzo rzadko zdarza się sytuacja gdy konstruktor ma do czynienia z jedną częścią. Z reguły współpracuje ona z innymi i dopiero w środowisku modelowania zespołu oprogramowanie inżynierskie 3D daje największe możliwości. Niemniej wykorzystuje się techniki modelowania części w aspekcie zespołu (m.in. ze względu na ograniczenia geometryczne) nie korzystając z modułów typowo przeznaczonych do złożeń (zespołów).

Samo modelowanie jest w zasadzie nieskomplikowanym zajęciem natomiast bardzo istotna jest kwestia takiego sparametryzowania modelu bryłowego czy też powierzchniowego, przy poprawnym wykorzystaniu narzędzi konkretnego systemu, aby móc efektywnie (przy minimalnym nakładzie pracy) wprowadzać przyszłe poprawki narzucone np. przez stylistę, technologa lub samego konstruktora.

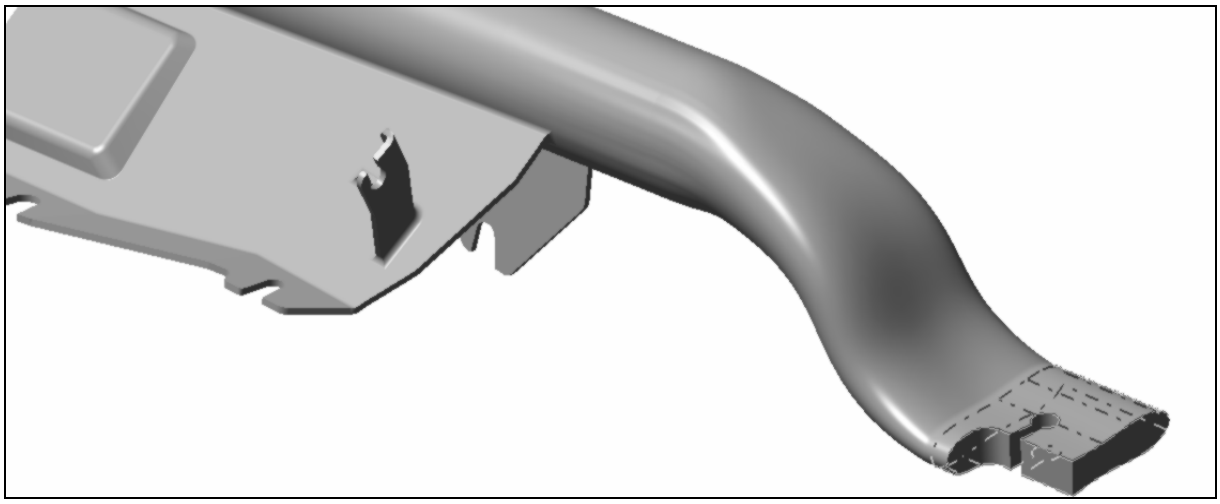
Niewątpliwie cennym narzędziem w systemie 3D CAD jest możliwość „obróbki" plików *.stl czyli chmury punktów uzyskanych np. drogą skanowania istniejącego fizycznie przedmiotu (rys. 2.).



Rys. 2. Widok chmury punktów uzyskanych w wyniku skanowania trójwymiarowego skanerem Z-Scanner 800 belki wspornikowej silnika Fiata CC 700

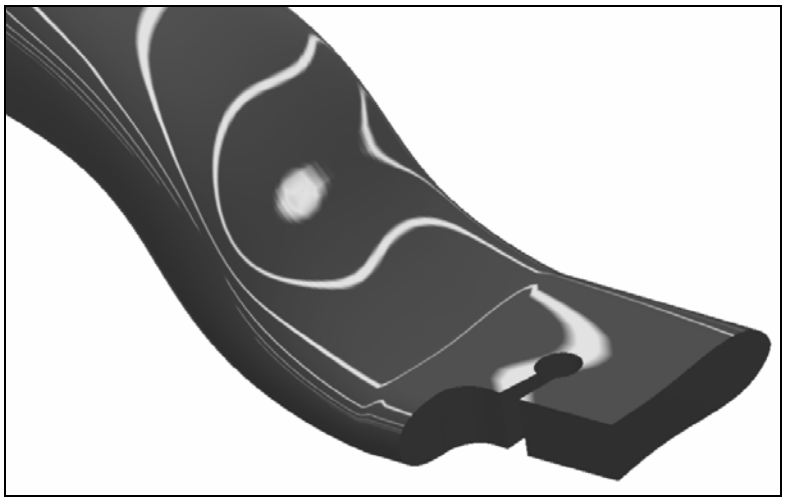
Punkty są bazą wyjściową do wygenerowania modelu przestrzennego (bryłowego lub powierzchniowego), który następnie służy jako podstawa do wprowadzania zmian konstrukcyjnych lub zastosowania istniejącego elementu w innym niż dotychczas urządzeniu (maszynie). Technika ta nosi nazwę *inżynierii odwrotnej(Reverse Engineering)* i ze względu na łatwiej dostępne i tańsze skanery 3D jest coraz szerzej stosowana w przemyśle.

Na rysunku 3 przedstawiony jest model przestrzenny belki wspornikowej silnika Fiata CC 700 uzyskany na podstawie chmury punktów, której fragment przedstawia rysunek 2.



Rys. 3. Model bryłowy belki wspornikowej silnika Fiata CC 700

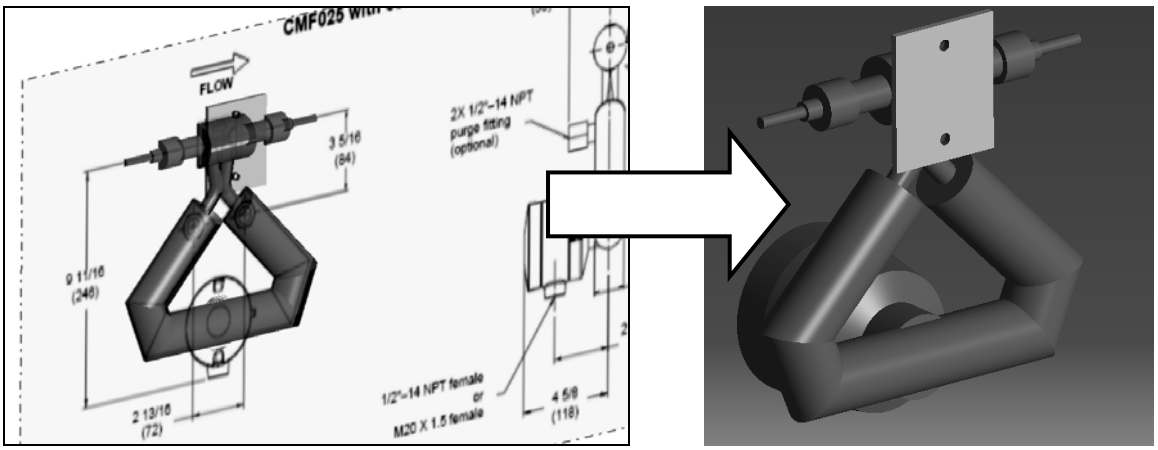
Istnieje również grupa funkcji, które służą ocenie wizualnej, estetycznej, jakości powierzchni zewnętrznej przedmiotu (rys.4). Jest to np. odpowiednie oświetlenie modelu źródłem światła odpowiadającego świetlówkom liniowym oraz obserwacja układu refleksów na powierzchni zewnętrznej. Funkcje te najczęściej wykorzystywane są w przemyśle samochodowym (nadwozia) oraz we wzornictwie przemysłowym.



Rys. 4. Refleksy świetlne na belce wspornikowej silnika Fiata CC 700

Bardzo często zachodzi konieczność posiadania wirtualnego modelu istniejącego urządzenia (lub tylko części), którego np. konstruktor nie posiada lub jego pomiar jest utrudniony, a dysponuje dokumentacją wykonawczą bądź też standardową specyfikacją techniczną. W takim przypadku można z niej skorzystać przy założeniu, że dokładności odwzorowania w programie 3D może okazać stosunkowo mała (rys. 5).

a) b)

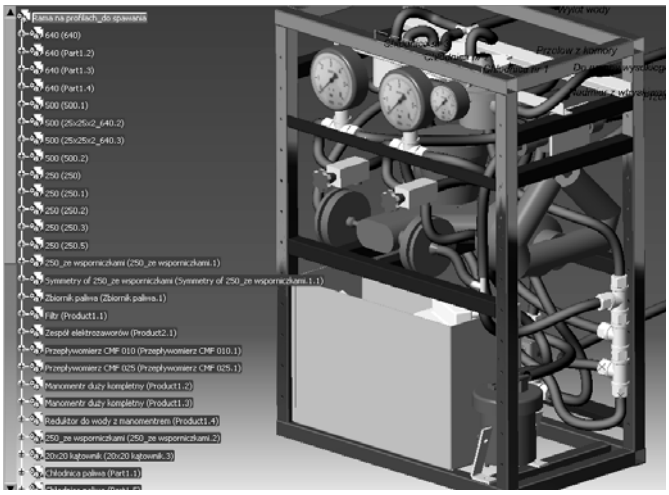


Rys. 5. Wykorzystanie specyfikacji technicznej urządzenia do stworzenia modelu bryłowego

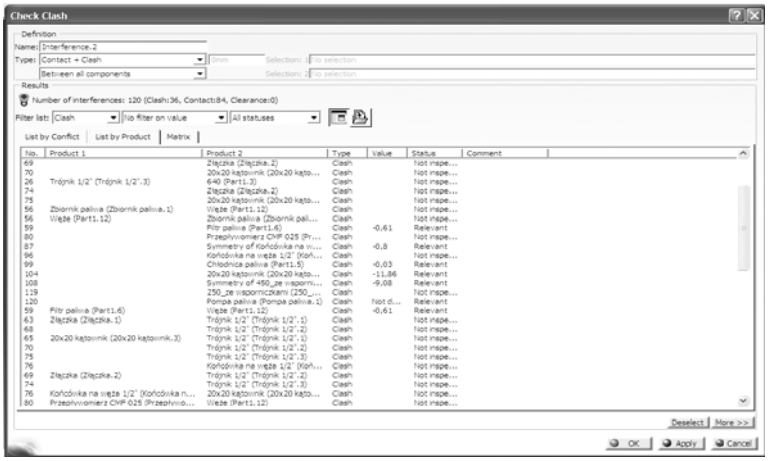
1.2 Praca z zespołami

Systemy 3D CAD są niezmiernie przydatne przy pracy na złożeniach (zespołach, rys. 6). Moduły do tego przeznaczone posiadają wiele bardzo pożytecznych funkcji, do których można zaliczyć możliwość:

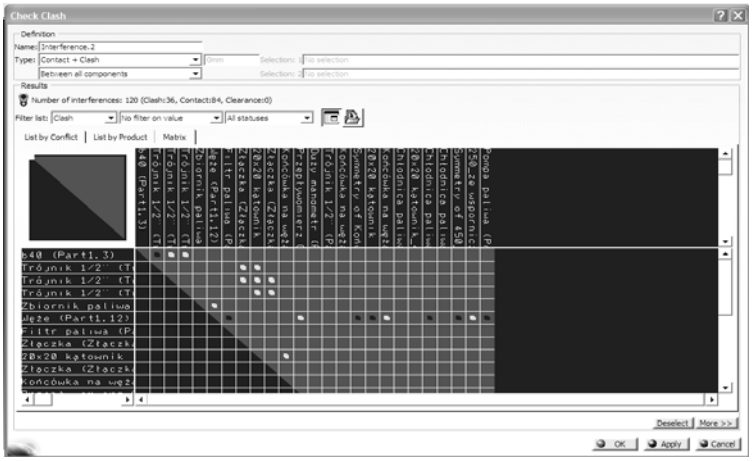
- sprawdzania struktury złożenia (jakie więzy zostały narzucone na poszczególne części),
- kontroli kolizji (czy zespół został poprawnie utworzony, czy np. bryły nie przenikają się wzajemnie, czy występuje założony kontakt, rys. 7 i 8),
- analizy przekrojów w wybranych przez użytkownika systemu płaszczyznach (pozwala na ocenę czy np. otwór nie ma zbyt dużej głębokości, czy grubości ścianek są poprawnie dobrane, itd.); wymienione parametry pojedynczej części niejednokrotnie dopiero w zespole są możliwe do odpowiedniej weryfikacji (rys. 9),
- wyznaczania środka ciężkości, głównych osi bezwładności co może być bardzo pomocne w przypadku konstrukcji mechanizmów i maszyn gdzie odpowiedni rozkład masy jest bardzo istotny (np. środki transportu),
- definiowania, kontroli stopni swobody poszczególnych części oraz podzespołów (niezmiernie przydatne w przypadku konstrukcji mechanizmów i maszyn).



Rys. 6. Model zespołu aparatury służącej do zasilania stanowiska wizualizacji strugi wtryskiwanego paliwa

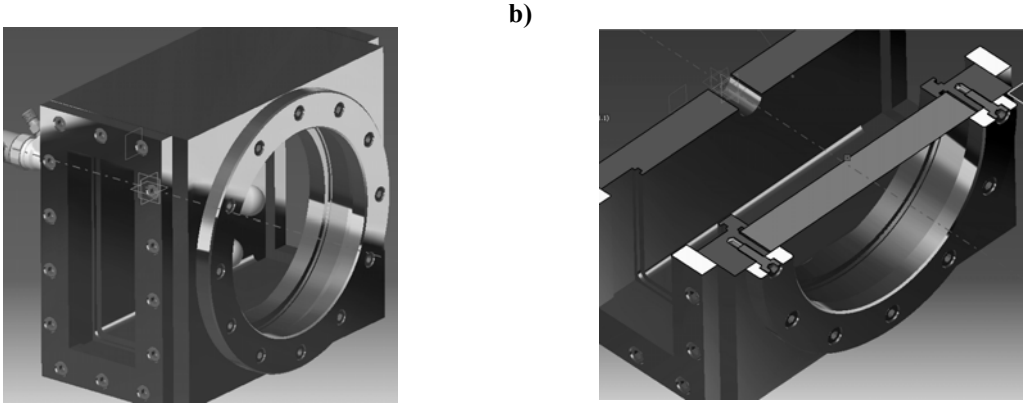


Rys. 7. Informacje o wykrytych kolizjach w zespole z rys. 6



Rys. 8. Macierz kolizji (tabelaryczne przedstawienie wykrytych kolizji pomiędzy częściami zespołu)

a) **b)**

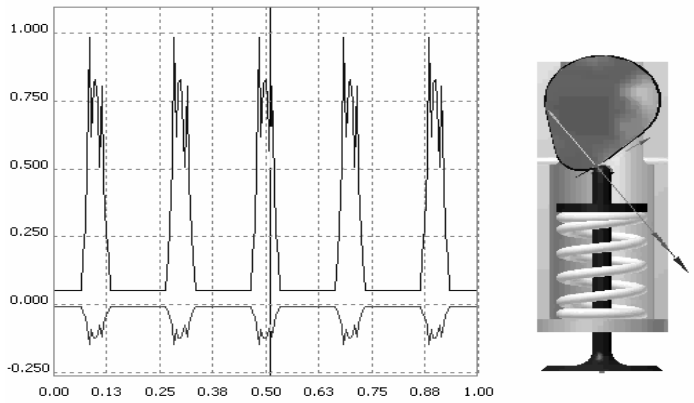


Rys. 9. Model zespołu komory wizualizacyjnej: a) widok złożenia, b) przekrój przez wybraną płaszczyznę

W przypadku konieczności zaplanowania rozmieszczenia części w określonej przestrzeni oprogramowanie 3D CAD przynosi nieocenioną pomoc. Przestrzenne rozplanowanie nawet znacznej liczby części czy też podzespołów staje się zadaniem trywialnym, w łatwy sposób weryfikowalnym według wybranego kryterium (np. ewentualnej kolizji). Dzięki m.in. Internetowi wiele etapów prac jest zminimalizowanych lub nawet wyeliminowanych np. brak konieczności modelowania części znormalizowanych czy też całych gotowych zespołów jakie znajdują się w ofercie producentów np. elementów złącznych, siłowników, silników, elektrozaworów, reduktorów, motoreduktorów, itd. Wytwórcy bowiem, oprócz typowych danych katalogowych, umieszczają na swoich stronach

internetowych modele bryłowe wyrobów najczęściej w postaci najpopularniejszych plików wymiany tzn. *.STEP, *.IGES. Wygodnym rozwiązaniem są także portale internetowe, które umożliwiają z jednego miejsca w sieci „ściągnąć" interesujący nas plik modelu bryłowego części (zespołu), często nawet we wskazanym przez konstruktora formacie zapisu. Odpada więc konieczność konwertowania danych do formatu używanego przez konstruktora programu CAD. Jest to znaczne udogodnienie ponieważ konwersja z jednego formatu do innego wiąże się z ryzykiem pewnych przekłamań zdefiniowanej geometrii lub utraty części danych.

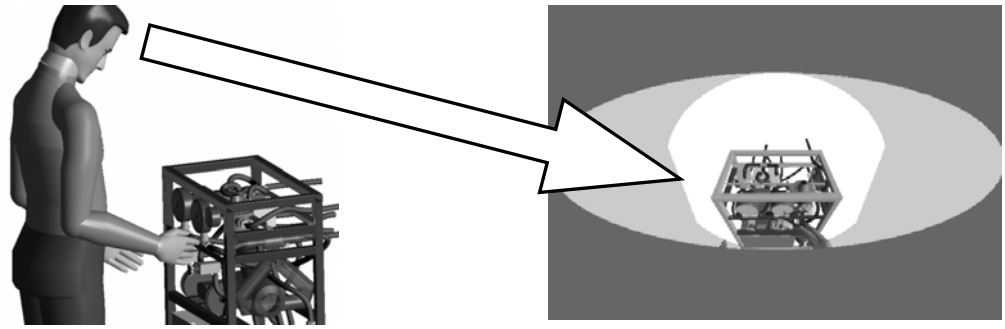
Obecny dynamiczny rozwój oprogramowania wspomagającego pracę inżynierów powoduje, iż aplikacje nawet z grupy mid-range są wyposażone w liczne specjalizowane moduły do analiz kinematycznych, dynamicznych (rys. 10) wraz z intuicyjnymi interfejsami znacznie podnoszącymi komfort użytkowania, a co za tym idzie, wydajność pracy konstruktorów.



Rys. 10. Obrazowanie zmian siły stycznej oraz normalnej w mechanizmie krzywkowym zarówno w formie wykresu (wartości w funkcji czasu) jak też w formie ich wektorów [3]

Dostępność modeli bryłowych manekinów umożliwia wszechstronną analizę ergonomiczności projektowanego produktu (rys. 11). Manekiny mogą być oddzielnymi zespołami posiadającymi odpowiednio nadane stopnie swobody elementom odpowiadającym funkcjom ludzkim kończynom wraz z określonymi granicznymi wartościami dotyczącymi ich przemieszczeń oraz obrotów. Na rysunku 11b pokazano wygenerowany obraz jaki widzi człowiek stojący w miejscu odpowiadającym pozycji manekina z rysunku 11a. Tego typu funkcje dają ogromne możliwości korygowania lub eliminowania już na etapie projektowania błędów konstrukcyjnych mających wpływ na komfort eksploatacji maszyn i urządzeń.

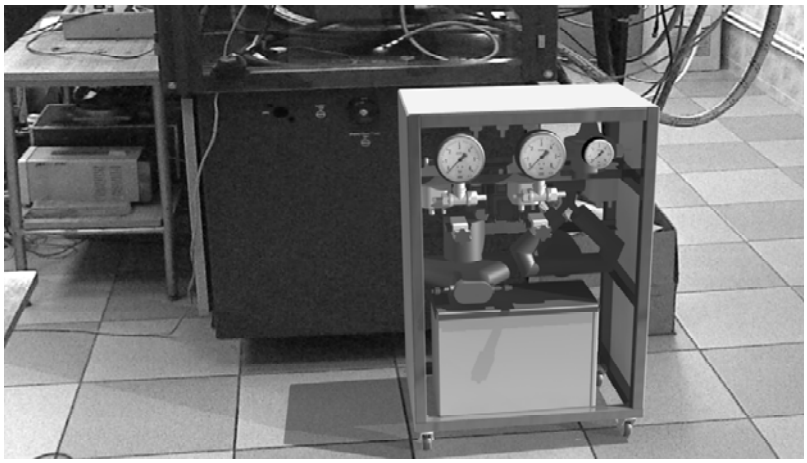
a) **b)**



Rys. 11. Analiza ergonomii aparatury zasilania komory wizualizacyjnej: a) widok ogólny, b) pole widzenia człowieka stojącego przed urządzeniem

Systemy CAD posiadają również wiele narzędzi umożliwiających wizualizację projektowanych urządzeń w otoczeniu w jakim mają docelowo pracować. Jako tło można

wykorzystać fotografie istniejącego otoczenia lub również je zamodelować co jednak wiąże się z dodatkowym nakładem pracy. Wygenerowanie dwuwymiarowej sceny z uwzględnieniem refleksów świetlnych od wszystkich powierzchni, nadanie im odpowiednich cech materiałowych (struktury, koloru) nosi nazwę *renderingu* (rys.12).



Rys. 11. Wynik renderingu modelu aparatury do zasilania komory wizualizacyjnej wykonanego w celu roboczej wizualizacji projektowanego stanowiska badawczego (tłem jest zdjęcie fragmentu Laboratorium w Zakładzie Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Rzeszowskiej)

3. URZĄDZENIA WSPÓŁPRACUJĄCE Z SYSTEMAMI CAD

Komunikacja człowieka z komputerem PC odbywa się z reguły za pośrednictwem powszechnie znanych urządzeń (monitor, klawiatura, mysz), lecz w przypadku konstruktora wykorzystującego oprogramowanie 3D CAD są one niewystarczające do efektywnej i komfortowej pracy. Dlatego coraz częściej w pracowniach projektowych znajdują zastosowanie manipulatory 3D. Są to urządzenia, których działanie opiera się przeważnie na sensorach optycznych zamieniających ruch elementu sterującego (posiada 6 stopni swobody) na sygnał możliwy do poprawnej interpretacji przez program CAD. Model cyfrowy części (zespołu) może być skalowany przemieszczany/obracany względem wybranej osi w tym samym czasie przy użyciu tylko jednej dłoni.

Rys. 12. Manipulatory 3D przeznaczone do współpracy z oprogramowaniem 3D CAD

Narzędziem sprzętowym, które może bezpośrednio współpracować z programami 3D CAD jest również skaner trójwymiarowy (rys. 13), za pomocą którego można uzyskać chmurę punktów (rys. 2). W zależności od oprogramowania współpracującego oraz skanera wynikowe pliki zapisywane są w różnych formatach, m.in. *.txt, *.stl i są odwzorowaniem z określoną dokładnością oraz rozdzielczością zewnętrznej powierzchni skanowanego przedmiotu.

Rys. 13.Ręczny skaner 3D

4. PODSUMOWANIE

Programy typu 3D CAD są obecnie powszechnie wykorzystywane w procesie projektowym, natomiast bardzo istotną kwestią, niejednokrotnie zaniedbywaną, jest poprawne wdrożenie konkretnego systemu w firmie tak, aby maksymalnie wykorzystać potencjał zarówno oprogramowania jak i kadry. Przy odpowiednim, optymalnym wykorzystaniu tego typu narzędzi, możliwe jest znaczne skrócenie czasu oraz wyeliminowanie wielu błędów w procesie projektowym.

LITERATURA

[17] Szczepaniak J.: Współczesne narzędzia wspomagające projektowanie maszyn rolniczych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna , nr 1/2008.

[18] Wełyczko A.: CATIA V5. Przykłady efektywnego zastosowania systemu w projektowaniu mechanicznym. Helion, Gliwice 2005.

[19] Dokumentacja programu Autodesk Inventor Professional 2008.

[20] Dokumentacja programu CATIA V5.

PAPER TITLE

SOFTWARE ENGINEERING IN THE PROCESS OF MACHINERY AND EQUIPMENT DESIGN

The article presents the classification, a brief description and some valuable features of programs to help the process of designing machinery and mechanical appliances. Presented the role and importance of the Internet in this process, reverse engineering and devices which are used in working with CAD software.