

## PORÓWNANIE WYDAJNOŚCI PRACY W PROGRAMACH AUTOCAD I MEGACAD

### Streszczenie

Przedstawiono analizę pracochłonności tworzenia modeli 2D i 3D. Na podstawie kilku prostych rysunków nie można jednoznacznie ustalić, który z porównywanych programów MegaCAD oraz AutoCAD jest bardziej wydajny

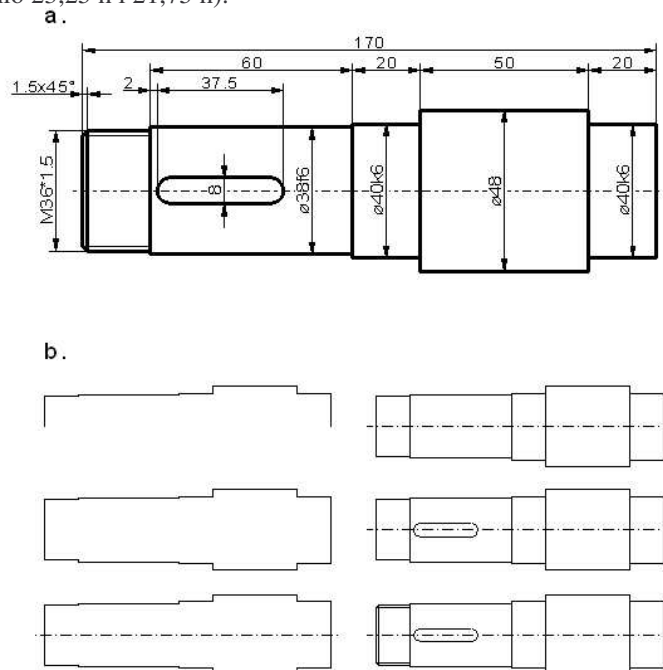
Na rynku polskim dostępnych jest aktualnie około 40 programów CAD (komputerowego wspomaganie projektowania) w tym kilka to programy ogólnego przeznaczenia, których środowiska wykorzystywane są jako baza dla rozszerzeń branżowych [1]. Można do nich zaliczyć jeden z najstarszych i najbardziej rozpowszechniony program AutoCAD amerykańskiej firmy Autodesk oraz porównywalny pod względem możliwości program MegaCAD niemieckiej firmy MegaTech GmbH, który dostępny jest w Polsce od 1995 roku.

Rozpoczynając naukę pracy w programach CAD uczący się zadają często pytanie, który jest najlepszy, mając przez to zwykle na myśli możliwość jak najszybszego wykonywania rysunków. Programy te są najczęściej wykorzystywane do tworzenia rysunków zarówno przez studentów, jak i projektantów branży budowlanej, architektonicznej, mechanicznej i innych.

W literaturze internetowej można znaleźć kilka opracowań dotyczących porównania wydajności pracy w systemach CAD. Jednym z nich jest artykuł Autodesku przedstawiający wyniki czasu tworzenia dokumentacji architektonicznej budynku o powierzchni użytkowej ok. 6000 m<sup>2</sup> przez doświadczonego projektanta przy zastosowaniu AutoCAD 2005 i programu branżowego Architectural Desktop 2005 [2]. Całkowity czas wykonania projektu w AutoCAD wyniósł 78,75 h, a w Architectural Desktop 40,5 h. Szczególnie duże różnice wystąpiły przy tworzeniu przekrojów i elewacji (12,5 h-AutoCAD i 3 h-Architectural), zestawienia materiałowego stolarki (odpowiednio 13,00 h i 2,75 h), a najmniejsza przy tworzeniu rzutów (odpowiednio 23,25 h i 21,75 h).

W opracowaniu porównano programy AutoCAD 2005 i MegaCAD 2005 pod względem szybkości tworzenia w nich prostych modeli 2D i 3D, które wykonane zostały według identycznych zabiegów technologicznych. Porównanie przeprowadzono na przykładzie modelu 2D wałka wraz z wymiarowaniem (rys.1), oraz modelu 3D tego samego wałka (rys. 2). Model 2D wykonany został w trzech etapach tj.: 1. - utworzenie widoku z boku, 2. - utworzenie wymiarów i 3. - edycja tekstów wymiarowych. Procedurę wykonania etapu pierwszego przedstawia rys. 1b. Górna część konturu narysowana została przy zastosowaniu narzędzia linia i podaniu współrzędnych z klawiatury, a dolna część przy zastosowaniu funkcji odbicie lustrzane.

Modele tworzone były przez tę samą osobę w obydwu systemach po wcześniejszym kilkakrotnym przećwiczeniu wykonywania czynności do takiego poziomu, przy którym nie obserwowano już żadnych przestoju w trakcie wykonywania konstrukcji modelu. Dlatego można uznać, że uzyskane czasy zbliżone są do minimalnych możliwych do osiągnięcia. Określano liczbę czynności wykonanych myszą i z klawiatury w trakcie realizacji poszczególnych etapów oraz mierzono czas wykonywania tych etapów. Wyniki tworzenia modelu 2D przedstawione są w tab. 1. Łączna liczba czynności wykonanych podczas tworzenia modelu w AutoCAD wynosi 402 i jest o ok. 13% większa niż przy tworzeniu w MegaCAD. Ma to bezpośredni wpływ na czas wykonania, który w przypadku AutoCAD'a wynosi 309 sekund i jest dłuższy o ok. 28% w porównaniu do MegaCAD'a.



Rys. 1. Wałek: a - widok z boku z wymiarami, b - fazy tworzenia widoku

Tab. 1. Liczba czynności oraz czas tworzenia modelu 2D wałka wraz z wymiarowaniem

| Program | Wyszczególnienie etapów | Czynności wykonane myszą |            | Czynności wykonane z klawiatury |                     | Razem czynności | Czas wykonania [s] |
|---------|-------------------------|--------------------------|------------|---------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
|         |                         | kliknięcie               | przesuw    | wpisanie liczb*                 | wciśnięcie klawisza |                 |                    |
| AutoCAD | Widok z boku            | 71                       | 64         | 32                              | 63                  | 230             | 154                |
|         | Wymiary                 | 64                       | 53         | -                               | -                   | 117             | 80                 |
|         | Edycja wymiarów         | 21                       | 20         | 6                               | 8                   | 55              | 75                 |
|         | <b>Razem</b>            | <b>156</b>               | <b>137</b> | <b>38</b>                       | <b>71</b>           | <b>402</b>      | <b>309</b>         |
| MegaCAD | Widok z boku            | 94                       | 68         | 26                              | 31                  | 219             | 132                |
|         | Wymiary                 | 46                       | 52         | -                               | -                   | 98              | 65                 |
|         | Edycja wymiarów         | 15                       | 15         | 4                               | 4                   | 38              | 45                 |
|         | <b>Razem</b>            | <b>155</b>               | <b>135</b> | <b>30</b>                       | <b>35</b>           | <b>355</b>      | <b>242</b>         |

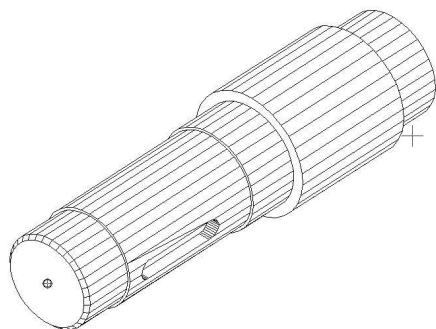
\*- dotyczy liczb 1, 2 lub 3 cyfrowych (również ze znakiem minus) np. średnica okręgu lub współrzędna punktu.

Podczas tworzenia etapu pierwszego (widok boczny) w systemie AutoCAD trzeba było wykonać około 5% czynności więcej niż w MegaCAD, w trakcie tworzenia wymiarów (etap 2) 19% czynności więcej, a przy edycji wymiarów (etap 3) aż 44% więcej. Spowodowane jest to odpowiednio w poszczególnych etapach tym, iż standardowo w AutoCAD przed każdorazowym wpisywaniem współrzędnych względnych musi być włączona za pomocą znaku @ odpowiednia opcja, zarys widoku bocznego łatwiej jest bowiem wykonać stosując właśnie współrzędne względne (w MegaCAD raz włączona opcja współrzędnych względnych jest w trakcie konstruowania podtrzymywana przez system), a podczas wymiarowania, po zatwierdzeniu usytuowania linii wymiarowej stosowana funkcja ulega wyłączeniu i należy ją ponownie wybrać, aby można było utworzyć kolejny wymiar (w MegaCAD funkcja ta nie wyłącza się po zatwierdzeniu wymiaru), zaś w trakcie edycji wymiarów zarówno znaki średnicy [φ] jak i stopni [°] wprowadza się poprzez podanie ich kodu, tj. odpowiednio %%c i %%d, co wymaga znacznie większych nakładów pracy niż w MegaCAD gdzie elementy te wpisywane są automatycznie przez system, a ponadto procedura zmiany tekstu wymiarowego w AutoCAD wymaga wykonania większej liczby czynności niż w MegaCAD (np. zaznaczenie zmienianego tekstu, rozwinięcie panelu „zmiana”, wybranie opcji cechy, wyszukanie pola z tekstem wymiarowym, wpisanie nowego tekstu i zatwierdzenie, natomiast w

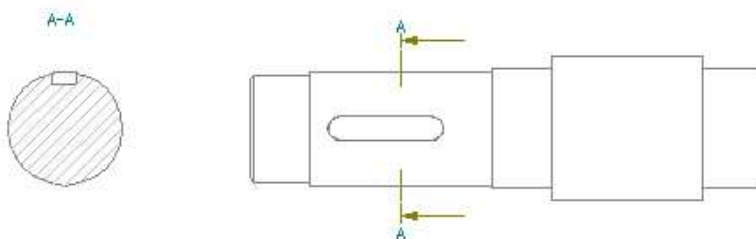
MegaCAD wystarczy tylko wskazać tekst wymiaru, wpisać nowy tekst i zatwierdzić).

Liczba czynności niezbędnych do wykonania (402-AutoCAD i 355-MegaCAD - tab. 1) stosunkowo prostego rysunku 2D wałka może wydawać się olbrzymia zarówno dla osób rozpoczynających naukę pracy w programie, jak i dla doświadczonych projektantów, którzy jeszcze do dziś (ponad 20 lat po wprowadzeniu pierwszych systemów CAD) nie zdecydowali się zmienić technologii i tworzą dokumentację projektową na desce kreślarskiej. Ponieważ samodzielna nauka pracy w systemach CAD może zająć nawet kilkaset godzin, a na płatnych kursach kilkadziesiąt godzin, niektórzy projektanci wolą wykonać ręcznie szkice dokumentacji, po czym zlecić wykonanie wersji elektronicznej specjalistom i w ten sposób dostosować się do wymogów rynku. Osoba mająca wprawę w kreśleniu ręcznym może wykonać omawiany rysunek wałka w czasie 12-15 minut, a zatem nawet przy tworzeniu tak prostej konstrukcji rysunkowej w systemie CAD można skrócić czas wykonania 3-4-krotnie. W przypadku bardziej złożonej konstrukcji np. z wieloma powtarzającymi się fragmentami można zastosować dostępne funkcje kopiowania wielokrotnego, tworzenia bloków i in., dzięki czemu czas wykonania może być krótszy w porównaniu do ręcznego nawet kilkadziesiąt razy, podobnie jak przy wykonywaniu modyfikacji wykonanych wcześniej rysunków.

a)



b)



Rys. 2. Wałek: a - rzut izometryczny, b - rzut prostokątny i przekrój poprzeczny wałka wygenerowane z modelu 3D w systemie MegaCAD

W celu znacznego zwiększenia wydajności programów CAD tworzone są nakładki lub programy branżowe od podstaw wyposażone w specjalistyczne narzędzia i funkcje. Przykładem może być AutoCAD Mechanical Desktop przeznaczony dla branży mechanicznej. Ma on bogate biblioteki elementów znormalizowanych jak łożyska, śruby, wpusty, sparametryzowane czopy gwintowane itd. Wykonanie rzutu bocznego omawianego wałka w tym programie wymaga wykonania tylko 69 czynności ( w tym 16 kliknięć myszki, 18 przesunięć myszki, wpisania 17 liczb z klawiatury i wciśnięcie 18 razy klawisza na klawiaturze) to jest o ponad trzykrotnie mniej niż w Auto czy w MegaCAD.

W celu ułatwienia i przyspieszenia prac w systemach CAD stosowane są urządzenia do nawigacji obsługiwane lewą ręką, które umożliwiają przesuwanie, przybliżanie i obracanie tworzonego modelu przy jednoczesnym wybieraniu, edytowaniu i tworzeniu modelu prawą ręką za pomocą myszki. Stosując te urządzenia można zredukować ruchy myszki nawet o 50% [3].

Tab. 2 zawiera wyniki dotyczące tworzenia modelu 3D przedstawionego na rysunku 2. W tabeli wyszczególniono 3 etapy tworzenia. Całkowity czas wykonania modelu w obydwu programach jest podobny i wynosi nieco ponad 2 minuty. Z porównania danych zamieszczonych w tabelach 1 i 2 wynika, iż znacznie bardziej skomplikowany do narysowania ręcznego model 3D wałka można wykonać w obu porównywanych programach przy znacznie mniejszym nakładzie czynności manualnych niż model 2D. (124 czynności przy modelu 3D i 230 czynności przy modelu 2D w przypadku AutoCAD oraz odpowiednio 135 i 219 czynności w MegaCAD). W przypadku AutoCAD model 3D wałka wykonany został o około 24 % szybciej niż model 2D, a w przypadku MegaCAD w czasie podobnym do wykonania modelu 2D.

Oba porównywane programy umożliwiają automatyczne wygenerowanie dowolnych rzutów prostokątnych z utworzonego modelu 3D oraz dowolnie poprowadzonych przekrojów (rys.2b). W przypadku MegaCAD automatycznie zaznaczane jest również położenie płaszczyzny przekroju, wybrany kierunek rzutowania, a także kreskowana jest powierzchnia przekroju. Rola konstruktora lub kreślarza ogranicza się tylko do wskazania miejsca położenia wymienionych elementów na arkuszu rysunkowym. Generowanie rzutów z boku oraz przekroju A-A w MegaCAD przeprowadzone zostało przy wykonaniu odpowiednio 9 i 10 wciśnięć przycisku myszy w czasie odpowiednio 11 i 12 sekund. Utworzenie i oznaczenie przekroju jak na rysunku 2b w

Tab. 2. Liczba czynności oraz czas tworzenia modelu 3D wałka

| Program | Wyszczególnienie etapów | Czynności wykonane myszą |           | Czynności wykonane z klawiatury |                     | Razem czynności | Czas wykonania [s] |
|---------|-------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
|         |                         | kliknięcie               | przesuw   | wpisanie liczb                  | wciśnięcie klawisza |                 |                    |
| AutoCAD | Wałek 5 stopni          | -                        | -         | 27                              | 28                  | <b>55</b>       | <b>70</b>          |
|         | Fazowanie czopa         | 5                        | 3         | 3                               | 7                   | <b>18</b>       | <b>16</b>          |
|         | Rowek na wpust          | 18                       | 14        | 8                               | 11                  | <b>51</b>       | <b>38</b>          |
|         | <b>Razem</b>            | <b>23</b>                | <b>17</b> | <b>38</b>                       | <b>46</b>           | <b>124</b>      | <b>124</b>         |
| MegaCAD | Wałek 5 stopni          | 20                       | 12        | 13                              | 20                  | <b>65</b>       | <b>75</b>          |
|         | Fazowanie czopa         | 8                        | 6         | 2                               | 1                   | <b>17</b>       | <b>12</b>          |
|         | Rowek na wpust          | 24                       | 10        | 9                               | 10                  | <b>53</b>       | <b>41</b>          |
|         | <b>Razem</b>            | <b>52</b>                | <b>28</b> | <b>24</b>                       | <b>31</b>           | <b>135</b>      | <b>128</b>         |

AutoCAD wymaga kilkakrotnie dłuższego czasu ze względu na brak podobnej funkcji.

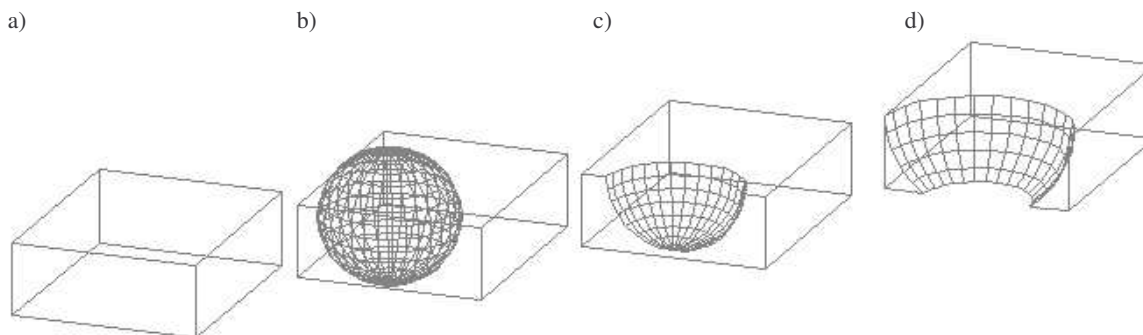
Coraz więcej firm zajmujących się projektowaniem oraz wytwarzaniem różnego rodzaju części maszyn i przedmiotów użytkowych wprowadza technologie polegające na wykonywaniu w pierwszej kolejności komputerowych wirtualnych modeli 3D, które można przetestować lub wykonać model fizyczny np. za pomocą metody szybkiego prototypowania (Rapid prototyping) bez stosowania żmudnych i kosztownych technik klasycznych jak np. odlewanie. Po przetestowaniu modelu wirtualnego lub fizycznego i wprowadzeniu ewentualnych korekt sporządzana jest pełna dokumentacja techniczna w postaci rysunków 2D. Kolejność taka znacznie przyspiesza proces wprowadzania nowego produktu do produkcji i wpływa na zmniejszenie kosztów wytwarzania.

Ponieważ MegaCAD jest programem częściowo parametrycznym dzięki temu możliwa jest szybka modyfikacja wymiarów fragmentów modelu utworzonych z brył podstawowych dostępnych w programie. W omawianym modelu 3D wałka składającym się z kilku walców można modyfikować średnice poszczególnych stopni. Wystarczy wskazać stopień wałka, którego średnicę chcemy zmienić, i po wyświetleniu jego wymiarów wskazać wymiar promienia oraz wpisać nową wartość. W programach CAD w pełni parametrycznych jak Inventor, Catia, Solid Works lub innych możliwa jest zmiana każdego z parametrów modelu 3D niezależnie od sposobu jego utworzenia. Natomiast AutoCAD jest programem, w którym nie zastosowano funkcji parametryzacji brył, przez co konieczne jest wykonanie znacznie większej liczby czynności przy modyfikacji utworzonych modeli 3D w porównaniu do MegaCAD. Pokazano to porównując wykonanie zmiany promienia kulistego wcięcia w modelu przedstawionym na rysunku 3.

Rys. 3a, b i c przedstawia procedurę tworzenia modelu bryłowego powstałego w wyniku odjęcia kuli od częściowo przenikającego ją prostopadłościanu. Liczba czynności, które należy wykonać w trakcie tworzenia tego modelu w obu porównywanych programach jest zbliżona (37- AutoCAD i 35- MegaCAD tabela 3). W przypadku zmiany promienia kulistego wcięcia, w systemie MegaCAD należy wykonać tylko 8 czynności (w tym po 3 kliknięcia i przesunięcia myszą, wpisanie nowej wartości promienia i zatwierdzenie), natomiast w AutoCAD aż 30 czynności, ponieważ konieczne jest tu usunięcie wcięcia (wykonane poleceniem usuń powierzchnię w opcji edycja brył z panelu zmiana), ponowne utworzenie kuli o większym promieniu i odjęcie jej od prostopadłościanu.

Tab. 3. Liczba czynności i czas tworzenia modelu bryłowego przez działania na bryłach podstawowych

| Program | Etapy tworzenia  | Liczba czynności wykonanych myszą |         | Liczba czynności wykonanych z klawiatury |                     | Razem czynności | Czas wykonania [s] |
|---------|------------------|-----------------------------------|---------|--|---------------------|-----------------|--------------------|
|         |                  | kliknięcie                        | przesuw | wpisanie liczb                           | wciśnięcie klawisza |                 |                    |
| AutoCAD | Prostopadłościan | 3                                 | 3       | 3  | 6                   | 15              | 18                 |
|         | Kula             | 4                                 | 4       | 1  | 1                   | 10              |                    |
|         | Różnica brył     | 7                                 | 5       | -  | -                   | 12              | 7                  |
|         | Razem            | 14                                | 12      | 4  | 7                   | 37              | 25                 |
|         | Zmiana promienia | 12                                | 13      | 1  | 4                   | 30              | -                  |
| MegaCAD | Prostopadłościan | 5                                 | 5       | 3  | 4                   | 17              | 15                 |
|         | Kula             | 4                                 | 3       | 1  | 1                   | 9               |                    |
|         | Różnica brył     | 6                                 | 3       | -  | -                   | 9               | 4                  |
|         | Razem            | 15                                | 11      | 4  | 5                   | 35              | 19                 |
|         | Zmiana promienia | 3                                 | 3       | 1  | 1                   | 8               | -                  |



Rys. 3. Model 3D utworzony z prostopadłościanu i kuli, a, b, c - fazy tworzenia, d - model po zmianie promienia kulistego wcięcia

### Podsumowanie

Przedstawiona analiza pracochłonności tworzenia modeli 2D i 3D daje pogląd (głównie osobom nie znającym tajników pracy w programach CAD), iż wykonanie stosunkowo prostej konstrukcji rysunkowej w systemach AutoCAD i MegaCAD wymaga wykonania nawet kilkuset elementarnych czynności, ale czas ich wykonania może być kilkakrotnie krótszy niż klasyczne ręczne kreślenie.

Uzyskiwane wydajności przy tworzeniu prostych modeli 2D i 3D w rozpatrywanych programach są zbliżone. Zauważalna jest nieco większa wydajność MegaCAD'a w trakcie wykonywania niektórych operacji edycyjnych konstrukcji 2D głównie ze względu na utrzymywanie aktywności używanego narzędzia po wykonanej operacji oraz znacznie większa wydajność niż AutoCAD'a podczas wykonywania modyfikacji niektórych modeli 3D głównie ze względu na zdolność tworzenia częściowo parametrycznych modeli trójwymiarowych z brył podstawowych.

MegaCAD w porównaniu z AutoCAD'em charakteryzuje się tym, że ma więcej narzędzi i funkcji ułatwiających wykonywanie konstrukcji 2D z branży mechanicznej np. funkcja generowania przekrojów wraz z automatycznym ich oznaczaniem i kreskowaniem powierzchni, tworzenie nacięć i wypustów w elementach blaszanych i inne. Dzięki temu wydajność tworzenia konstrukcji mechanicznych w MegaCAD'zie jest potencjalnie znacznie większa niż w AutoCAD'zie.

Plusem AutoCAD'a względem MegaCAD'a jest możliwość uruchamiania poszczególnych narzędzi i funkcji przez wpisywanie poleceń z klawiatury oraz niekontrolowanego wciskania ikon, rozwijania menu lub otwierania okien w celu wyszukania

odpowiednich narzędzi lub funkcji metodą prób i błędów. Daje to większą swobodę obsługującemu w posługiwaniu się narzędziami niż MegaCAD gdzie pojawianie się lakonicznych komunikatów jest często niezrozumiałe szczególnie dla osób uczących się i może powodować zdenerwowanie i zniechęcenie. Z tego względu niezbędne jest zamieszczenie w programie MegaCAD polskiej wersji pomocy dla użytkownika.

Na podstawie wykonania kilku prostych rysunków nie można przyjąć jednoznacznego uogólnienia i stwierdzić, który z porównywanych programów jest bardziej wydajny. Przy realizacji konkretnych zadań wydajność może być różna bowiem zależna jest w dużym stopniu od dostępności przydatnych w danym momencie funkcji specjalistycznych. Można w związku z tym z pewnością stwierdzić, iż programy CAD są tym bardziej wydajne im mają więcej dostępnych funkcji specjalistycznych, a zatem jednym z elementów określających potencjalną wydajność programu powinna być ocena dostępnych narzędzi i funkcji.

### Literatura

- [1] Alfabetyczne zestawienie programów dostępnych na polskim rynku. Dodatek do Design News, sierpień 2006. Trade Media International sp.z o.o. Warszawa
- [2] A Productivity Comparison of AutoCAD and Autodesk Architectural Desktop for Architectural Design and Documentation. Autodesk, 2004. [www.autodesk.co.uk/adt](http://www.autodesk.co.uk/adt)
- [3] Sprzętowe konsekwencje przejścia do środowiska 3D. Dodatek do Design News, sierpień 2006. Trade Media International sp.z o.o. Warszawa.

## COMPARISON OF PRODUCTIVITY OF THE PROGRAMS AUTOCAD AND MEGACAD

### Summary

In the article the analysis of labour consumption when creating of models 2D and 3D is presented. But still on the basis of only several simple drawings one can not unambiguously determine which of the compared programs, that are MegaCAD and AutoCAD, is more productive.