

# NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PROCES PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI MASZYN ROLNICZYCH

Streszczenie

*W artykule przedstawiono charakterystykę procesu przygotowania produkcji maszyn rolniczych z zastosowaniem wybranych systemów komputerowych. Podano zakres ich stosowania i podstawową klasyfikację w odniesieniu do potrzeb producentów maszyn i urządzeń rolniczych. Wskazano na specyfikę polskiego przemysłu maszyn rolniczych oraz specyfikę wytwarzania elementów konstrukcyjnych. Przedstawiono także przykłady zastosowania oprogramowania wraz z graficzną prezentacją realizacji zadań.*

## Rola i znaczenie komputerowego wspomaganie procesu przygotowania produkcji

Konieczność skrócenia czasu przygotowania produkcji, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów jednostkowych wytwarzania, zmusza przedsiębiorstwa produkcyjne do podjęcia działań w zakresie automatyzacji i optymalizacji projektowania i wytwarzania z zastosowaniem technik komputerowych. Graficzne stacje komputerowe oraz systemy CAD/CAM, wspomagające procesy projektowania i wytwarzania, są coraz powszechniej stosowane nie tylko w dużych i zaawansowanych technologicznie zakładach przemysłowych, ale także w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), w tym producentów maszyn i urządzeń rolniczych, zwłaszcza przy projektowaniu wyrobów oraz procesów technologicznych obróbki realizowanych na obrabiarkach sterowanych numerycznie (NC/CNC). Z zastosowaniem tych narzędzi projektant może poza obrabiarką tworzyć oraz symulować proces obróbki, sprawdzić jego poprawność, kontrolować kolizje narzędzi z obrabianym materiałem oraz obrabiarką, a podczas projektowania wykorzystywać dostępne bazy wiedzy technologicznej, narzędzi i oprzyrządowania [1, 3].

Powszechna komputeryzacja nie ominęła również przemysłu maszyn rolniczych. Od lat za pomocą komputerowych systemów CAD/CAM przygotowania produkcji można tworzyć nowe modele, konstrukcje szablonów, modyfikować je oraz odpowiednio stopniować, projektować i optymalizować konstrukcje nośne.

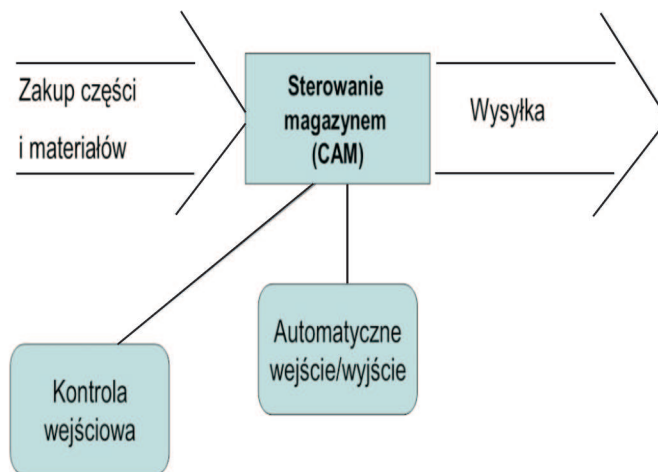
Zjawiskiem charakterystycznym dla współczesności jest ekspansja nowych technologii i osiągnięć, zwłaszcza w dziedzinie elektroniki i informatyki. Od lat 70 ubiegłego wieku, a więc od momentu pojawienia się na rynku mikroprocesora, postęp w rozwoju bazy techniczno-technologicznej, związanej z powszechną komputeryzacją, przybrał cechy rewolucji technicznej. Stał się źródłem przemian o charakterze społecznym. Jednak sam komputer to nie wszystko. O ich powszechnym wykorzystaniu przez wiele firm i ludzi decyduje jeden bardzo istotny czynnik, a mianowicie oprogramowanie. Bez niego komputer jest bezużyteczny. Oprogramowanie daje możliwość „ożywienia” martwej skrzynki i wykorzystanie jej jako inteligentnego i sprawnego urządzenia rozwiązującego skomplikowane problemy. Można właściwie postawić tezę, że o wartości komputera decyduje przede wszystkim jego oprogramowanie.

Liczba i złożoność programów i systemów komputerowych ciągle rośnie, lecz ich dostępność jest ograniczona. Istnieje bardzo duża zależność między sprzętem i oprogramowaniem. Szczególnie silnie uwidacznia się to przy realizacji inwestycji

przemysłowych, przy czym warto wspomnieć, że koszty oprogramowania są wciąż bardzo wysokie. Znane systemy komputerowe oferowane przez takie firmy jak: Symantec, ProEngineer czy MSC są z reguły bardzo kosztowne, a przez to niedostępne dla średnich i małych firm produkujących maszyny rolnicze. A przecież to właśnie takie firmy stanowią dziś filar polskiego rolnictwa. Rozwiązaniem problemu stało się pojawienie na rynku stosunkowo niedrogich systemów komputerowego wspomaganie procesu przygotowania produkcji (CAD/CAM), oferowanych przez firmy informatyczne.

Systemy te stanowią bardzo elastyczne rozwiązania, które z powodzeniem można dostosować do potrzeb małych firm produkujących maszyny i urządzenia rolnicze, zarazem spełniają one podstawowe wymogi techniczno-technologiczne. Do takich systemów należą między innymi systemy AutoCad, Inventor czy SolidWorks. Są to systemy komputerowego wspomaganie przygotowania produkcji, przeznaczone do tworzenia płaskich i przestrzennych konstrukcji maszynowych, modelowania kinematycznego, tworzenia ścieżek dla obrabiarek CNC oraz do projektowania i optymalizacji konstrukcji nośnych.

Poniżej przedstawiono przykładowe zastosowanie systemów CAD/CAM w firmie MetalFach oraz w firmie BIN [7], dotyczących przebiegu procesu wspomaganie gospodarką magazynową (rys. 1) oraz wytwarzania silosów zbożowych, z wykorzystaniem systemów komputerowych AutoCAD (rys. 2).



Rys. 1. Schemat wspomaganie gospodarki magazynowej  
Fig. 1. Scheme of an economic store aided

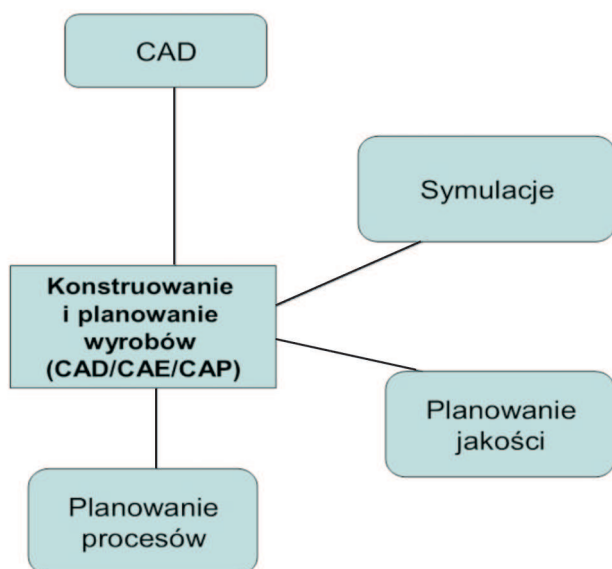


Rys. 2. Wytwarzanie elementów silosów  
Fig. 2. Manufacturing of silo elements

### Struktura techniczno-technologiczna systemu wspomagania produkcji

Komputerowy system wspomagania produkcji jest graficzno-analitycznym systemem CAD/CAM, przeznaczonym do technologicznego opracowania i realizacji produkcji [2]. Większość oprogramowania jest dostępna w języku polskim. Może współpracować z innymi systemami komputerowymi w tym zarządzania, oraz sterować pracą obrabiarek CNC, optymalizując procesy obróbki w zależności od potrzeb techniczno-technologicznych.

W systemach tych można wydzielić główne moduły wspomagające proces projektowania i wytwarzania. Są to moduły: funkcji konstrukcyjnych, funkcji modelowania 2D/3D, funkcji badania kolizji elementów konstrukcyjnych, funkcji kinematyki i inne. Na rys. 3 przedstawiono schemat modułu konstruowania w procesie produkcji.



Rys. 3. Schemat blokowy modułu TPP w systemie CAD/CAM  
Fig. 3. Block scheme of TPP module in CAD/CAM system

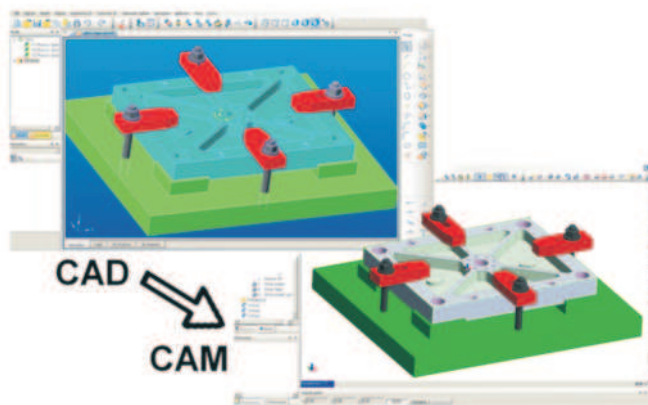
Systemy te umożliwiają projektantowi realizację wielu zadań, w tym m. in.:

- tworzenie i obsługa struktur wyrobu dla pozycji zawierających składniki niższego rzędu (półwyroby, detale),

- obsługę kartoteki materiałowej, stanowiącej rejestr wszystkich pozycji zapasów wykorzystywanych przy produkcji wyrobów finalnych wytwarzanych we własnym zakresie i każdej pozycji kupowanej w oparciu o katalog indeksów materiałowych o dowolnej strukturze deklarowanej przez użytkownika, z użyciem klasyfikatora graficznego,
- specyfikowanie pozycji zastępczej, która może być zastosowana w przypadku, gdy pozycja podstawowa nie jest osiągalna,
- definiowanie wszelkich ograniczeń stosowania pozycji zastępczych,
- obsługę rejestru kontroli zmian, pozwalającego na zarządzanie terminami wprowadzania i wycofywania pozycji itd.

### Model geometryczny

Niezależnie od rodzaju wykonywanej obróbki w pierwszej kolejności wykonywany jest wirtualny model 2D/3D, który zostanie wczytany do systemu CAM. Zależnie od posiadanego systemu może to być geometria krawędziowa, powierzchniowa lub bryłowa. Nowoczesne systemy CAD (SolidWorks, SolidEdge, Inventor, Catia, Pro-E, NX) [5, 6] to modelery bryłowe, w których krawędzie oraz powierzchnie są elementami konstrukcyjnymi dla geometrii bryłowej. Decydując się na wybór systemu należy pamiętać o tym, że dla firm produkcyjnych ważnym elementem jest asocjatywność zaprojektowanej ścieżki narzędzia z modelem CAD, a dla firm wykonujących zlecenia produkcyjne - możliwość bezbłędnego przejścia geometrii z różnych systemów CAD. Asocjatywność to funkcja, która - w przypadku wprowadzenia zmian projektu w systemie CAD - automatycznie zmieni geometrię modelu oraz kształt ścieżki narzędzia w CAM.



Rys. 4. Wczytanie geometrii CAD/CAM  
Fig. 4. Reading of CAD/CAM geometry

Nowoczesne systemy CAM mają duże możliwości automatyzacji projektowania ścieżek narzędzi. Takie funkcje, jak wykrywanie cech technologicznych asocjatywnych z modelem (typu: płaski region, kieszenie otwarte/zamknięte, stemple, zagięcia oraz różnego rodzaju otwory) czy możliwość definiowania własnych strategii znacznie przyspieszą pracę technologa. System CAM rozpozna rodzaj, kształt, typ oraz parametry cech technologicznych, a następnie automatycznie dobierze parametry obróbki. Automatycznie (bez ingerencji technologa) wygeneruje również ścieżkę narzędzia na podstawie wykrytych cech.

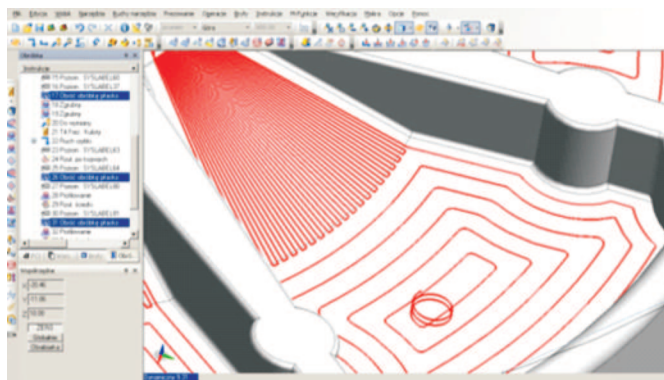
Producenci narzędzi często dostarczają własne bazy, wyposażone w bogatą wiedzę na temat parametrów obróbki. Ważne jest, aby system CAM potrafił taką bazę wczytać, a następnie

wykorzystać zawartą w nim wiedzę w procesie definiowania strategii obróbkowych danym narzędziem. Niezależnie od baz producentów, ważne jest, aby system CAM wyposażony był w bogatą funkcjonalnie, rozbudowaną oraz łatwą w obsłudze bazę narzędzi. Dodatkowo konieczne jest, aby była możliwość zdefiniowania narzędzi specjalnych o dowolnym kształcie.

Ostatnie lata charakteryzuje systematyczny postęp techniczny w zakresie sposobów wytwarzania. Firmy produkujące narzędzia ciągle pracują nad ich udoskonalaniem oraz sposobami obróbki tak, aby zapewnić lepszą jakość obrabianych powierzchni, a producenci maszyn prześcigają się w nowinkach technicznych w zakresie konfiguracji oraz możliwości obróbkowych maszyn. Ważne jest, aby wybrany system CAM nadążał za tymi zmianami. Często, producenci oprogramowania współpracują z producentami maszyn i narzędzi, by wspólnie opracować nowinki techniczne. Dogłębnie opracowane strategie obróbki narzędziami programowymi, wytaczanie narzędziami specjalnymi, strategię do obróbki wgłębnej to tylko niektóre z nowoczesnych sposobów obróbki opracowane wspólnie przez producentów maszyn, narzędzi i oprogramowania.

Wydajność pracy programisty podnoszą nie tylko bogate możliwości systemu, ale również łatwy w obsłudze i intuicyjny interfejs użytkownika z polskim nazewnictwem, zaczerpniętym z technologii obróbki. Ważne jest również, by system był w stanie wykorzystać w pełni możliwości komputera. Obsługa procesora 64-bitowego, dużej pamięci czy też pełne wykorzystanie możliwości karty graficznej to ważne funkcje, zapewniające wydajność i szybkość programowania.

Wybierając oprogramowanie CAM, za podstawowy element należy przyjąć dobór odpowiedniej konfiguracji programu oraz odpowiednie wdrożenie. Dobra firma wdrożeniowa potrafi przeprowadzić analizę potrzeb przedsiębiorstwa nie tylko w zakresie doboru systemu CAM, ale również zidentyfikuje problemy, które ten system rozwiąże. Wynikiem takiej analizy jest najczęściej wspólnie uzgodniony raport, zawierający analizę potrzeb oraz ustalony zakres wdrożenia. Dla inwestora jest to bardzo cenny dokument, ponieważ daje on pewność profesjonalnego i szybkiego wdrożenia. Wybierając system należy również zwrócić uwagę na to, czy jego możliwości konfiguracyjne oraz funkcjonalność nadążają za rozwojem firmy. Nowoczesne systemy mogą w jednym środowisku obsłużyć dowolny profil produkcji (frezarki; tokarki; wycinarki drutowe; wykrawarki; cięcie wodą, laserem, plazmą; giętkarki itp.) - rys. 5.

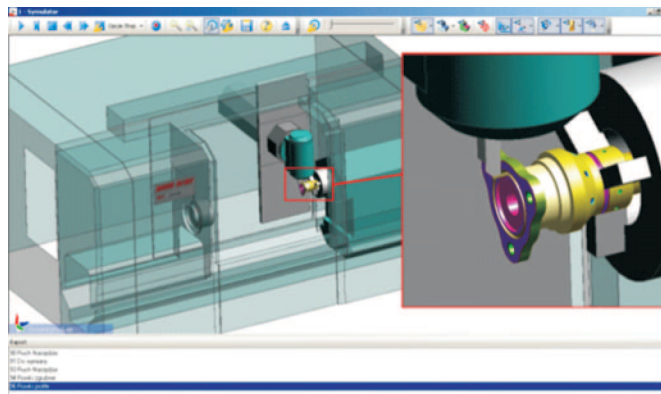


Rys. 5. Przykład wygenerowanych ścieżek narzędzi  
Fig. 5. Example of generating of tools paths

### Graficzna symulacja obróbki oraz pracy maszyny

Efekty finalne pracy technologa to: odpowiednio wygenerowany poprzez postprocesor, kod NC oraz prawidłowo zaprogramowana maszyna. Niemal każdy system CAM ma możliwość symulacji oraz weryfikacji obróbki. Ważne jest

jednak, aby istniała również możliwość badania kolizyjności narzędzi oraz elementów ruchomych z elementami stałymi maszyny. Nowoczesne systemy mają możliwość użycia postprocesorów graficznych (rys. 6) z zamodelowaną całą maszyną. Takie podejście pozwala na wykrycie wszelkich błędów i kolizji, które mogą wystąpić w trakcie obróbki. Niejednokrotnie, na każdym etapie, wynik obróbki można nie tylko zobaczyć, ale nawet zmierzyć czy też porównać ze wzorcem. Można również ustalić czas obróbki, aby zarezerwować czas pracy maszyny [4].



Rys. 6. Symulacja obróbki toczeniem  
Fig. 6. Simulation of turning

System CAM służy nie tylko do generowania ścieżki narzędzia. Nowoczesne systemy zajmują się całym procesem wytwarzania, tj. od przygotowania oferty na podstawie zdefiniowanych obróbek, poprzez opracowanie dokumentacji warsztatowej, po przygotowanie zleceń produkcyjnych i przesłanie ich do systemu zarządzania przedsiębiorstwem.

W fabrykach maszyn rolniczych najczęściej realizowana jest produkcja seryjna wyrobów. Stąd też, stosowane są tam najczęściej systemy wspomaganie spełniające wymagania projektowania i wytwarzania elementów seryjnych w zależności od potrzeb rynku wynikający również z agrosezonowości ich stosowania. Systemom tym stawiane są wymagania kompatybilności w odniesieniu do innych, ale ważnym czynnikiem jest też cena modułów niezbędnych w procesie projektowania i produkcji. Wymagania te spełniają m. in. system AutoCad, Inventor czy SolidWorks.

Specyfika konstrukcji maszyn i urządzeń rolniczych wymaga bardzo często stosowania modułu projektowania i wytwarzania elementów konstrukcyjnych z blach i kształtowników zinnogiętych.

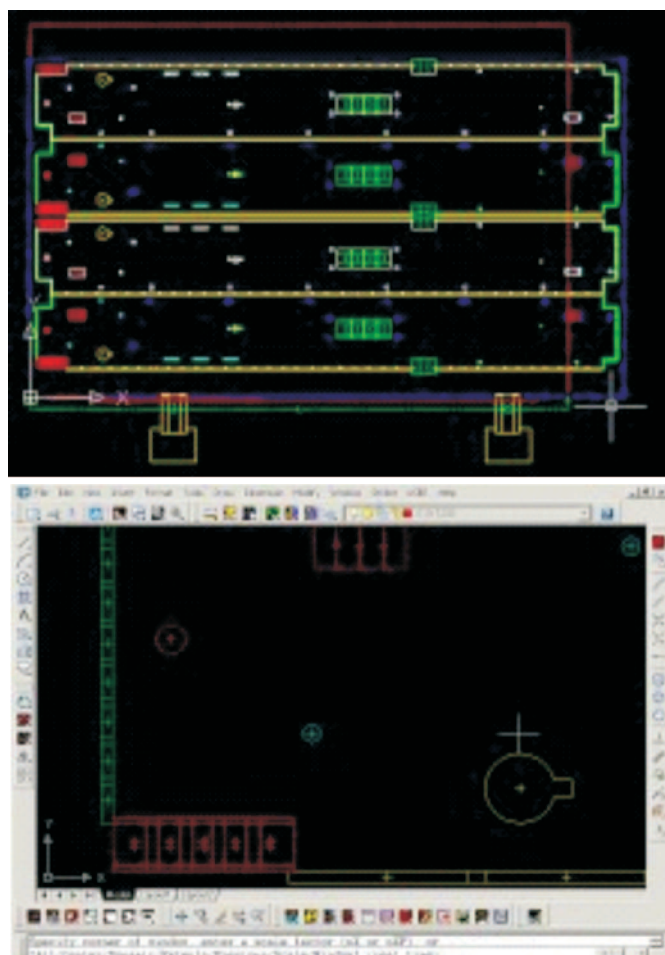
Do projektowania części z blach niezbędny jest cały szereg funkcji specjalistycznych, które upraszczają do minimum wykonywanie typowych operacji konstrukcyjnych spotykanych przy projektowaniu elementów blaszanych, np. tworzenie odgięć, narożników, reliefów, łącząc w ten sposób wiedzę potrzebną do wytworzenia części z blachy z procesem projektowania takiej części. Systemy komputerowe zawierają najczęściej biblioteki typowych wykończeń i tłoczników, które można modyfikować. W dowolnej chwili procesu projektowania można wykonać rozwinięcie modelu z blachy. Przy generowaniu rozwinięć program posługuje się specjalnym narzędziem, które śledzi poprawność tworzonego rozwinięcia. Konstruktor jest ostrzegany, gdy np. jakieś fragmenty rozwinięcia nakładają się na siebie wzajemnie lub otwór wykonany wykończeniem znajduje się zbyt blisko krawędzi gięcia albo zastosowany promień gięcia jest mniejszy niż minimalny promień gięcia przeznaczony dla danego rodzaju materiału.

Konstruktorzy rurowych instalacji przemysłowych (rys. 7), które kształtowane są z blach, mają zwykle najwięcej pracy

z przygotowaniem rozwinięć. O ile typowe rozwiązania konstrukcyjne połączeń rurowych są już dawno opracowane i nie sprawiają większych kłopotów, to wykreślenie rozwinięć elementów blachowych, które łączą się ze sobą w bardziej nietypowy sposób będzie wymagało dużego nakładu pracy. Pierwszą trudność stanowi zaprojektowanie nietypowego połączenia, a następnie wykonanie rozwinięcia takich elementów. Na tym etapie pracy, z pomocą konstruktorom przychodzi program SPI Ducting. Program SPI Ducting posiada bibliotekę typowych elementów instalacji rurowych. Program zapewnia natychmiastowe wykonanie rozwinięcia dowolnego elementu instalacji rurowej.



Rys. 7. Przykład modelu rurowej instalacji przemysłowej  
Fig. 7. Example of tube model for industrial application

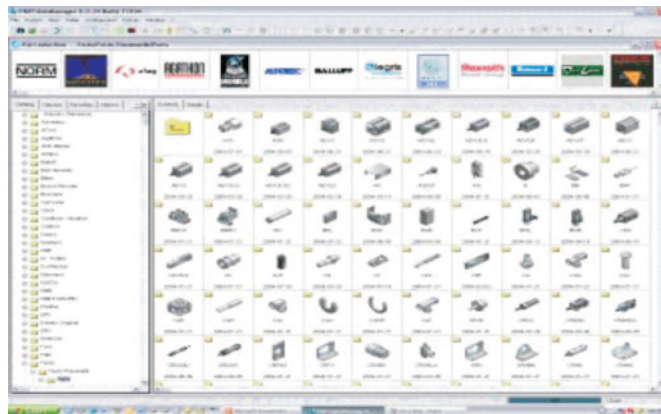


Rys. 8. Proces wycinania i kształtowania elementów z blach  
Fig. 8. Process of elements cutting and shaping from sheets

Oprogramowanie SPI Sheetmetal AutoCAD i SPI Ducting może być uzupełnione o interfejs ToPs 600, przeznaczony do wspomagania wytwarzania elementów z blach (rys. 8).

Programy te są narzędziami przeznaczonymi do wspomagania procesu wycinania elementów z blachy na prasach numerycznych (puncherach) i obsługują wszystkie funkcje

specyficzne dla tego typu maszyn, takiej jak automatyczny dobór narzędzi, automatyczna repozycja itp. Są też narzędziami do wspomagania procesu wycinania na numerycznie sterowanych wycinarkach laserowych, plazmowych, wodnych, routerach i innych maszynach wycinających [8]. Ponadto, pozwalają na optymalizację rozłożenia części na arkuszach z blachy. Ważną zaletą programów jest możliwość łączenia w celu uzyskania odpowiednich zestawów funkcjonalnych przeznaczonych do wykonania konkretnych zadań.



Rys. 9. Biblioteka wyrobów maszynowych w systemie Inventor  
Fig. 9. Technical library of element shapes from Inventor system

W projektowaniu maszyn i urządzeń przemysłowych wykorzystuje się wiele części i całych podzespołów gotowych, zakupionych od ich wytwórców. Aby jeszcze lepiej wykorzystać czas przeznaczony na projektowanie warto skorzystać z gotowych bibliotek (rys. 9). PartSolutions to obszerny zestaw bibliotek wyrobów różnych producentów z branży elektromaszynowej, stosowanych w projektowaniu maszyn i urządzeń mechanicznych w tym rolniczych. Zawiera kilkadziesiąt katalogów wyrobów znanych firm oraz normalii zgodnych ze standardami DIN, EN, ANSI, AFNOR, części zgodnych z wymaganiami standardów LN, MILSPEC, NASM, BAHN norm oraz zgodnych z wymaganiami takich firm jak: PHILIPS, VOLKSWAGEN, DAIMLER-CHRYSLER i innych.

Pakiet zawiera części i podzespoły w postaci modeli 3D, gotowe do wstawienia do programów AutoCAD czy Autodesk Inventor. W celu szybkiego odszukaniażądanego komponentu program oferuje wiele kryteriów wyszukiwania: według producenta, wielkości, klasyfikacji, nazwy, porównania geometrycznego itp. Biblioteki części są aktualizowane przez Internet, co zapewnia dostęp do najbardziej aktualnych wyrobów poszczególnych producentów.

Poza obszernymi bibliotekami wyrobów różnych firm, pakiet zawiera narzędzia do projektowania wałków i połączeń śrubowych. System oferuje narzędzia do obliczania części mechanicznych, połączeń gwintowych, sprężyn, przekładni pasowych, zawiera moduł do obliczeń z użyciem MES, wspomaga tworzenie firmowych kart katalogowych części, pozwala na bezpośrednie połączenie z systemami ERP/PLM i zawiera wiele innych ważnych narzędzi.

Zastosowanie pakietu PartSolutions daje znaczące oszczędności czasu pracy nad projektem oraz zapewnia jednoznaczne i bezbłędne oznaczenie wybranego komponentu, co upraszcza także dalsze prace związane z przygotowaniem produkcji.

## Podsumowanie

Wprowadzenie systemów komputerowych do zakładów przemysłu maszyn rolniczych wydaje się niezbędne, wręcz

konieczne. Systemy te umożliwiają skrócenie czasu procesu przygotowania produkcji, co wpływa na wzrost wydajności i efektywności pracy. Większość oferowanych obecnie na rynku systemów posiada zbliżone możliwości technologiczne a kryterium decydującym o ich wyborze są najczęściej: zakres zastosowania i cena.

Wdrożenie w przedsiębiorstwie koncepcji CIM prowadzi do realizacji tzw. zintegrowanej fabryki przyszłości. W zintegrowanym przedsiębiorstwie przyszłości integracji zostają poddane cztery obszary. Są to: planowanie i sterowanie produkcją, konstruowanie i planowanie wyrobów, produkcja oraz sterowanie magazynem.

Niewątpliwie cena systemu jest bardzo ważna. Należy pamiętać, że zakup systemu CAM ma zapewnić wzrost zysków firmy oraz jej rozwój. Jest to więc zakup na lata. Cena systemu CAM zwykle odzwierciedla jego możliwości. Cena ta, w porównaniu z ceną maszyn, które ma on zaprogramować, powinna być relatywnie niska. Dlatego upewnijmy się, że system zostanie odpowiednio wdrożony, a firma wdrażająca to nie przypadkowy sprzedawca, nastawiony na szybki zysk, który za główną przesłankę wyboru oferowanego systemu uznaje upust cenowy. Istotnym jest, czy posiada ona odpowiednią liczbę pracowników, którzy wdrożą oferowany system, a kadra zapewni pomoc na należytych poziomach technicznych. Bardzo ważnym elementem podczas wyboru systemu jest również, czy producent oprogramowania nastawiony jest na rozwój systemu, czy tylko na jak najszybsze osiągnięcie zysków, a oferowane funkcje to tylko nazwy w ofercie.

Warto też wiedzieć i wziąć pod uwagę, czy nowe wersje programu to nie tylko kosmetyczne zmiany interfejsu użytkownika.

## Literatura

- [1] Micielić M., Kaszkiel G.: Komputerowe wspomaganie wytwarzania CAM, Mikom, Warszawa 1999.
- [2] Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
- [3] Micielić M., Wiśniewski W.: Komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych. Wydaw. Naukowe PWN, Mikom, Warszawa 2005.
- [4] Grzesik W., Niesłony P., Bartoszek M.: Programowanie obrabiarek NC/CNC., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [5] Wyleźń M.: CATIA v5: modelowanie i analiza układów kinematycznych., Helion, cop., Gliwice 2007.
- [6] Augustyn K.: EDGECAM: komputerowe wspomaganie wytwarzania. pod red. Mrowiec Michał. Wyd. 2. Helion, cop., Gliwice 2007.
- [7] Mac J., Pawłowski T., Rutkowski J., Szczepaniak J.: Problemy analiz obliczeniowych silosów zbożowych w świetle obowiązujących norm europejskich. X Sympozjum Naukowo-Techniczne Politechniki Białostockiej. Technologie, Konstrukcja i Automatyka, Augustów 2007.
- [8] Szatkowski K.: Przygotowanie produkcji. Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 2008.

## TOOLS AIDED PREPARING OF MANUFACTURING PROCESS FOR AGRICULTURAL STRUCTURES

### Summary

*The characterization of production process of agricultural machines with the use of selected computer systems has been presented in the paper. The possibility of computer system application and basic classification according to the producer's needs have been determined. The specific situation of polish market of agricultural machine manufacturing industry and machine element production industry has been presented. The examples of computer systems calculation with the graphic representation of the results have been presented as well.*