

Wykorzystanie narzędzi CAx w prototypowaniu cyfrowym systemu detekcji i lokalizacji strzału

JAN PIETRASIEŃSKI, DARIUSZ RODZIK
JACEK WARCHULSKI, MARCIN WARCHULSKI
JAN SZCZURKO*

Przedstawiono zagadnienia prototypowania cyfrowego produktu na przykładzie opracowanego systemu detekcji i lokalizacji strzału. Zwrócono uwagę na zalety prototypowania cyfrowego oraz podano przykłady narzędzi CAx wykorzystywanych do tego procesu. Zaprezentowano także wyniki prototypowania cyfrowego urządzenia wojskowego oraz jego fizyczną realizację.

Po wystrzale pocisku z lufy następuje wiele zjawisk fizycznych, które są użytecznym źródłem informacji. Nośnikiem informacji pierwotnej o parametrach strzału i ruchu pocisku jest zaburzenie ośrodka w postaci fali akustycznej [1, 2]. Rejestracja i znajomość wyników określających charakterystyczne parametry rozkładu ciśnienia powietrza, które powstają na skutek wystrzału oraz lotu pocisku, są podstawą do projektowania i konstruowania pasywnych systemów detekcji i lokalizacji strzału.

Urządzenia detekcji i lokalizacji miejsca strzału wykorzystuje się w systemach ochrony konwojów cywilnych i wojskowych, VIP-ów oraz szczególnie ważnych obiektów państwowych

W Wojskowej Akademii Technicznej od kilku lat prowadzone są badania nad rozchodzeniem się zaburzeń powstałych wskutek wystrzału i przelotu pocisku, a otrzymane wyniki wykorzystuje się do opracowania akustycznych urządzeń pasywnych techniki wojskowej, takich jak system oceny strzelań artylerii przeciwlotniczej czy detekcji i lokalizacji miejsca strzału. Są to bardzo zaawansowane technicznie urządzenia mechatroniczne.

Podczas opracowywania prototypu systemu detekcji i lokalizacji strzału napotkano wiele problemów, wśród których istotny był krótki czas opracowania demonstratora. Aby go szybko wykonać, wykorzystano narzędzia CAx, za pomocą których opracowano prototyp cyfrowy poszczególnych elementów, oraz złożenie, w którym połączono układy mechaniczne i elektroniczne aparatury pokładowej systemu detekcji i lokalizacji strzału.

Prototypowanie cyfrowe produktu

Prototyp cyfrowy to odpowiednik rzeczywistego produktu, pozostający w pamięci komputera. Powstaje on z połączenia danych pochodzących z różnych etapów tworzenia produktu. Można go wykorzystać do rzeczywistej oceny i optymalizacji właściwości produktu, aby wyeliminować konieczność wielokrotnego tworzenia prototypu fizycznego.

Na etapie projektowania koncepcyjnego, konstrukcyjnego oraz produkcji prototypowanie cyfrowe umożliwia wirtualne badania i testy kompletnego produktu, zanim

zostanie on fizycznie wykonany. Dzięki prototypowaniu cyfrowemu można więc tworzyć, oceniać, optymalizować i zarządzać projektami, od fazy opracowania koncepcyjnego aż po proces produkcji.

Praca nad jednym cyfrowym modelem podczas wspólnego projektowania umożliwia konstruktorom komunikację między sobą i przyspiesza uzyskanie produktu końcowego. Używając prototypu cyfrowego, można wizualizować i symulować rzeczywiste działanie produktu bez stosowania kosztownych prototypów fizycznych.

Proces rozwoju wytwarzanego produktu można podzielić na następujące etapy:

- **opracowanie koncepcyjne** – inżynierowie często używają rysunków na papierze lub formatów cyfrowych, które nie są zgodne z formatami wykorzystywanymi podczas projektowania i produkcji. Powoduje to, że projekty koncepcyjne muszą zostać przetworzone na nowo, co w efekcie powoduje stratę czasu i pieniędzy;

- **projektowanie** – inżynierowie mechanicy i elektrycy bardzo często używają różnych systemów i formatów. Brak zgodności utrudnia szybkie wychwycenie i wprowadzenie zmian stanowiących odpowiedź na zapotrzebowanie pochodzące z produkcji. Innym problemem na tym etapie jest stosowanie typowego oprogramowania 3D CAD, w którym najważniejsza jest geometria modelu. Utrudnia to użycie prototypu cyfrowego do oceny i wprowadzenia poprawek w produktach przed ich zbudowaniem i wymusza potrzebę budowy wielu drogich prototypów fizycznych;

- **produkcja** – wydziały produkcji kumulują problemy związane z przerwaniem komunikacji cyfrowej (brak połączenia między opracowaniem koncepcyjnym, projektowaniem zespołów elektrycznych i mechanicznych) i otrzymują tylko informację analogową w postaci rysunków. Skutkuje to koniecznością większego skupienia się na prototypach fizycznych oraz późniejszymi stratami w produktywności i innowacyjności.

Chociaż o korzyściach wynikających z prototypowania cyfrowego mówiło się od dawna, budżet na narzędzia CAx, wymagane do stworzenia i testowania prawdziwego prototypu cyfrowego, był poza zasięgiem większości firm produkcyjnych. Kompletnie rozwiązania do prototypowania cyfrowego to zwykle drogie, wyspecjalizowane instalacje stosowane w dużych przedsiębiorstwach. Większość aplikacji do modelowania 3D gotowych do pracy zaraz po zainstalowaniu ma tylko część funkcji potrzebnych do stworzenia kompletnego prototypu cyfrowego. Do jego opracowania należy zatem zastosować kilka różnych systemów CAx.

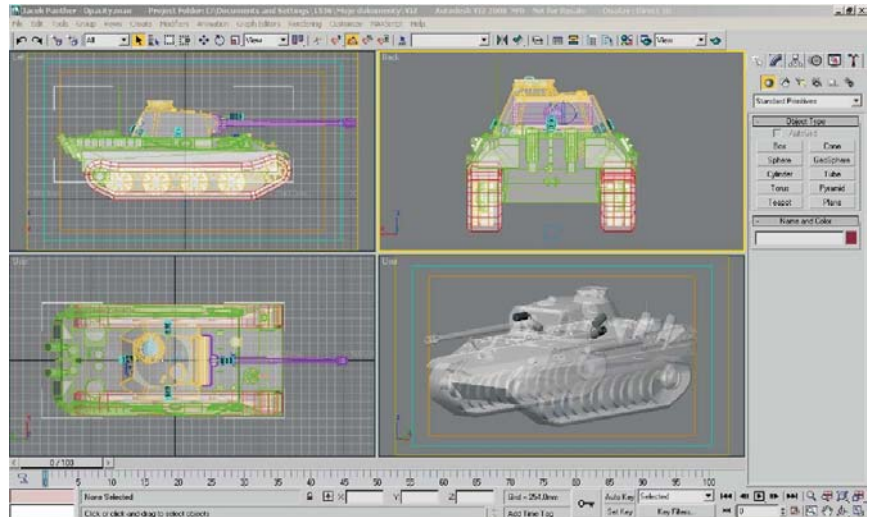
Obszerny przegląd narzędzi CAx, który umożliwi czytelnikowi lepsze zorientowanie się w ich przeznaczeniu oraz możliwości integracji systemów stosowanych do pełnego prototypowania cyfrowego produktu, zamieszczono w [11].

* Dr hab. inż. Jan Pietrasieński, prof. WAT, mgr inż. Dariusz Rodzik, mgr inż. Jacek Warchulski, mgr inż. Marcin Warchulski, dr inż. Jan Szczurko – Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki

Przegląd narzędzi CAx wykorzystywanych w cyfrowym prototypowaniu [12]

Lista oferowanych przez dostawców narzędzi CAx do prototypowania cyfrowego jest bardzo długa. Pojedynczymi aplikacjami są jednak w większości przypadków produkty o ograniczonych możliwościach lub bardzo drogie. W polskich realiach wydatek rzędu kilkudziesięciu, czy nawet kilku tysięcy euro za licencję na tego typu narzędzia może okazać się barierą nie do przebycia.

Oferując swoim klientom narzędzia do wytworzenia pełnego prototypu cyfrowego, dostawcy systemów CAx pomagają im tworzyć mniej prototypów fizycznych i wyprzedzić rynkową konkurencję bardziej innowacyjnymi produktami. Przeniesienie do 3D to tylko pierwszy krok przy tworzeniu prototypu cyfrowego. Na dzisiejszym, coraz bardziej konkurencyjnym rynku bycie najlepszym w swojej klasie oznacza wykorzystywanie technologii pozwalającej wyprzedzić konkurencję, a zastosowanie prototypowania cyfrowego w procesie tworzenia produktu właśnie to producentom umożliwia. Jak podają fachowe źródła, dostawcy oprogramowania CAx zapewniają funkcjonalność poprzez kompletny, łatwy do nauczenia zestaw aplikacji

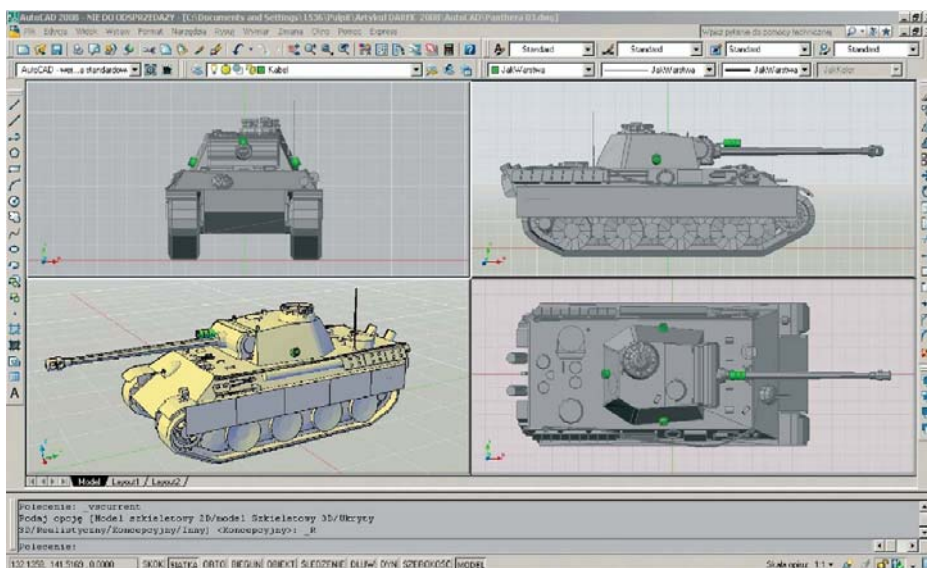


Rys. 2. Modelowanie i wizualizacja rozmieszczenia elementów systemu detekcji i lokalizacji strzału w programie Autodesk VIZ

Prototypowanie systemu detekcji i lokalizacji strzału

Głównym zadaniem autorów było opracowanie demonstratora akustycznej metody detekcji i lokalizacji miejsca strzału. Do detekcji i pełnej estymacji parametrów przeszerzno-czasowych zaburzenia powstałego na skutek wystrzału należało użyć przynajmniej czterech czujników pomiarowych wraz z zaprojektowaną aparaturą elektroniczną. Jej zadaniem jest przetworzenie wykrytego zaburzenia na sygnał elektryczny i na tej podstawie wyliczenie współrzędnych położenia miejsca wystrzału. Dodatkowo całość aparatury należało zamontować na platformie jezdnej, stanowiącej model wybranego rodzaju uzbrojenia.

Jako platformę jezdną wybrano wykonany z tworzywa sztucznego model czołgu, sterowany radiem. Na pierwszym etapie opracowania demonstratora dysponowano tylko dokumentacją techniczną producenta wybranego modelu. Z uwagi na długi czas oczekiwania na dostawę platformy jezdnej zdecydowano się wykonać jej cyfrowy prototyp w celu rozmieszczenia wewnątrz modelu elementów zaprojektowanej elektronicznej aparatury pokładowej.



Rys. 1. Cyfrowy model platformy jezdnej z rozmieszczeniem czujników pomiarowych wykonany w programie AutoCAD

projektowych oraz partnerów, z którymi można skonsultować, czego potrzeba, by uczynić prototypowanie cyfrowe rzeczywistą praktyką pracy. Narzędzia CAx w swych najnowszych wersjach na nowo definiują proces projektowania, wspierając i łącząc wszystkie etapy rozwijania produktu, od projektu przemysłowego po inżynierię mechaniczną i elektryczną oraz produkcję.



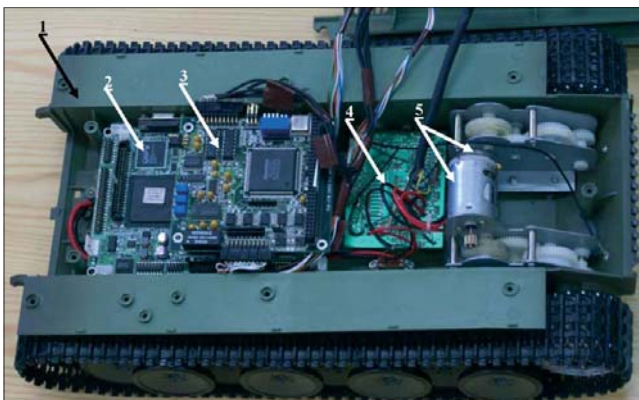
Rys. 3. Wizualizacja rozmieszczenia elementów elektronicznych aparatury pokładowej na platformie jezdnej systemu detekcji i lokalizacji strzału wykonana w programie Autodesk VIZ



Przy tworzeniu cyfrowego prototypu systemu detekcji i lokalizacji strzału wykorzystano następujące oprogramowanie:

- AutoCAD 2008 – do projektowania elementów mechanicznych systemu i tworzenia dokumentacji technicznej;
- Protel 97 SE – do projektowania układów elektronicznych aparatury pokładowej systemu;
- AutoCAD Electrical 2008 – do projektowania rozmieszczenia przewodów i złączy elektrycznych systemu;
- Autodesk® VIZ® – do wizualizacji i animacji projektu.

Wybrane etapy cyfrowego prototypowania systemu detekcji i lokalizacji strzału oraz jego fizyczne realizacje przedstawiono na rys. 1 ÷ 6.

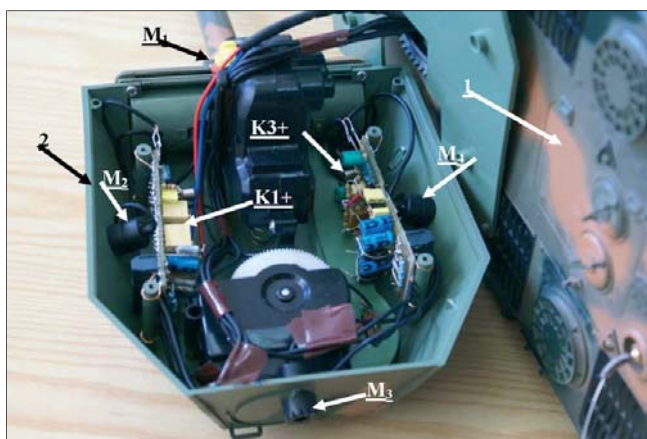


Rys. 4. Rzeczywisty sposób rozmieszczenia elementów elektronicznych aparatury pokładowej na platformie jezdnej: 1 - platforma jezdna; 2 - komputer pokładowy; 3 - karta pomiarowa; 4 - układ kluczący; 5 - układ napędowy



Celem artykułu jest zwrócenie uwagi czytelnika na zalety i wady, jakie mogą wystąpić w czasie opracowywania nowego produktu, w przypadku tworzenia cyfrowego prototypu.

Główną korzyścią tworzenia cyfrowych prototypów jest krótszy czas realizacji nowego produktu dzięki eliminacji potencjalnych błędów konstruktorskich, konfliktów technologicznych i wad technicznych, jeszcze przed uruchomieniem produkcji czy wykonaniem modelu fizycznego. Model cyfrowy jest bowiem odpowiednikiem kompletnego produktu i pozwala inżynierom lepiej wizualizować,

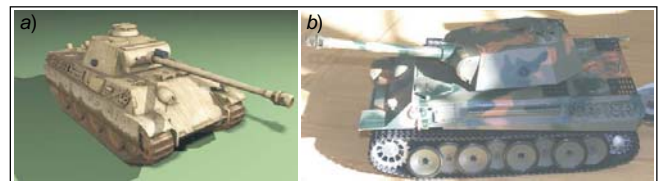


Rys. 5. Rzeczywisty sposób rozmieszczenia elementów elektronicznych w wieżyczce platformy jezdnej: 1 - platforma jezdna modelu tarczy; 2 - wieżyczka; $M_1 - M_4$ - czujniki pomiarowe lokatora akustycznego; $K_1 - K_4$ - wzmacniacze napięciowe 1, 2, 3 i 4 kanału pomiarowego

optymalizować i zarządzać ich projektem przed wykonaniem prototypu fizycznego. Dzięki możliwości tworzenia współbieżnego prototypu przez inżynierów różnych specjalności można z powodzeniem realizować bardzo złożone projekty skomplikowanych funkcjonalnie urządzeń, np. urządzeń mechatronicznych.

Realizacja skomplikowanych projektów, w których produkt końcowy składa się z elementów mechanicznych, elektrycznych i elektronicznych wzajemnie ze sobą współpracujących, nierzadko przysparza wiele problemów. Nie ma na rynku uniwersalnego narzędzia, które mogą wykorzystać jednocześnie projektant mechaniczny, inżynier elektronik czy kierownik produkcji, żeby utrzymać ruch. Konieczne jest więc stosowanie kilku narzędzi CAx, bardzo często od różnych producentów oprogramowania.

Obecnie rynek udostępnia narzędzia potrzebne do budowy prototypu cyfrowego (od fazy koncepcyjnej projektu aż po jego produkcję), jednak nieumiejętny dobór systemów CAx rodzi wiele problemów związanych chociażby z formatem wymiany danych. Najkorzystniej jest więc, o ile to możliwe, stosować oprogramowanie jednego dostawcy.



Rys. 6. Widok końcowy demonstratora: a) prototyp cyfrowy wykonany w programie Autodesk VIZ; b) model fizyczny

Przytoczone w artykule przykłady wykorzystania narzędzi CAx tego samego producenta to jedna z wielu możliwości w cyfrowym prototypowaniu, łącząca ze sobą dane ze wszystkich faz rozwoju projektu urządzenia mechatronicznego, jakim jest wojskowy system detekcji i lokalizacji strzału.

LITERATURA

1. J. PIETRASIENSKI, S. ŻYGADŁO, D. RODZIK, J. WARCHULSKI, M. WARCHULSKI: Badanie parametrów przestrzenno-czasowych zaburzeń ośrodka wywołanych lotem pocisku. *Biuletyn WAT*. Vol. 56, nr specjalny (1); s. 413 ÷ 422.
2. J. PIETRASIENSKI, D. RODZIK, J. WARCHULSKI, M. WARCHULSKI: Analiza częstotliwościowa zaburzeń ośrodka wywołanych ruchem pocisku. *Biuletyn WAT*. Vol. 56, nr specjalny (1); s. 433 ÷ 443.
3. AutoCAD2008 Podręcznik użytkownika. T. 1. Copyright© 2007 Autodesk Inc.
4. AutoCAD2008 Podręcznik użytkownika. T. 2. Copyright© 2007 Autodesk Inc.
5. AutoCAD 2008: Creating and Presenting 3D Models. Autodesk Authorized Training Courseware (AATC), Copyright© 2007 Autodesk Inc.
6. A. JASKULSKI: AutoCAD2007/LT2007 Wersja polska i angielska – kurs projektowania. Wydawnictwo Naukowe PWN 2007.
7. Autodesk Electrical 2008: Essentials. Autodesk Authorized Training Courseware (AATC), Copyright© 2007 Autodesk Inc.
8. Autodesk VIZ 2007: Essentials. Autodesk Authorized Training Courseware (AATC), Copyright© 2007 Autodesk Inc.
9. Autodesk Inventor 2008: Advanced Assembly and Machine Design. Autodesk Authorized Training Courseware (AATC), Copyright© 2007 Autodesk Inc.
10. A. JASKULSKI: Autodesk Inventor® 10PL/10+. Wydawnictwo MIKOM 2005.
11. DESIGN NEWS Polska: Raport: oprogramowanie dla inżynierów projektantów. 2006.
12. Prototypowanie cyfrowe: pytania i odpowiedzi. *Kreator* nr 4/2007.