

◆ PC zamiast klawiatur?
Superkomputer pod biurko

◆ Zestawienia materiałowe:
stal nierdzewna cz. II

◆ Warunki prenumeraty
na 2009 rok

ISSN 1899-699X

projektowanie **KONSTRUKCJE** inżynierskie

Temat numeru:

11 (14) listopad 2008

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

Historia systemów wspomagających procesy projektowania

Cz. I. Rozwój technik związanych
z projektowaniem inżynierskim

◆ Modelowanie
powierzchniowe
w praktyce

◆ Obliczenia
inżynierskie
w systemach 3D

◆ Polskie projekty:
Co się wykluje
z Elipsy?

◆ Historia:
PWS Żubr

KONKURS
dla prenumeratorów!
Szczegóły w numerze!

SIMULIA czuwa nad bezpieczeństwem mojej rodziny



Simulation for the Real World

Wymagamy od naszych samochodów, żeby były niezawodne, ekonomiczne i bezpieczne. Klienci SIMULIA korzystają z naszych rozwiązań, aby zwiększyć bezpieczeństwo nowych pojazdów. Współpracujemy z naszymi klientami w celu wypracowywania takich metod i technologii, które służą do przeprowadzania realistycznych symulacji, a te z kolei umożliwiają wdrażanie innowacji i produkcję jeszcze bardziej bezpiecznych samochodów.

SIMULIA jest marką Dassault Systèmes do Realistycznych Symulacji. SIMULIA oferuje pakiet programów Abaqus przeznaczony do analizy metodą elementów skończonych, narzędzia do rozwiązywania zagadnień z różnych dyscyplin nauki i techniki (Multiphysics) oraz platformę do zarządzania cyklem życia produktu (PLM): zarządzania danymi symulacji, procesami i własnością intelektualną.

Dowiedz się więcej na naszej stronie: www.budsoft.com.pl

3S
SIMULIA

www.3ds.com

Już tylko jedno...

...wydanie – nie licząc tego, które dotarło właśnie do Państwa – dzieli nas od długo wyczekiwanego momentu, jakim będzie przejście na odpłatną prenumeratę. Wspominaliśmy już na naszych łamach o przyczynach tego posunięcia. Zaplanowane zostało jeszcze na wiele miesięcy przed tym, nim do naszych bram zastukał wróg w postaci kryzysu, który jak cień kładzie się na planach biznesowych na najbliższe miesiące. Wystarczy rzucić okiem na kilka portali gospodarczych, bądź na nagłówki popularnych tytułów prasowych (w ich przypadku ograniczam się już od dłuższego czasu jedynie do nagłówek), aby zauważyć, iż temat ten stał się niemalże „numerem jeden”. Proszę, proszę – chwila nieuwagi i mój artykuł wstępny również zaczął o nim traktować. A miało być inaczej...

Docierające do nas Państwa opinie, a także napływające zgłoszenia prenumeraty świadczą, iż przejście na odpłatność spotkało się z ciepłym przyjęciem. To dobrze. Pozwala nam to z dużą dozą optymizmu przystępować do pracy nad kolejnymi wydaniami. A przy okazji, konkurs dla prenumeratorów nabiera rumieńców.


Obecne przygotowane zostało inaczej, niż październikowe – które miało być z założenia swoistą wizytówką naszych przyszłorocznych zamierzeń. Nie podjęliśmy w nim pewnych zasygnalizowanych ostatnio materiałów, ale znalazło się miejsce m.in. na kontynuację cyklu na temat modelowania powierzchniowego, która – chociaż oparta na przykładzie konkretnego oprogramowania, wnosi wiele informacji dla wszystkich zainteresowanych tego typu zagadnieniami; drugą część badania dotyczącego korzyści (materialnych – co ważne w dobie kryzysu) wynikających z zastosowania manipulatorów o większej ilości stopni swobody, niż w przypadku tradycyjnych myszy; nie zabrakło także działu poświęconego polskim projektom – tym razem prezentujemy aż dwa interesujące rozwiązania, z których jedno koresponduje z materiałem z cyklu „Jak to robią inni”.

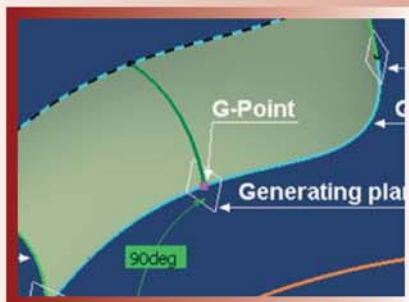
Inaczej niż do tej pory wygląda dział historia, w którym postanowiliśmy zamieścić pierwszą część monografii dotyczącej polskiego samolotu bombowego „Żubr” (proszę mnie nie posądzać przypadkiem o krypto reklamę pewnych napojów!).

Liczymy także, iż obszerny materiał na temat wykorzystania w praktyce zaimplementowanych do środowiska CAD narzędzi do analiz MES okaże się dla Państwa interesujący. Nie pojawił się natomiast zapowiadany przeze mnie Raport dotyczący technik szybkiego wytwarzania. Mogę jednak zapewnić Państwa, iż zostanie on opublikowany w jednym z pierwszych przyszłorocznych wydań.

Pogoda za oknem zapowiada pierwszy śnieg. Cóż, to w końcu listopad. Atmosferę tego szczególnego miesiąca znakomicie oddaje felieton publikowany jak zwykle na końcowych stronach pisma. Zachęcam do refleksji...

W imieniu zespołu
Życzę udanej lektury


Maciej Stanisławski
red. nac.



21



25



48

W numerze m.in.:

NOWOŚCI

- 5 COMSOL Multiphysics 3.5a
- 5 SketchUp 7
- 6 Graficzne CUDA
- 7 VII Konferencja CNS Solutions
- 8 PC zamiast klastrów? Jest to możliwe...
- 10 Obrabiarki w grodzie Kraka

TEMAT NUMERU

- 13 Rozwój technik związanych z projektowaniem inżynierskim. Historia komputerowych systemów wspomagających projektowanie, wytwarzanie i analizy inżynierskie cz. I
Maciej Stanisławski

PRENUMERATA

- 19 Konkurs dla prenumeratorów

PROGRAMY/MES

- 21 Definicja powierzchni wymagających zastosowania krzywej typu Spine
Andrzej Wętyczko
- 25 MES w praktyce 3D cz. I
Zdzisław Wach
Komputerowo wspomagane obliczenia inżynierskie w systemach 3D na przykładzie korpusu przekładni zębatej

SPRZĘT

- 30 Ekonomiczny zwrot inwestycji związanych z zakupem manipulatorów 3D...
Bardzo ważne jest zrozumienie podstawowych koncepcji interfejsu użytkownika, które stoją za opisywanym zwiększeniem wydajności. Pozwoli to dotrzeć zarówno do inżynierów aplikacyjnych CAD, jak i do innych profesjonalnych użytkowników zastanawiających się nad użytecznością myszki 3D.

MATERIAŁY

- 32 Oznaczenia i właściwości stali nierdzewnych cz. II
Marek Staszyski

JAK TO ROBIĄ INNI

- 35 Z prądem i pod prąd...

Ryszard Romanowski

Historia powraca. Dawno już zarzucone projekty odżywają w nowych formach. Cofnijmy się do 1899 roku. W Acheres 29 kwietnia, spocony i zakurzony belgijski kierowca i konstruktor Camille Jenatton (zwany ze względu na rudy zarost czerwonym diabełem) opowiadał na mecie rekordowej trasy: – Czuję, że jadę bardzo szybko, jak jeszcze nigdy dotąd, ale nie wiedziałem, że pokonam granicę 100 km/h. Pierwszym, który mu gratulował był konkurent markiz Gaston de Chasseloup-Labaut. Jego elektryczny Jeantaud okazał się wolniejszy od również elektrycznej *La Jamais Contente* Camilla. Magiczną wówczas barierę 100 km/h pokonał samochód elektryczny.

POLSKIE PROJEKTY

- 38 Elipsa, czyli... co wyklucze się z jajka?
Zbigniew Brodowski
- 48 Jazda po ścianie? Czy to możliwe?
Podciśnieniowy system jezdny

WBREW POZOROM

- 51 Takie będą Rzeczypospolite
Tomasz Gerard

HISTORIA

- 54 Najdroższy samolot międzywojennej Polski cz. I
LWS-6 (PZL-30) „Żubr”
Jakub Marszałkiewicz



Nasza okładka:
Elektryczna ELIPSA
z ZNTK Radom



COMSOL Multiphysics 3.5a

Firma COMSOL rozpoczęła w listopadzie dostarczanie do klientów nowej wersji swojego pakietu narzędzi do modelowania oraz przeprowadzania analiz i symulacji zjawisk fizycznych.

Edycja 3.5a ma zastąpić wprowadzoną niedawno, bo w październiku tego roku, wersję 3.5. Wydanie (wyróżnione w nazwie literą „a”) w stosunku do swojego poprzednika oferuje możliwość korzystania z opcjonalnych narzędzi COMSOL Reaction Engineering Lab oraz Optimization Lab, których można używać jako dodatków

do środowiska COMSOL Multiphysics. Wstrzymano jednocześnie prace nad rozwojem produktów COMSOL Script i Signals & Systems Lab. Korzystanie z interfejsu skryptowego COMSOL Multiphysics 3.5a będzie od tej chwili wymagało posiadania środowiska MATLAB.

Pakiet COMSOL Multiphysics 3.5a będzie w pierwszej kolejności dostarczany klientom z terenu Stanów Zjednoczonych, Kanady, Meksyku i krajów Ameryki Południowej. Europa będzie musiała niestety poczekać.

www.comsol.com
www.cad.pl

SketchUp 7

Użytkownicy SketchUp'a po dość długim czasie doczekali się wydania kolejnej wersji środowiska. Jest ona podobno efektem dwóch lat pracy ciężkiej programistów firmy Google.

Postanowili oni skupić się na trzech najważniejszych zadaniach: uproszczeniu procesu nauki oprogramowania, wprowadzeniu nowych narzędzi modelerskich oraz rozszerzeniu możliwości współpracy projektowej i udostępniania danych. Miało to zostać osiągnięte między innymi przez dalszą integrację środowiska z bazą 3D Warehouse, rozszerzenie zaawansowanych funkcji modelowania 3D, wprowadzenie nowych możliwości w zakresie teksturowania, zastosowanie nowego rodzaju obiektów (tak zwanych „komponentów dynamicznych”), wdrożenie modułu LayOut, kilku funkcji wektorowych oraz dodatkowych możliwości rysunkowych. Rozszerzono funkcje obsługujące teksty, a także dodano

możliwości eksportowania rysunków do postaci plików graficznych i dokumentów PDF. Nie zapomniano też oczywiście o poprawkach dotychczasowych błędów oraz szeregu pomniejszych optymalizacji kodu.

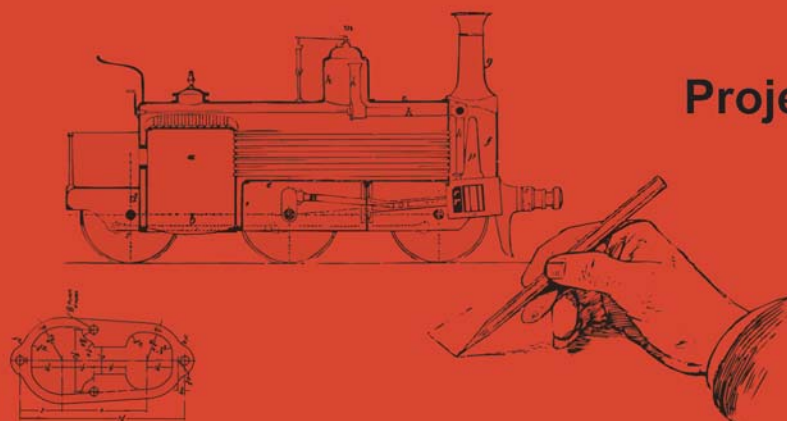
Użytkownicy nadal jednak nie otrzymali bardzo oczekiwanej obsługi funkcji biblioteki OpenGL i wsparcia dla najnowszych kart graficznych, optymalizacji działania aplikacji na nowoczesnych maszynach wielordzeniowych, poprawy wydajności pracy w przypadku dużych modeli oraz rozszerzeń w zakresie materiałów i mechanizmu renderującego. Słychać też głosy o wciąż zbyt krótkiej liście formatów obsługiwanych przez narzędzia importu i eksportu danych. Zabrakło również – oczywiście, zdawałoby się – integracji

SketchUp'a ze środowiskiem Google Earth. Powody do narzekania mają też nadal użytkownicy systemu Linux, dla których... nie przewidziano specjalnej wersji programu.

Podobnie jak poprzednie wersje oprogramowania, SketchUp 7 jest dostępny w postaci wersji bezpłatnej i komercyjnej (Pro), z których ta ostatnia została wyceniona na 495 dolarów. Środowisko jest dostępne dla użytkowników systemów Windows XP, Windows Vista oraz Mac OS X. Na stronie projektu można znaleźć materiał wideo przedstawiający najważniejsze cechy nowej wersji aplikacji.

<http://sketchup.google.com>
www.cad.pl

□ REKLAMA



PNY™

Projektowanie 3D nowej generacji





Graficzne CUDA

Karta NVIDIA Quadro FX 5800 z architekturą masowego przetwarzania równoległego CUDA oferuje największą jak do tej pory możliwości przetwarzania obrazu w zastosowaniach projektowych



Co mają ze sobą wspólnego fachowcy projektujący następny luksusowy samochód, poszukujący ropy naftowej, czy też diagnozujący choroby? Potrzebują zaawansowanych rozwiązań z dziedziny obliczeń wizualnych. NVIDIA Corporation wprowadziła do sprzedaży najbardziej wydajną profesjonalną kartę graficzną w historii grafiki – NVIDIA® Quadro® FX 5800.

– Rozmiar i złożoność danych rosną wykładniczo. Wyzwaniem dla współczesnych profesjonalistów jest opanowanie tych ilości danych poprzez ich destylację do takiej formy, która może zostać zrozumiana, przeanalizowana i wykorzystana do podjęcia znaczących decyzji – powiedział Jeff Brown, szef działu profesjonalnych rozwiązań graficznych w firmie NVIDIA. – Quadro FX 5800 wyposażona została w zaawansowane funkcje, pozwalające na zobrazowanie potężnych zestawów danych w sposób wykraczający poza tradycyjne 3D, pozwalając profesjonalistom na podejmowanie szybkich i trafnych decyzji. Karta graficzna Quadro FX 5800 zapewnia

wydajność i skalowalność, umożliwiającą błyskawiczne wizualizowanie i interpretowanie potężnych zestawów danych, których obróbka na karcie graficznej dla stacji roboczych była do tej pory... niemożliwa. Oferując do 240 programowalnych za pomocą CUDA™ równoległych rdzeni i pierwszą w branży wielkość 4 GB pamięci graficznej, karta graficzna Quadro FX 5800 idealnie nadaje się do takich zastosowań, jak: projektowanie, wizualizacje naukowe, poszukiwania ropy naftowej i gazu ziemnego, czy też obrazowanie medyczne. Do innych zaawansowanych funkcji karty graficznej Quadro FX 5800 należą:

- Interaktywne modelowanie 4D z możliwością uwzględnienia czasu
- Przepustowość pamięci na poziomie 103 GB na sekundę (!)
- Prędkość wypełniania przekraczająca wartość 52 miliardów teksteli na sekundę i wydajność geometryczna na poziomie 300 milionów trójkątów na sekundę
- Obsługa aplikacji OpenGL i Microsoft DirectX 10 następnej generacji

• Obsługa zaawansowanych, wyposażonych w wiele systemów i urządzeń, systemów wizualizacyjnych, realizowana dzięki Quadro G-Sync II

– Zaawansowane możliwości teksturowania karty Quadro FX 5800 pozwalają naszej firmie zapewnić radiochirurgiczną wizualizację obiektów 3D przy leczeniu arytmii serca – powiedział Thilaka Sumanaweera, główny technolog w firmie CyberHeart. – Nasze aplikacje przetwarzają ogromne zestawy danych uzyskane za pośrednictwem nowoczesnych, 64-rzędowych skanerów tomograficznych. Karty Quadro FX zapewniają najwyższą przepustowość konieczną do obsługi naszej technologii (CyberHeart, Inc. jest firmą medyczną opracowującą i produkującą nieinwazyjne systemy radiochirurgiczne).

Procesor graficzny Quadro FX 5800 oferuje obróbkę 10-bitowego koloru, zapewniającą zachowanie informacji nie o milionach, ale... miliardach odcieni kolorów, potrzebnych do uzyskania obrazów o najszerzej gamie kolorystycznej. Profesjonaliści mogą dzięki temu oglądać modele o nigdy do tej pory niedostępnych precyzji i realizmie.

– Nasi klienci podejmują ważne decyzje o przyszłych produktach na podstawie oglądu realizowanych w czasie rzeczywistym modeli 3D oferowanych przez RTT – powiedział Ludwig Fuchs, współzałożyciel i szef firmy RTT, dostawcy technologii wizualizacyjnych realizowanych w czasie rzeczywistym i rozwiązań do wirtualnego prototypowania w takich dziedzinach jak motoryzacja, lotnictwo, przemysł i projektowanie. – Nowa karta Quadro FX 5800 będzie platformą, która wzniesie tę dziedzinę na wyższy poziom.

Miło nam poinformować, iż karta Nvidia Quadro jest jedną z nagród w konkursie dla naszych prenumeratorów. Szkoda tylko, że jest to model skromniejszy od opisywanego powyżej...

Więcej informacji, a także specyfikacja techniczna, na stronie www.nvidia.pl



VII Konferencja CNS Solutions

Tegoroczna edycja Ogólnopolskiej Konferencji CNS Solutions odbyła się 30 października w warszawskim Hotelu Marriott. Wzięło w niej udział ponad 200 uczestników: przedstawicieli firm, pracowników naukowych z uczelni, a także zaproszonych dziennikarzy.

Jak łatwo się domyślić, głównym tematem spotkania były nowe funkcjonalności wprowadzone w oprogramowaniu SolidWorks 2009, którego autoryzowanym sprzedawcą jest organizator konferencji – firma CNS Solutions. W dedykowanych panelach tematycznych („Metal”, „Drewno” i „Tworzywa”) prezentowano zastosowania programu specyficzne dla danej branży oraz przykłady wdrożeń.

Przedmiotem prezentacji były także możliwości takich narzędzi programowych, jak: Radan (CAD/CAM do obróbki blach), SURFCAM (CAM dla przemysłu metalowego, dysponujący technologią TrueMill), CabinetVision (CAD/CAM dla przemysłu meblarskiego), AlphaCAM (moduł tokarski) oraz 3DVia Composer. Chętni mogli uczestniczyć w prowadzonych przez specjalistów praktycznych warsztatach SolidWorks, połączonych z konkursem Model Mania (w konkursie zwyciężyli Tomasz Nalborski, Michał Niedźwiedz i Krzysztof Szpakowski, zajmując kolejno 1-3 miejsca).

Ważnym momentem konferencji było – podobnie jak w latach poprzednich – ogłoszenie wyników konkursu studenckiego na projekt wykonany w programie SolidWorks. W tym roku zwycięzcą został Dawid Fionik i jego ekstrawagancki „concept bike”. Zaprojektowany przez studenta Politechniki Białostockiej składany rower zachwycił wszystkich innowacyjnością pomysłu i oryginalną (budzącą kontrowersje) estetyką. Nagrodzony projekt został zaprezentowany gościom przez autora.



Nawiasem mówiąc, rower ten – „Dubike” – był symbolem tegorocznej konferencji.

Nagrodę dla najbardziej aktywnego promotora pomysłów odebrał dr Andrzej Łukasiewicz, którego trzech studentów

stało w tym roku na podium. Wszystkim wyróżnionym serdecznie gratulujemy.

Na zakończenie imprezy rozlosowano nagrody dla uczestników: podręczniki użytkownika SolidWorks, myszy optyczne, pamięci USB oraz słuchawki komputerowe. Większość uczestników bardzo chwaliła sobie spotkanie.

Więcej informacji na stronie www.cns.pl



PC zamiast klastrów? Jest to możliwe...

Badania naukowe przeprowadzane są współcześnie za pomocą klastrów superkomputerów, czyli współdzielonych zasobów, które zużywają setki kilowatów energii, a których zbudowanie i utrzymanie kosztuje miliony dolarów. W rezultacie badacze muszą rywalizować o dostęp do tych zasobów obliczeniowych, co spowalnia ich pracę i opóźnia otrzymanie wyników.

NVIDIA, znana jako producent systemów graficznych oraz światowi partnerzy tej firmy wprowadzili do sprzedaży osobisty superkomputer Tesla™. Wykorzystuje on specjalnie opracowane procesory graficzne, zapewniające odpowiednik mocy obliczeniowej klastra za 1/100 jego ceny. Cały komputer mieści się w obudowie o wielkości standardowej stacji roboczej (patrz. zdjęcie obok).

– Wszyscy słyszeliśmy już nieraz twierdzenia o superkomputerze w „desktopie”, ale tym razem to rzeczywistość – powiedział Burton Smith, doradca techniczny w firmie Microsoft. – Zaoferowano zdumiewającą wydajność oraz szeroki zakres zastosowań. Taki przełom stał się możliwy dzięki obliczeniom heterogenicznym, w których procesory graficzne pracują razem ze standardowymi procesorami – dodał. Czy należy spodziewać się, że informatycy Microsoftu kolejny raz będą mogli nie zwracać uwagi na pamięćowość opracowywanego przez nich kodu oprogramowania? Miejmy nadzieję, że nie.

Wracając do Tesli, dzięki mocy oferowanej w cenie typowej stacji roboczej, ale wyższej od niej o 250 razy, będzie można teraz przeprowadzać złożone, wymagające obliczenia przy... biurkach, przetwarzając szybciej więcej danych i skracając czas potrzebny do uzyskania rezultatów. Sercem superkomputera jest procesor obliczeniowy Tesla C1060, oparty na architekturze obliczeń równoległych NVIDIA® CUDA™. CUDA pozwala twórcom oprogramowania i naukowcom na wykorzystanie masowo równoległej mocy procesorów



Fot.: NVIDIA

Tesla za pośrednictwem standardowego języka C.

Wiodące organizacje, w tym MIT, Instytut Maksa Plancka, Uniwersytet Illinois w Urbana-Champaign, Uniwersytet Cambridge i wiele innych już wykorzystują w swoich badaniach osobiste superkomputery zbudowane w oparciu o graficzne procesory.

– Systemy wykorzystujące GPU pozwalają nam na wykonywanie naszych programów w czasie kilku minut, a nie, jak wcześniej – kilku godzin. Ten wyjątkowy wzrost prędkości obliczeń pozwala nam przyspieszyć badania nad potencjalnie ratującymi życie lekami przeciw nowotworom – powiedział Jack Collins, szef działu obliczeń naukowych i rozwoju oprogramowania w Advanced Biomed-

ical Computing Center, mieszczącym się w Frederick w stanie Maryland.

– Procesory graficzne wyewoluowały do postaci, która ułatwia wykorzystanie ich w wielu popularnych zastosowaniach i uzyskanie znacznie wyższej wydajności niż w przypadku systemów wielordzeniowych – powiedział profesor Jack Dongarra, szef Innovative Computing Laboratory na Uniwersytecie Tennessee i autor biblioteki LINPACK. – Zapewne wszystkie przyszłe architektury obliczeniowe będą systemami hybrydowymi, w których procesory graficzne z rdzeniami równoległymi pracować będą z wielordzeniowymi procesorami ogólnego przeznaczenia.

Na podstawie: www.3dcad.pl,
www.nvidia.pl/page/personal_computing.html

3 proste kroki

do SpacePilota z oprogramowaniem Autodesk

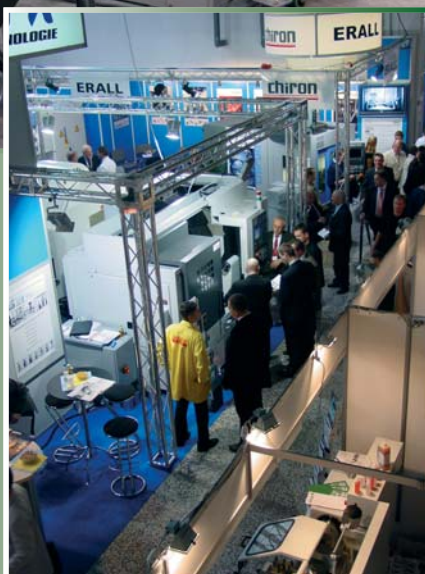
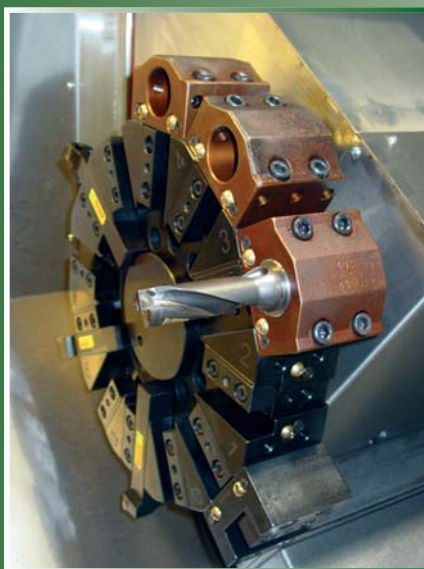
1. Kup 3D Autodesk Inventor**
2. Zarejestruj zakup na www.mum.pl
3. Czekaj na nagrodę specjalną: Space PILOT*



*Oferujemy zestaw narzędzi do trójwymiarowego projektowania, wykonywania obliczeń, analiz inżynierskich, tworzenia dokumentacji rysunkowej a także projektowania systemów trasowanych i testowania projektów.

** Program Inventor zawiera oprogramowanie do zarządzania danymi, program AutoCAD Mechanical oraz funkcjonalność, która pozwala na wykorzystanie projektów 2D poprzez wymiennosc danych z formatem DWG.

Autodesk®



Obrabiarki w grodzie Kraka

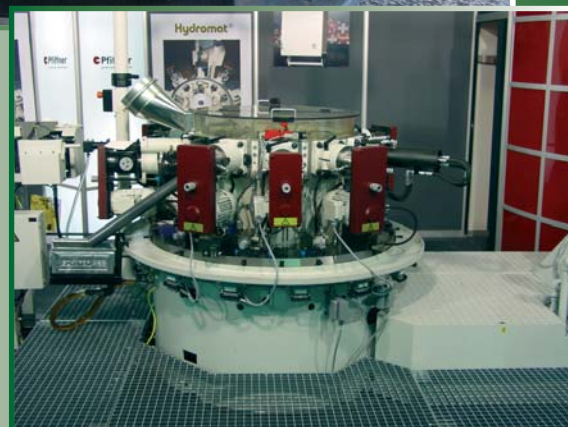
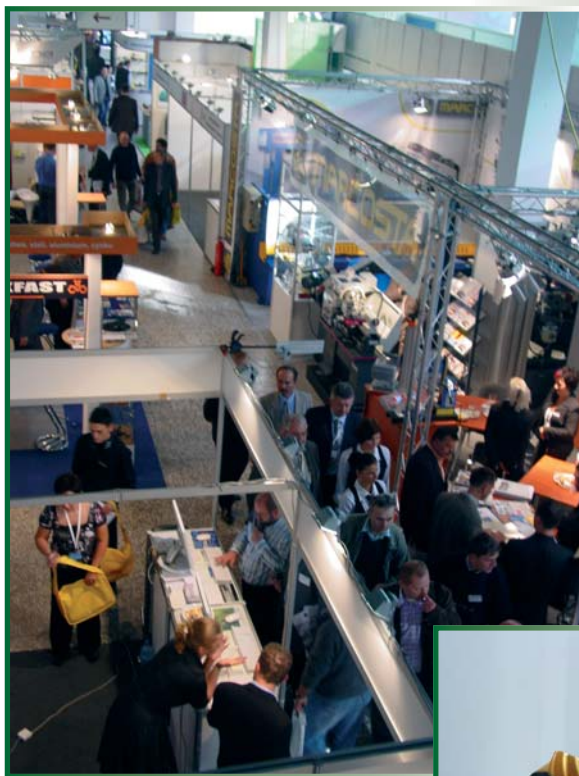
8–10 października w Krakowie odbyła się XIII edycja targów Eurotool 2008

Niektórzy wróżą targom Eurotool rychły spadek znaczenia – ze względu na nowe imprezy targowe dla branży CNC wyrosłe w ostatnim czasie jak grzyby po deszczu na jesiennej targowej mapie Polski – i na południu kraju. Jednak wszystko wskazuje na to, że trochę przedwcześnie. Może dla mieszkańców w Małopolsce czy na Śląsku inne imprezy mogą wydawać się bardziej atrakcyjne, ale dla przyjezdnych z innych części Polski Kraków – to jednak Kraków. A każde targi Eurotool to właśnie okazja do spędzenia kilku dni w tym pięknym mieście, z jego nieodmiennie wyjątkowym klimatem. I żadna infrastruktura targowa nie będzie w stanie tego zastąpić.

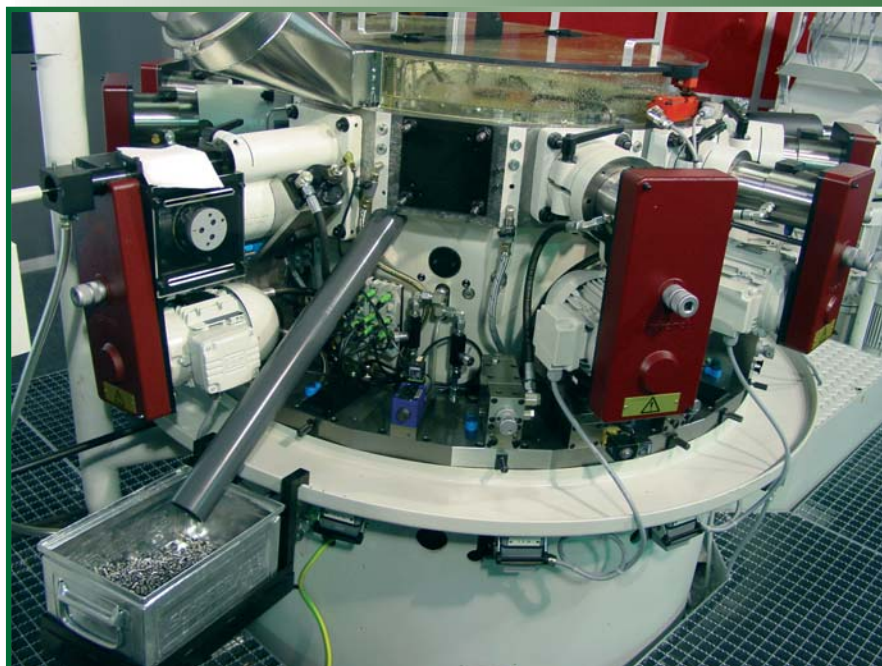
Jak co roku obok stałych wystawców pojawiły się nowe firmy. Tegoroczna edycja skupiła ponad 340 wystawców z 20 krajów, reprezentujących 800 producentów obrabiarek, narzędzi i oprzyrządowania technologicznego z całego świata, a powierzchnia ekspozycji przekroczyła 9000 tys.m².

Chociaż – co niestety stało się regułą – do słabych stron Eurotoolu należy zaliczyć sprawę parkingów, oddalonych od właściwego centrum targowego i położonych w wyjątkowo mało malowniczym miejscu (z drugiej strony zależy, co kto lubi), a i możliwości rozbudowy powierzchni targowej są niewielkie, to jednak jakość i ilość oferty wystawienniczej należy zaliczyć organizatorom na plus.

Na targach prezentowane były urządzenia pomiarowe, aparatura pomiarowo-kontrolna, oprogramowanie, systemy CAD/CAM, nowoczesne technologie prototypowania i obróbki materiałów oraz oferty doradztwa w zakresie certyfikacji wyrobów, konsultacji technicznych i usług. Nie zabrakło premier i nowości rynkowych.



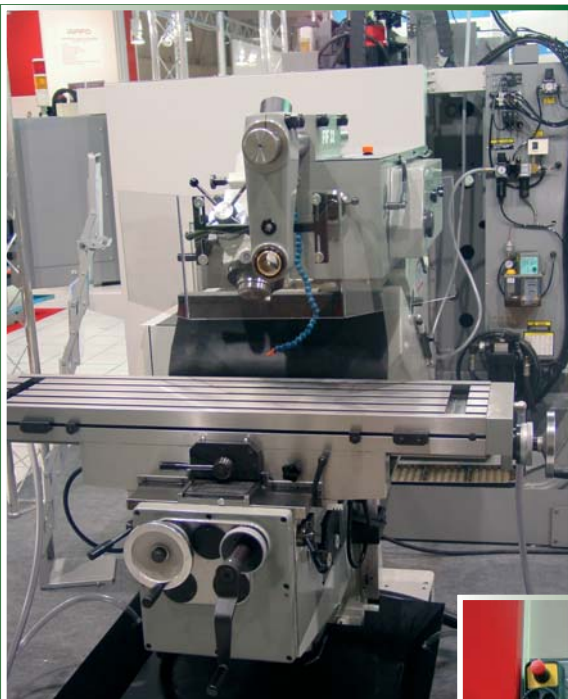
Wśród tych ostatnich warto wymienić technologię OptScan przeznaczoną do pomiarów bezstykowych i skaningu oraz oprogramowanie Metrolog XG 9.00 umożliwiające pomiary 3D i pełną obsługę chmury punktów (Comtec 3D Sp. z o.o.), nowe układy sterowania CNC i symulatory CNC (Fanuc GE CNC Polska Sp. z o.o.), centrum tokarskie LB-3000, uznane za jeden z 10 najbardziej zaawansowanych technologicznie produktów na świecie przez Konsorcjum Technologiczne Nikkan Kogyo Business (NTM Sp. z o.o.), tokarkę uniwersalnąTUI-380CNC z głowicą wielonarzędziową i sterowaniem Fanuc Oi Mate TC, wyposażoną w silnik 7,5 kW sterowany przetwornikiem częstotliwości (ZM „Tarnów” S.A.), a także nowe oprogramowanie CAM firmy DELCAM (Torus sp. z o.o.), a z materiałów –wysoko ulepszoną cieplnie (do 36 HRC) stal do przetwórstwa tworzyw sztucznych o nazwie PLAST 320. Bardzo dobrze skrawalna, polerowalna, dedykowana do wyrobu form o głębokiej grawiurze, nadaje się do trawienia fotochemicznego (Oberon).





Nowości

Wieści ze świata, wydarzenia...



Według danych organizatora, wśród 8338 profesjonalistów z branży, którzy odwiedzili targi, znalazły się osoby niemalże z całego świata. Dzięki współpracy z Wydziałem Mechanicznym Politechniki Krakowskiej oraz Polsko-Słowacka Izbą Przemysłowo-Handlową, podczas targów goszczono specjalną misję gospodarczą ze Słowacji, w skład której wchodził naukowcy i przemysłowcy zza południowej granicy.

Targom towarzyszyła konferencja „Systemy - Oprogramowanie – Procesy”, organizowana przez Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji Politechniki Krakowskiej. Każdego targowego dnia odbywały się seminaria tematyczne, przygotowane przez wystawców.

Coraz większa ilość imprez targowych dla producentów i importerów – maszyn, oprzyrządowania do nich, programów i podzespołów – sprawia, że trzeba wybierać, bo nie sposób przecież być na wszystkich. Z drugiej strony, im większy wybór – tym lepiej.

Być może jest to początek specjalizacji poszczególnych imprez w wąszych jeszcze obszarach przemysłowych – kto wie... Czas pokaże. A na stronie organizatorów już teraz można poczytać o planach związanych z kolejną edycją Eurotool. My będziemy na niej na pewno.

Red

Rozwój technik związanych z projektowaniem inżynierskim

Historia komputerowych systemów wspomagających projektowanie, wytwarzanie i analizy inżynierskie cz. I



To prawda, że AutoCAD wyznaczył standard i przez wiele lat otrzymywał rocznie tytuł „The best CAD product”, nadawaną przez czasopismo „PC World”, a także prestiżowe nagrody magazynu „Byte”. To prawda, że założona w 1993 roku firma SolidWorks, jako pierwsza zaoferowała szerokiemu gronu użytkowników system CAD 3D pracujący na platformie PC, w środowisku Windows. Historia systemów CAD i wszystkich z nimi związanych sięga jednak znacznie dalej, niż do lat 80. – czy nawet 60. – ubiegłego stulecia. Co ciekawe, pierwszym inżynierskim systemem komputerowym – we współczesnym rozumieniu tego słowa – był system CAM. A wszystko zaczęło się od...

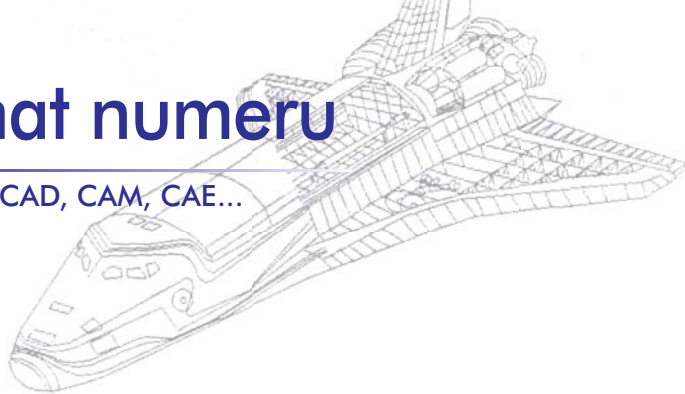
OPRACOWANIE: Maciej Stanisławski

Wszystko zaczęło się od twierdzeń Euklidesa z Aleksandrii (ok. 350 p.n.e.), które po latach wykorzystane zostały jako podwaliny dla geometrii wykorzystywanej w systemach CAD. To właśnie w latach 60. na MIT powstał „Sketchpad” (z ang. szkicownik) – pierwszy profesjonalny system wspomagający projektowanie. Jego autor, Ivan Sutherland, użył systemu komputerowego, który w nowatorski sposób wykorzystywał pióro świetlne jako narzędzie do wprowadzania danych bezpośrednio na ekran monitora. Proszę wyobrazić sobie, jak wyglądało wtedy takie urządzenie: nikomu nie śniły się układy scalone wysokiej skali integracji, czy monitory TFT. Potężny komputer zbudowany na tranzystorach, wykorzystujący czytniki i drukarki (właściwie: dziurkarki) taśmy papierowej jako urządzenia wejścia/wyjścia, wyposażony w dysk twardy wielkości średniego biurka. I w oparciu o taki „hardware” powstawali przodkowie współczesnych programowych rozwiązań. Ale, jak wspominałem na samym początku, pierwszym był „PRONTO” – wynaleziony (to dobre określenie) w 1957 roku przez dr Patricka J. Hanratty’ego. I był on systemem do cyfrowego programowania maszyn obróbczych, a więc można go uznać za pierwszy system CAM – w dodatku komercyjny. Dlatego

w wielu anglojęzycznych opracowaniach wymieniany jest właśnie Hanratty jako „ojciec CAD/CAM”. We współczesnym rozumieniu tych pojęć.

Projekty pierwszych „programowanych” maszyn, wykonujących swe czynności w sposób zautomatyzowany, pozostawił po sobie nie kto inny, jak geniusz swej epoki – Leonardo da Vinci. Jego projekty maszyn do cięcia drewna, wykorzystujących system dźwigni i przekładni, umożliwiały „wykonywanie powtarzalnych czynności w sposób gwarantujący większą dokładność, niż miałyby to miejsce przy wykonywaniu ich przez ludzi.” Czy zatem kołki umieszczone na obracającym się kole, uruchamiające we właściwej kolejności odpowiednie dźwignie (podobnie jak wiele lat później bębny pianoli uruchamiające młoteczek odpowiedzialne za wydobycie określonych dźwięków) – a w zasadzie nie tyle same kołki, co ich układ – nie były pierwszymi programami? Spełniały dokładnie takie same, chociaż skrajnie uproszczone, funkcje.

Leon Batista Alberti w latach 1435-1436 napisał dwie obszerne prace, w których udowydniał konieczność stosowania w szerszym zakresie euklidesowej geometrii przy opracowywaniu projektów. A to przecież zaledwie XV wiek! Na właściwe rysunki techniczne, spełniające już pewne standardy, ba – wykonywane nawet według



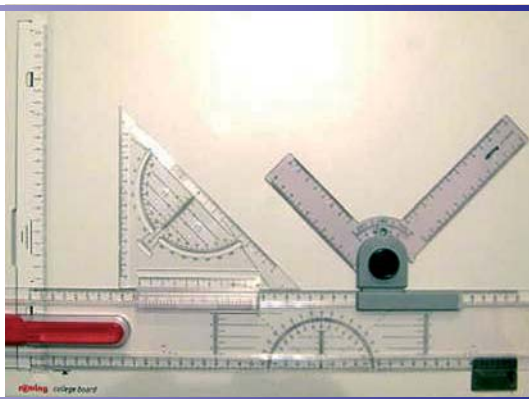
pierwszych określonych norm (David E. Weisberg, autor książki „The Engineering Design Revolution” wysuwa hipotezę, iż standaryzacja rysunków technicznych wymuszona była rozwojem prawa patentowego i koniecznością rozpatrywania coraz większej liczby zgłaszanych wniosków), trzeba było jednak poczekać do XVIII wieku i dziewiętnastowiecznej rewolucji przemysłowej.

Powoli rodzą się standardy narzędzi kreślarskich, które dopiero w drugiej połowie XX. stulecia wyparte zostały ostatecznie przez komputery.

Ale też nie do końca. Przykładnice, główce kreślarskie, różnego rodzaju „pantografy” (np. „Universal Drafting Machine” z początku XX wieku) pozwalające kreślić dowolne krzywe, ale także – a może przede wszystkim – proste linie, produkowane są do dzisiaj (fot. 1). I tutaj pozwolę sobie na małą dygresję i zachęcę Państwa do zastanowienia się nad prostym pytaniem:

Co miały umożliwić systemy CAD 2D?

To proste. Systemy CAD opracowano właśnie z myślą o zastąpieniu tradycyjnych technik kreślarskich. I narzędzi wspomnianych poprzednio. Wszystkie wykonywane wcześniej rysunki wymagały od inżyniera umiejętności precyzyjnego (doprowadzonego niemalże do perfekcji) prowadzenia ołówka, pióra i innych przyrządów kreślarskich, a także benedyktyńskiej cierpliwości przy nanoszeniu jakichkolwiek zmian i poprawek.



Współcześnie sprzedawana deska kreślarska formatu A3, z przykładnicą i główką kreślarską umożliwiającą skokową (co 15 stopni) zmianę kąta. Cena podobnej klasy urządzeń wynosi ok. 230 złotych. Czy to właśnie jest najtańszy „odpowiednik” systemu CAD? Z pewnością nie, bo jest wiele komputerowych systemów oferowanych za darmo. Już od stycznia 2009 roku będziemy je sukcesywnie przybliżać Państwu na naszych łamach.

Przez długie lata metalowe ostrze nożyka, stalówki, czy też żyłki towarzyszyło na równi z „gumką myszką” projektantom i konstruktorom podczas żmudnego przenoszenia ich wizji z umysłu na papier, który nie zawsze okazywał się wystarczająco cierpliwy. Komputery pozwalały na wielokrotne i nieporównywalnie szybsze dokonywanie wszelkich zmian. I nie tylko pierwsze systemy CAD okazały się w praktyce elektronicznymi odpowiednikami desek kreślarskich, przykładnic, zestawów krzywków etc.

Równolegle z rozwojem przyrządów kreślarskich, następował rozwój urządzeń do wykonywania obliczeń matematycznych. W okresie międzywojennym wykorzystywano mechaniczne arytmometry, elektromechaniczne biurkowe kalkulatory, ale także suwaki logarytmiczne (te ostatnie były bardzo długo w powszechnym użyciu, pamiętam, jak na początku lat 80. dostałem wspianą suwak w prezencie od swojego dziadka), czy nawet... liczydła. W latach 30. ukazała się, wielokrotnie wznawiana w okresie późniejszym, książka opisująca metody wykonywania skomplikowanych obliczeń (także z wykorzystaniem wspomnianych urządzeń), autorstwa dr Richarda Buringtona. Jak podaje David E. Weisberg, książka* ta niestety zawierała sporo błędów, które prostowane były praktycznie przy okazji każdego kolejnego wydania.

Skoro o błędach mowa, w zasadzie każdy proces projektowania związany jest z wielkim ryzykiem popełnienia błędów. Jeśli na wczesnym etapie powstawania projektu popełniony zostanie błąd – z pozoru nawet nieistotny – jego konsekwencje mogą narastać w postępie geometrycznym i doprowadzić do katastrofy. Teoretycznie systemy komputerowe miały być krokiem naprzód w kierunku eliminacji ryzyka popełnienia błędów projektowych. W praktyce doskonale zdajemy sobie sprawę, iż nie jest to do końca prawdą. A swoją drogą, zbytnie zautomatyzowanie i kontrolowanie wszelkich możliwych błędów ogranicza w pewnym sensie swobodę twórczą współczesnych inżynierów. Skąd bowiem możemy mieć pewność, iż algorytmy systemu CAD lub CAE nie zakwalifikują nowatorskiego i bezpiecznego rozwiązania jako... błędnego, i nie podważą sensowności jego rozwijania?

MIT i CAD

Dwuznacznie brzmiący śródtytuł wskazuje na ścisły związek istniejący między Massachusetts Institute of Technology i komputerowymi systemami wspomagającymi pracę inżynierów-projektantów. Podczas II wojny

Temat numeru

Systemy CAD, CAM, CAE...

OKREŚLONA

światowej MIT stał się niejako placówką badawczo-rozwojową i zapleczem naukowym dla armii Stanów Zjednoczonych. W latach 40. powołano tam Laboratorium Serwomechanizmów (pod kierunkiem prof. Gordona Browna), a jego pracownicy naukowcy zajmowali się m.in. pracami nad prototypowymi systemami radarowymi. Jaki związek mogły mieć wczesne systemy radarowe z późniejszymi programami CAD? Chodziło m.in. o przecieranie szlaku i zdobywanie doświadczenia w dziedzinie graficznej interpretacji zjawisk matematycznych. Kropki na ekranach radarów, symbolizujące współrzędne wrogich jednostek, z czasem stały się węzłowymi punktami cadowskiej geometrii.

Z końcem wojny Laboratorium przystąpiło do prac nad systemem stabilizacji i kontroli lotu samolotów bojowych (ang. skrót: ASCA), a także nad rozwojem symulatora lotu, pozwalającego na emulowanie zachowań różnych typów ówczesnie stosowanych samolotów. Powstała konieczność opracowania własnego systemu komputerowego – mówiąc „systemu” mam tutaj na myśli zarówno fizyczną maszynę (komputer), jak i jego środowisko programowe. W tym samym czasie powstał ENIAC (na uniwersytecie w Pensylwanii), potężny komputer lampowy, o kubaturze równej średniej wielkości hali sportowej. Ale na MIT również opracowywano własną maszynę elektroniczną; projekt ten, powstający w związku z ASCA i wspomnianym symulatorem, nazwano Whirlwind*. Jak się okazało, komputer ten odegrał istotną rolę w rozwoju systemów CAD. Zaprojektowany i zbudowany w celu m.in. obsługi symulatora lotów, od samego początku miał możliwość wykonywania skomplikowanych operacji matematycznych w czasie rzeczywistym. I należało zapewnić systemowi możliwość przedstawiania ich wyników w możliwie krótkim czasie. W taki oto sposób powstał pierwszy komputerowy monitor, wtedy jeszcze w postaci prymitywnej z dzisiejszego punktu widzenia aparatury z kineskopem systemu CRT.

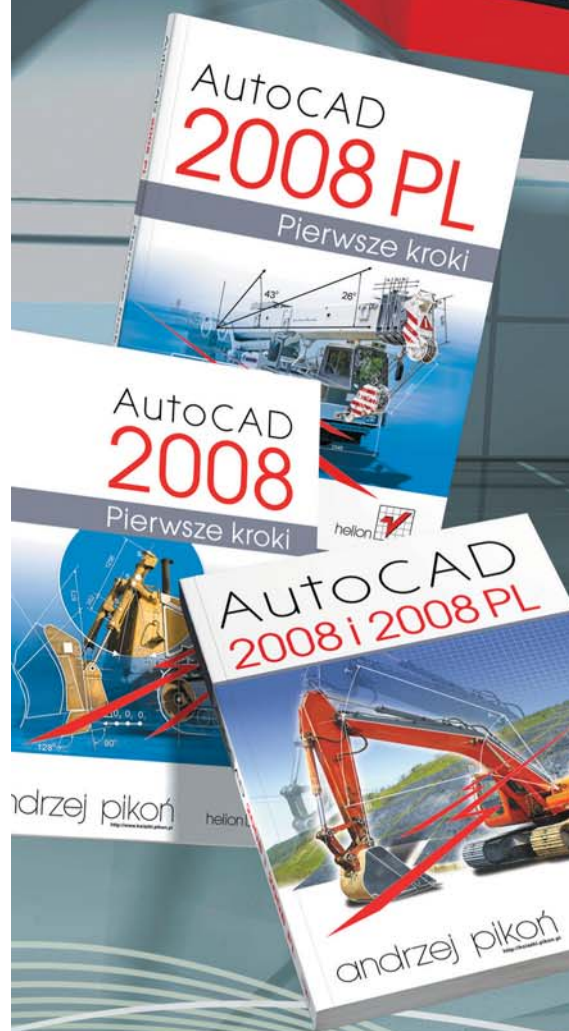
Przy okazji starano się rozwiązywać bieżące problemy, wynikające np. z częstych awarii wykorzystywanych w ówczesnych komputerach lamp próżniowych. W stosunkowo prosty sposób, wykorzystujący urządzenia do pomiaru i kontroli napięcia, udało się wdrożyć system kontroli, pozwalający na odpowiednio wczesne wykrycie tych lamp, które uległy już wyeksploatowaniu i w najbliższym czasie mogły ulec spaleni. Mimo prostoty rozwiązania, budowa komputera stała się bardziej skomplikowana, ale uzyskano dużo większą niezawodność i dłuższe okresy aktywności (pracy) komputera. Na marginesie warto chyba wspomnieć, iż Whirlwind wykorzystywał 12 500 lamp próżniowych!

Poważniejszy problem stanowiła kwestia pamięci. Przywołany tutaj wcześniej ENIAC dysponował wbudowaną pamięcią pozwalającą na przechowywanie zaledwie 20 słów (ciągów znaków)! Takie rozwiązanie w żadnym razie nie mogło sprostać wyzwaniom, jakie postawiono Whirlwindowi. Szybko udało się rozbudować jego pamięć tak, by można było adresować w niej do 256 słów, a wkrótce osiągnięto imponujący jak na owe czasy wskaźnik bliski 1024 słowom. W 1949 roku jeden z twórców Whirlwinda, Jay Forrester rozpoczął próby nad magnetycznymi nośnikami pamięci, ale dwa lata wcześniej, grupa naukowa pracująca nad komputerem w ramach Laboratorium Serwomechanizmów została przekształcona w Lab's Electronic Computer Division, a w 1951 roku stała się niezależnym Laboratorium Komputerowym MIT.

Whirlwind taktowany był zegarem o częstotliwości 1 lub 2 Mhz, co pozwalało mu na wykonywanie do 20 000 operacji na sekundę. Jego „język” pozwalał na wykorzystywanie 32 różnych poleceń, ale tylko 27 z nich było zaimplementowanych do systemu na stałe. Komputer ten wykorzystywany był na uczelni do końca lat 50.

Ten przytoczony tutaj i trochę zapewne przydługi opis pozwala uzmysłwić sobie, jak niewyobrażalne koszty wiązały się z budową i wykorzystywaniem systemów

Dobre projekty budują!



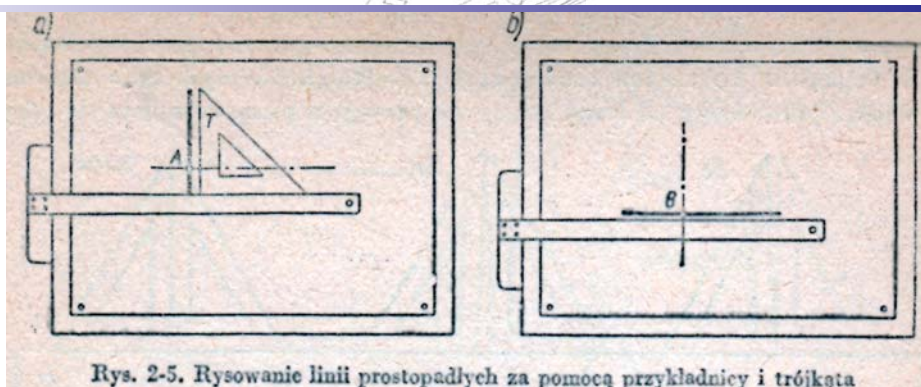
<http://ksiazki.pikon.pl>

Informatyka w najlepszym wydaniu

<http://helion.pl>

Helion





Ilustracja z podręcznika „Rysunek Techniczny dla szkół zawodowych i średnich”, wydany w 1966 roku. Jeszcze do niedawna radzono sobie właśnie w sposób przedstawiony obok...

komputerowych. Nic więc dziwnego, że na ich kupno i użytkowanie pozwolić mogły sobie jedynie nieliczne instytucje i przedsiębiorstwa. Bardziej dostępne dla szerokiego grona maszyny liczące, z początku również wykorzystujące układu lampowe (z czasem wyparte całkowicie przez tranzystory), pojawiły się i rozwijały w latach 50. Trafiły do grup inżynierów zatrudnionych w przemyśle głównie w sektorach zbrojeniowym, motoryzacyjnym i lotniczym.

Co rozumiem pod pojęciem „bardziej dostępne”? To, iż miesięczna rata leasingowa w przypadku np. stosunkowo „popularnego” Librascope LGP-30 (Librascope General Purpose), wolniejszego zresztą od dzisiejszych kalkulatorów kieszonkowych, lub maszyny IBM model 1620 z roku 1960, wynosiła ok. 3 000 USD, a dużych systemów (dla porównania), jak np. IBM 360 model

60... ok. 40 000 USD miesięcznie. I właśnie w nich, zaczęto – zupełnie niezależnie od siebie – opracowywanie systemów CAD we współczesnym rozumieniu znaczenia tego terminu.

W latach 50. nie istniał jeszcze komercyjny system graficzny, nie licząc może Control Data Digigraphics, którego sprzedano zresztą zaledwie kilka egzemplarzy. Coraz więcej przedsiębiorstw wytwarzających elektroniczne maszyny liczące i tworzących dla nich oprogramowanie, zaczęło dostrzegać konieczność opracowania takich systemów – gdyż tam właśnie dopatrywano się możliwości zwiększenia wydajności pracy inżynierów konstruktorów. Ale też sami użytkownicy ówczesnych maszyn rozpoczęli prace nad własnymi rozwiązaniami programowymi. Najczęściej były to systemy 2D, ale czyniono już pierwsze próby, stanowiące podwaliny

Sprzęt potrzebny do CAD*

„Pierwotnie do CAD stosowano wyłącznie duże systemy komputerowe (ang. Mainframe) oraz minikomputery. Obecnie do tego celu stosuje się także komputery osobiste, choć bardziej skomplikowane funkcje mogą być realizowane wyłącznie na dużych maszynach. Systemy CAD wymagają komputera o dużej mocy obliczeniowej oraz dobrej grafice, rozdzielczości nawet 1024 x 1024 punkty i lepszej. Konieczne jest także skomplikowane oprogramowanie (programy CAD pisane są najczęściej w językach C, Forth, Pascal lub Fortran).

Wśród komputerów osobistych stosowanych do CAD przodkuje IBM PC (a szczególnie model AT), który powinien być wyposażony w co najmniej 512 KB pamięci, koprocessor arytmetyczny, pakiet grafiki o podwyższonej rozdzielczości (np. EGA lub VGA) oraz dysk stały. Do CAD nadają się także komputery z procesorem MC 68000 (autor niniejszego opracowania z pierwszym w życiu systemem CAD zetknął się właśnie na wyposażonym w tego typu procesor komputerze ATARI serii ST – przyp. redakcji). Istnieją również systemy CAD przeznaczone dla mniejszych komputerów, np. AutoCAD dla komputerów pracujących pod kontrolą CP/M oraz VersaCAD dla Apple II, jednak ich możliwości są bardzo ograniczone.

Urządzeniami wyjściowymi są monitory tv, drukarki o możliwościach graficznych, urządzenia zapisujące obraz na taśmie filmowej (ang. microfilm recorder), a przede wszystkim plotery, które wykreślają rysunki dużych formatów o rozdzielczości dziesiątych części milimetra.

Stosuje się także wiele urządzeń wejściowych, które są pomocne przy tworzeniu rysunku. Najpopularniejsze to pióra świetlne (ostatnio wychodzą z użycia), myszki, manipulatory o trzech stopniach swobody oraz tabliczki graficzne (ang. digitizer) i urządzenia przetwarzające na ciąg cyfr obraz zarejestrowany kamerą telewizyjną. (...)”

D. Madej, K. Marasek, K. Kuryłowicz. *Komputery Osobiste*, s. 260-262. Wkił, Warszawa 1987.

* wyjątek z książki wydanej w Polsce w II połowie lat 80.

Inżynieria odwrotna w Twojej branży

Sztuka

Archeologia

Przemysł Maszynowy

Edukacja

Przemysł Obronny

Medycyna

Stomatologia

Lotnictwo

Rynek Konsumenta

Skanowanie
obiektów rzeczywistych
Skanery 3D

Przemysł Wytwórczy

Przemysł Samochodowy

Budownictwo

Elektronika

Przemysł Obuwniczy

Energetyka

Przemysł Filmowy



EScan

- bezdotkowy, uniwersalny skaner
- dokładność: ± 150 mikronów
- skanowanie obiektów średnich rozmiarów
- szybkość skanowania: 10.000 punktów na sek.
- eksport pliku wyjściowego do STL / OBJ
- czas przebiegu jednego skanowania ok. 7 sekund



Optix 400 S

- bezdotkowy, bardzo precyzyjny skaner
- dokładność: ± 15 mikronów
- skanowanie obiektów niewielkich rozmiarów
- szybkość skanowania: 10.000 punktów na sek.
- eksport pliku wyjściowego do STL / OBJ
- czas przebiegu jednego skanowania ok. 7 sekund



Optix 400 M

- bezdotkowy, precyzyjny skaner
- dokładność: ± 35 mikronów
- skanowanie obiektów średnich rozmiarów
- szybkość skanowania: 10.000 punktów na sek.
- eksport pliku wyjściowego do STL / OBJ
- czas przebiegu jednego skanowania ok. 7 sekund



Optix 400 L

- bezdotkowy, precyzyjny skaner
- dokładność: ± 20 mikronów
- skanowanie obiektów większych rozmiarów
- szybkość skanowania: 10.000 punktów na sek.
- eksport pliku wyjściowego do STL / OBJ
- czas przebiegu jednego skanowania ok. 7 sekund

Autoryzowany dystrybutor

na Polskę i Europę

ul. Przybyły 2, 43-300 Bielsko-Biała

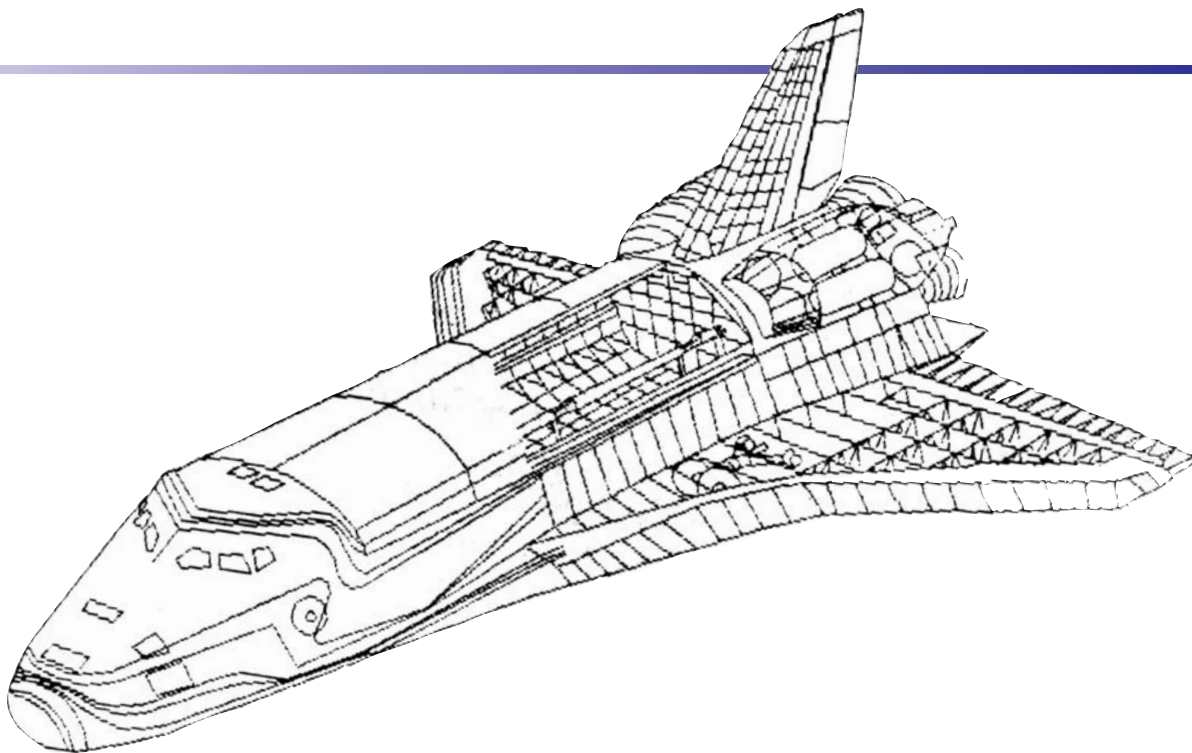
Tel. 33/499 59 17

www.evatronix.eu



evatronix

sztuka komputerowego tworzenia



źródło: D. Madej, K. Marasek, K. Kurylowicz. *Komputery Osobiste*, s. 260-262. Wkił, Warszawa 1987.

Przykładowy wydruk z programu AutoCAD

dla dzisiejszych programów klasy 3D. Dla przykładu, inżynierowie Renault (i Citroena) skoncentrowali się na sposobach matematycznego definiowania powierzchni (krzywe „Beziera” nazwane tak zostały od imienia ich twórcy, pracującego właśnie dla Renault; jak widać korzenie CATII sięgają bardzo daleko, ale też stąd system ten postrzegany jest jako jeden z lepiej radzących sobie z zagadnieniami modelowania powierzchniowego), podobnie jak Forda, którego PDGS CAD używane bywa okazjonalnie do dzisiaj (wg D. E. Weisberga), a zespoły pracujące dla Lockheed’a (oddział California) – na szybkości wykonywania rysunków, co w rezultacie zaowocowało powstaniem systemu CADAM. W połowie lat 60. w laboratoriach rozwoju General Motors opracowano i wdrożono system DAC (Design Automated by Computer); warto jeszcze wspomnieć rozwijany przez McDonnell-Douglas program CADD z 1966 roku.

Etapy ewolucji systemów CAD:

1. Tworzenie elektronicznej dokumentacji płaskiej
2. Parametryzacja i tworzenie dokumentacji 3D
3. Zarządzanie większą ilością danych
4. Swobodna wymiana informacji z innymi systemami
5. Systemy PLM

Era profesjonalnych producentów ukierunkowanych na rozwój, sprzedaż i dystrybucję komercyjnych systemów CAD 2D, zaczęła się w 1969 roku i wiązała się z przedsiębiorstwami Applicon i Computervision^{***}, które w ciągu kilku lat połączyły się z Auto-trol Technology, Calma i M&S Computing (Intergraph). Z tego połączenia narodziła się United Computing, oferująca różne rozwiązania CAD, często oferowane pod ich oryginalnymi nazwami (Auto-trol), albo pod nowymi, zmienionymi... United Computing też zresztą zmienił swoją nazwę – na UGS... Niedawne przejęcie tej firmy przez koncern Siemens sprawiło, że nazwa UGS przechodzi do historii.

Komputerowe systemy wspomaganie prac inżynierskich i projektowania zaczęły masowo opuszczać laboratoria i znajdować coraz więcej odbiorców. Rozpoczęła się kariera CAD, który przez szereg kolejnych lat rozwijać się będzie jako system 2D, ale o tym w kolejnej części...



^{*} Chodzi tu o „Handbook of Mathematical Tables and Formulas” Richarda S. Burningtona; jedno z ostatnich jej wydań ukazało się w 1950 roku

^{**} Whirlwind – z angielskiego: trąba powietrzna

^{***} Nawiasem mówiąc, Computervision swoją pierwszą licencję CAD sprzedawała w 1969 roku firmie Xerox...

PRENUMERATA na 2009 rok

Od przyszłego, 2009 roku nasz magazyn
Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie
będzie dostępny w wersji papierowej

DLA KAŻDEGO ZAINTERESOWANEGO
w formie odpłatnej prenumeraty.

Koszt prenumeraty półrocznej (5 wydań) to 87,50 zł
Koszt prenumeraty rocznej (10 wydań) to 175 zł

Możliwe będzie również zamówienie prenumeraty wersji elektronicznej naszego magazynu.

Koszt prenumeraty półrocznej wersji elektronicznej (5 wydań) to 61,25 zł

Koszt prenumeraty rocznej wersji elektronicznej (10 wydań) to 122,50 zł

Blankiet przekazu i szczegóły dotyczące składania zgłoszeń znajdą Państwo na odwrocie strony.

UWAGA!

Konkurs dla prenumeratorów!

Wśród wszystkich, którzy złożą zlecenia na PRENUMERATĘ ROCZNĄ
jeszcze w tym roku i w kilku słowach odpowiadzą na pytanie:

„Jaka tematyka w 2009 roku byłaby dla Państwa
najbardziej interesująca?”

rozlosujemy

ATRAKCYJNE NAGRODY:

tablety graficzne WACOM

kartę graficzną PNY NVIDIA Quadro FX

oraz manipulatory firmy 3Dconnexion

Odpowiedzi wraz z danymi adresowymi prosimy przysłać
na adres mailowy: prenumerata@iter.com.pl lub na kartach pocztowych
na adres wydawcy: ITER, ul. Kaspijska 1/35, 02-760 Warszawa.
Wyniki konkursu opublikujemy w pierwszym (styczeń-luty)
przyszłorocznym wydaniu naszego magazynu.



PRENUMERATA na 2009

Od przyszłego, 2009 roku miesięcznik „Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie” będzie dostępny w wersji papierowej
DLA KAŻDEGO ZAINTERESOWANEGO w formie odpłatnej prenumeraty.

- Koszt prenumeraty półrocznej (5 wydań) to 87,50 zł
- Koszt prenumeraty rocznej (10 wydań) to 175 zł
- Koszt prenumeraty półrocznej wersji elektronicznej (5 wydań) to 61,25 zł
- Koszt prenumeraty rocznej wersji elektronicznej (10 wydań) to 122,50 zł

Wpłaty prosimy dokonywać na konto wydawcy:
ITER, ul. Kaspijska 1/35, 02-760 Warszawa
BRE Bank SA
nr konta: 10 1140 2017 0000 4102 0885 4194



DOWÓD / POKWITOWANIE DLA ZLECENIODAWCY

nr rachunku odbiorcy	
10 1140 2017 0000 4102 0885 4194	
nr rachunku odbiorcy c.d.	
odbiorca:	
ITER	
ul. Kaspijska 1/35	
02-760 Warszawa	
kwota:	
** 175,00 zł,- **	
zleceniodawca:	
Tytułem: roczna prenumerata	
wydań papierowych w 2009 r.	
„Projektowania i Konstrukcji	
Inżynierskich”	



opłata

Polecenie przelewu / wpłaty gotówki

nazwa odbiorcy	
ITER	
nazwa odbiorcy c.d.	
ul. Kaspijska 1/35, 02-760 Warszawa	
I.k.	nr rachunku odbiorcy
	10 1140 2017 0000 4102 0885 4194
kwota słownie	W X PLN ** 1 7 5 , 0 0 zł,- **
nr rachunku zleceniodawcy (przelew) / gotówka	
sto siedemdziesiąt pięć złotych	
nazwa zleceniodawcy	
nazwa zleceniodawcy c.d.	
tytułem	
Roczna prenumerata wydań papierowych w 2009 r. (10 wydań)	
„Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”	
data, pieczęć, podpis (y) zleceniodawcy	
Opłata	
Podpis	
Stempel dzienny	
06	

odcinek dla banku / poczty

DOWÓD / POKWITOWANIE DLA ZLECENIODAWCY

nr rachunku odbiorcy	
10 1140 2017 0000 4102 0885 4194	
nr rachunku odbiorcy c.d.	
odbiorca:	
ITER	
ul. Kaspijska 1/35	
02-760 Warszawa	
kwota:	
** 87,50 zł,- **	
zleceniodawca:	
Tytułem: półroczna prenumerata	
wydań papierowych w 2009 r.	
„Projektowania i Konstrukcji	
Inżynierskich”	

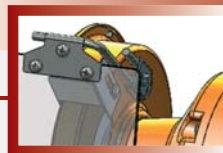


opłata

Polecenie przelewu / wpłaty gotówki

nazwa odbiorcy	
ITER,	
nazwa odbiorcy c.d.	
ul. Kaspijska 1/35, 02-760 Warszawa	
I.k.	nr rachunku odbiorcy
	10 1140 2017 0000 4102 0885 4194
kwota słownie	W X PLN ** 8 7 , 5 0 zł,- **
nr rachunku zleceniodawcy (przelew) / gotówka	
osiemdziesiąt siedem złotych pięćdziesiąt groszy	
nazwa zleceniodawcy	
nazwa zleceniodawcy c.d.	
tytułem	
Półroczna prenumerata wydań papierowych w 2009 r. (5 wydań)	
„Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”	
data, pieczęć, podpis (y) zleceniodawcy	
Opłata	
Podpis	
Stempel dzienny	
06	

odcinek dla banku / poczty



Definicja powierzchni wymagających zastosowania krzywej typu Spine

na przykładzie środowiska CATIA

Proste powierzchnie parametryczne omówione w poprzednim numerze „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich” miały jedną wspólną cechę: krzywe przekrojów – przynajmniej w jednym z kierunków głównych powierzchni – były identyczne.

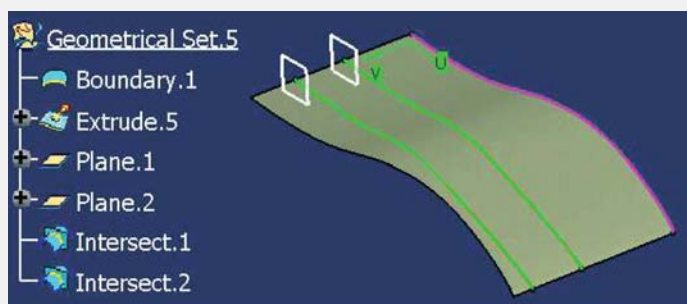
AUTOR: Andrzej Wętyczko

Na przykład krzywe przekrojów powierzchni *Extrude.5* i *Revolute.3*, w kierunku prostopadłym do V, czyli *Intersect.1* i *Intersect.2* (rysunki 3-15 i 3-16) są identyczne.

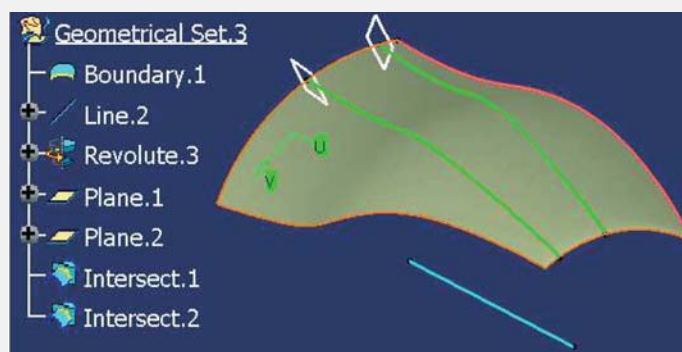
Takie ograniczenie swobody konstrukcyjnej uniemożliwia definicję powierzchni o zmiennych przekrojach za pomocą poleceń z grupy *Extrude-Revolution*. Dlatego w przypadkach bardziej skomplikowanych trzeba stosować powierzchnie swobodne (dostępne w środowisku *FreeStyle*) lub takie, których definicja jest oparta na koncepcji krzywej *Spine* (dostępne w środowisku *Generative Shape Design*). Dwa podstawowe rodzaje powierzchni mogą być zdefiniowane tą metodą:

1. Znane są przynajmniej dwa przekroje powierzchni – generowana jest powierzchnia typu *Loft*. Dla przykładu, jeśli zadane są dwa przekroje (*Section1* i *Section2*) oraz krzywa *Spine* (rysunek 3-17), to system wykonuje następującą procedurę konstrukcyjną:

- Dla płaszczyzny *Start Plane* wyznaczonej przez płaską krzywą *Section1* system znajduje punkt przecięcia (*Start Point*) tej płaszczyzny z krzywą *Spine*;
- Dla płaszczyzny *End Plane* wyznaczonej przez płaską krzywą *Section2* system znajduje punkt przecięcia (*End Point*) tej płaszczyzny z krzywą *Spine*;
- Krzywe prowadzące G1 i G2, które łączą odpowiednio punkty skrajne przekrojów *Section1* i *Section2*, są definiowane bez udziału konstruktora;
- Dla każdego punktu *S-Point* krzywej *Spine*, znajdującego się pomiędzy punktami *Start Point* i *End Point*, system znajduje płaszczyznę



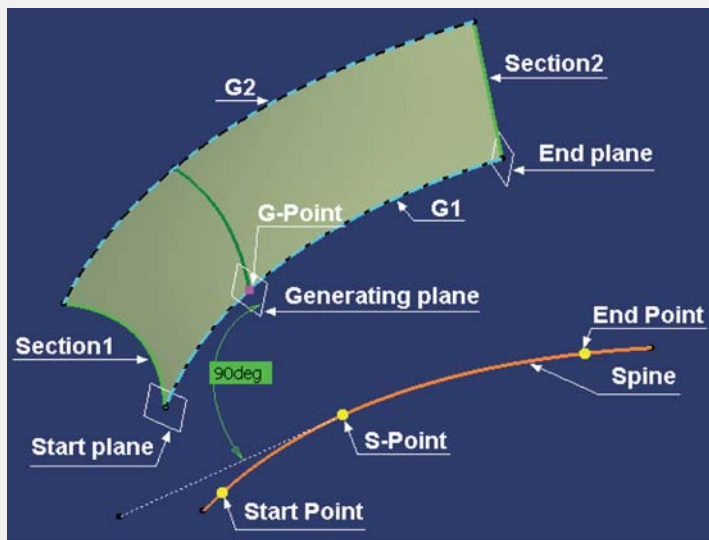
Rys. 3-15. Dwa identyczne przekroje powierzchni wyciąganej *Extrude.5*



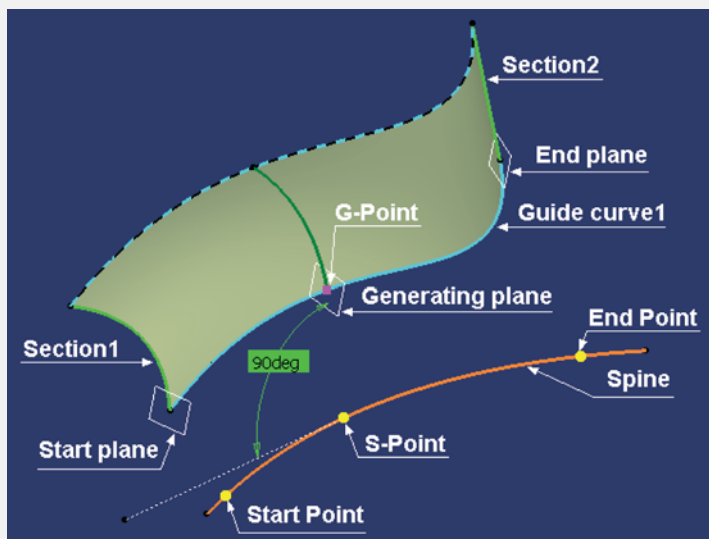
Rys. 3-16. Dwa identyczne przekroje powierzchni obrotowej *Revolute.3*

Generating Plane prostopadłą do *Spine* w punkcie *S-Point*;

- Punkt charakterystyczny *G-Point* jest wynikiem przecięcia płaszczyzny *Generating Plane* z krzywą G1;
- Na płaszczyźnie *Generating Plane* definiowana jest krzywa *G-Section*. Punkt początkowy tej krzywej to *G-Point*, a jej kształt gwarantuje płynne przejście z *Section1* do *Section2*;
- Powierzchnia ma ciągłość G2.



Rys. 3-17. Definicja powierzchni typu Loft rozpiętej na dwóch przekrojach (Section1 i Section2)



Rys. 3-18. Definicja powierzchni typu Loft rozpiętej na dwóch przekrojach (Section1 i Section2) i jednej krzywej prowadzącej (Guide curve1)

Jeśli z wymagań konstrukcyjnych wynika konieczność wskazania więcej niż dwóch przekrojów lub jednej, dwóch, kilku krzywych prowadzących, to system próbuje znaleźć powierzchnię respektującą wskazane przekroje, krzywą *Spine* oraz krzywe prowadzące (rysunek 3-18).

2. Znany jest jeden przekrój, który ma być przeciągnięty wzdłuż jednej lub kilku krzywych prowadzących – generowana jest powierzchnia typu *Sweep*. Na przykład jeśli zadane są krzywe *Spine* i *Guide curve* (rysunek 3-19), to system wykonuje następującą procedurę konstrukcyjną:

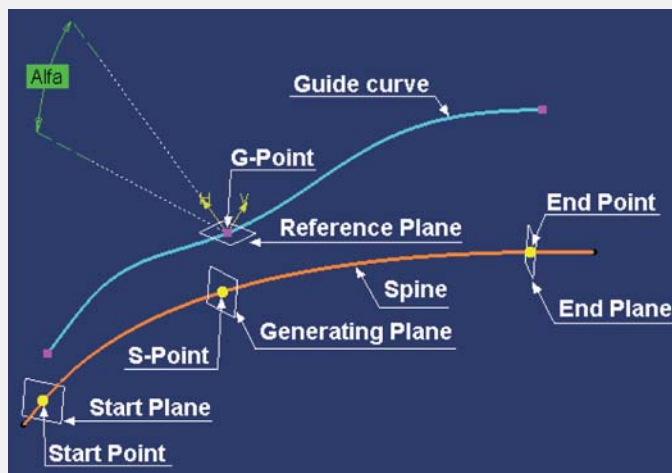
- Dla płaszczyzny *Start Plane* prostopadłej do krzywej *Spine* i zawierającej punkt początkowy krzywej *Guide curve* system znajduje punkt przecięcia (*Start Point*) tej płaszczyzny z krzywą *Spine*;
- Dla płaszczyzny *End Plane* prostopadłej do krzywej *Spine* i zawierającej punkt końcowy krzywej *Guide curve* system znajduje punkt

przecięcia (*End Point*) tej płaszczyzny z krzywą *Spine*;

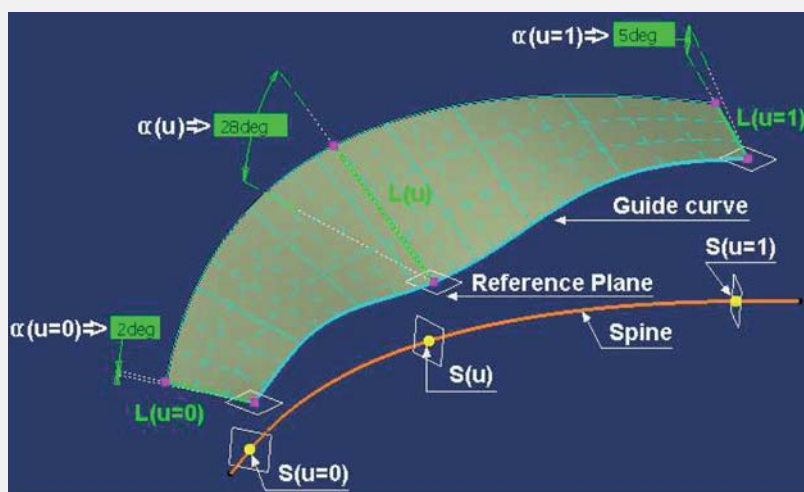
- Dla każdego punktu *S-Point* krzywej *Spine*, znajdującego się pomiędzy punktami *Start Point* i *End Point*, system znajduje płaszczyznę *Generating Plane* prostopadłą do *Spine* w punkcie *S-Point*;
- Punkt charakterystyczny *G-Point* jest wynikiem przecięcia płaszczyzny *Generating Plane* z krzywą *Guide curve*. Dla każdego punktu *G-Point* na płaszczyźnie *Generating Plane* generowany jest przekrój tworzonej powierzchni. Krzywa przekroju może być:
 - Jedną z krzywych charakterystycznych, czyli odcinkiem linii prostej (rysunek 3-20), łukiem okręgu (rysunek 3-21) lub dowolną krzywą stopnia $d^{\circ}=2$ (parabola, hiperbola lub elipsa);
 - Dowolną, zdefiniowaną przez konstruktora krzywą otwartą lub zamkniętą (rysunek 3-24).
- Położenie przekroju definiowanej powierzchni na płaszczyźnie *Generating Plane* określa



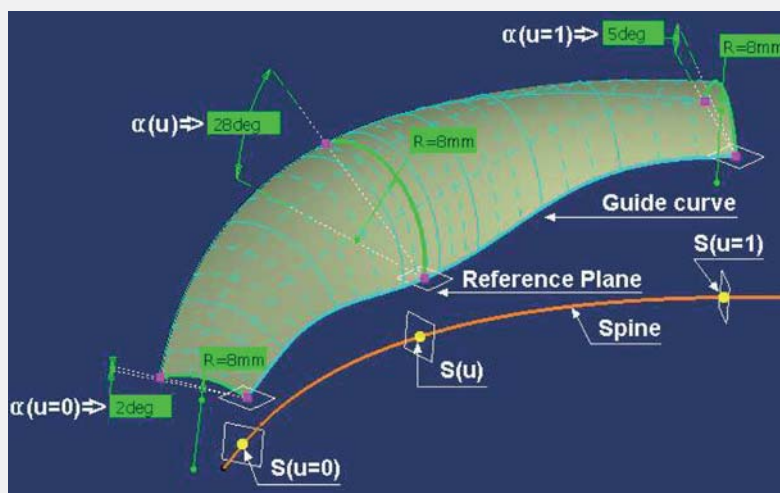
Rys. 3-19. Konstrukcja punktu charakterystycznego (G-Point) powierzchni typu Sweep oraz ustalenie orientacji przekroju tej powierzchni (kąt Alfa)



Rys. 3-20. Przykład powierzchni typu Sweep – przekrój=linia; długość i położenie kątowe przekroju określone dowolnymi prawami zmienności ($L(u)$ i $\alpha(u)$)



Rys. 3-21. Przykład powierzchni typu Sweep – przekrój=luk okręgu; odległość punktów końcowych i położenie kątowe przekroju określone dowolnymi prawami zmienności ($L(u)$ i $\alpha(u)$)



punkt $GPoint$, a jego orientację ustala kąt Alfa, który jest mierzony pomiędzy płaszczyzną ($Reference\ Plane$) lub powierzchnią bazową ($Reference\ Surface$), a osią H lokalnego układu współrzędnych przekroju albo druga krzywa prowadząca ($Guide\ curve2$ na rysunkach 3-22 i 3-23). Położenie kątowe przeciąganego przekroju może być określone przez stałą wartość

kąta Alfa = const lub dowolne prawo zmienności
Alfa = $\alpha(u)$;

f) Wielkość przekroju przeciąganego może być stała lub zmienna, na przykład określona położeniem dwóch punktów na osi H przekroju. Odległość L tych punktów może być (podobnie jak dla kąta Alfa) opisana przez stałą wartość $L = const$ lub



Programy

Warsztat

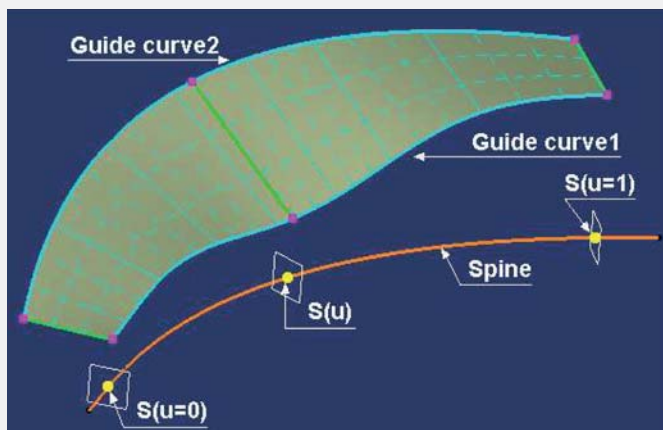
dowolne prawo zmienności $L = L(u)$ albo drugą krzywą prowadzącą (Guide curve2);
g) Powierzchnia ma ciągłość G2.

Rezultat definicji takiej powierzchni zależy oczywiście od kształtu i jakości krzywej wskazanej jako *Spine*. Powierzchnie typu *Loft* i *Sweep* są w śródo-

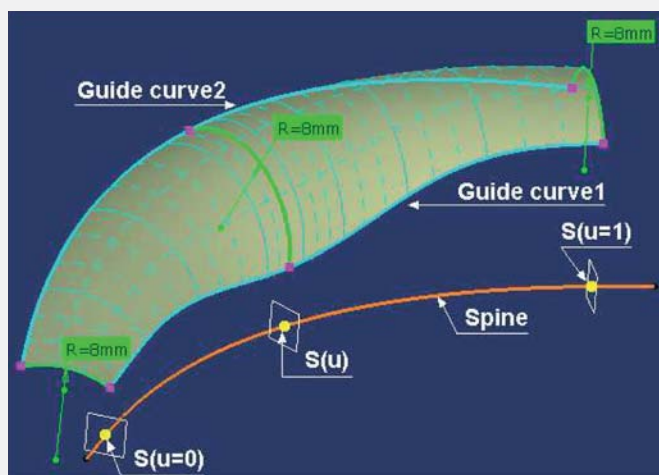
wisku GSD realizowane odpowiednio za pomocą poleceń *Multi-section Surface* i *Sweep* lub *Adaptive Sweep*.



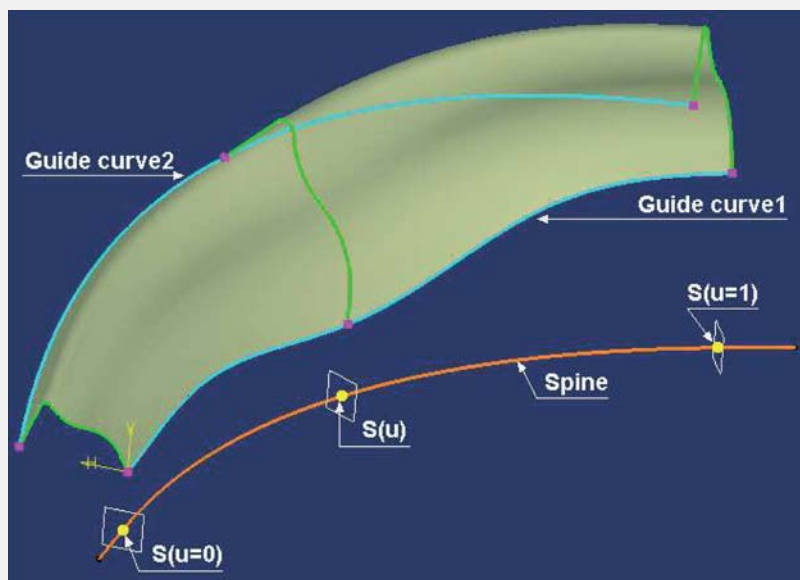
Niniejszy artykuł to roboczy fragment książki dotyczącej modelowania powierzchniowego, która ukaże się w 2009 roku.



Rys. 3-22. Przykład powierzchni typu Sweep – przekrój=linia; długość i położenie kątowe przekroju określone dwoma krzywymi prowadzącymi



Rys. 3-23. Przykład powierzchni typu Sweep – przekrój=luk okręgu; odległość punktów skrajnych i położenie kątowe przekroju określone dwoma krzywymi prowadzącymi



Rys. 3-24. Przykład powierzchni typu Sweep – przekrój dowolny; długość i położenie kątowe przekroju określone dwoma krzywymi prowadzącymi



MES w praktyce 3D cz. I

Komputerowo wspomagane obliczenia inżynierskie w systemach 3D na przykładzie korpusu przekładni zębatej

W niniejszym opracowaniu postanowiłem przedstawić możliwości wykorzystania dodatkowych modułów obliczeń inżynierskich, zawartych w systemach modelowania 3D, a przeznaczonych do prowadzenia wstępnych obliczeń elementów maszyn.

AUTOR: Zdzisław Wach

Zastosowanie systemów modelowania 3D wyposażonych w dodatkowe narzędzia wspomagające obliczenia inżynierskie i uproszczone systemy obliczeniowe MES (metoda elementów skończonych), umożliwia prawidłowe zaprojektowanie konstrukcji i ułatwia jej ewentualne modyfikacje w celu uzyskania optymalnej konstrukcji – już na wczesnym etapie projektowania.

Jak wiadomo, działanie maszyn i ich użyteczna praca są możliwe dzięki doprowadzonej z zewnątrz energii. Może mieć ona różną postać, ale w maszynie najczęściej potrzebna jest ona w postaci energii mechanicznej ruchu obrotowego. Zmiany energii innej niż mechaniczna na mechaniczną dokonuje się w różnego rodzaju silnikach. Energia ta odbierana jest z wału silnika obracającego się z prędkością ω i przekazującego moment obrotowy M . Te dwa parametry określają charakterystykę energetyczno-ruchową silnika.

Układ roboczy maszyny posiada własną charakterystykę energetyczno-ruchową, często odmienną od charakterystyki silnika napędowego. Niezbędne jest wtedy przetworzenie parametrów silnika na parametry układu roboczego. Realizowane jest to za pomocą układów transmisji energii, w których główną rolę odgrywają przekładnie mechaniczne.

Wśród przekładni mechanicznych najliczniejszą grupę stanowią różnego rodzaju przekładnie zębate (fot. 1). Choć są zwykle droższe od innych typów przekładni, mogą być stosowane do największych mocy i prędkości obrotowych, oferując jednocześnie najmniejsze wymiary gabarytowe.

Ważną rolę w konstrukcji przekładni zębatych pełni ich korpus (fot. 2). Jego zadaniem jest związanie przestrzenne elementów przekładni dla zapewnienia właściwej jej pracy, smarowania i łożyskowania, oraz przenoszenia obciążeń wynikających z pracy zazębienia. Z tych powodów korpus powinien być odpowiednio wytrzymały i sztywny. Korpusy są wykonywane jako spawane lub odlewane (ten drugi rodzaj jest najczęściej stosowany w produkcji masowej).

Korpus jest najczęściej najcięższym elementem przekładni i projektując go należy szczególnie mieć na uwadze problem minimalizacji jego ciężaru, przy zapewnieniu wymaganej wytrzymałości i sztywności konstrukcji – choćby przez



Fot. 1. Przekładnie zębate

zastosowanie dodatkowego uzębrowania zwiększającego jego sztywność.

Model 3D

Decydującym etapem podczas budowania modelu obliczeniowego jest wykonanie modelu geometrycznego analizowanej konstrukcji, na podstawie którego następnie jest tworzony model dyskretny. Taki model może różnić się od modelu trójwymiarowego budowanego na potrzeby wykonania dokumentacji technicznej. Jest to związane z właściwościami modelu dyskretnego. Poniżej zaprezentowano przykład konstrukcji, dla której wykonano model geometryczny oraz dyskretny na potrzeby analizy wytrzymałościowej.

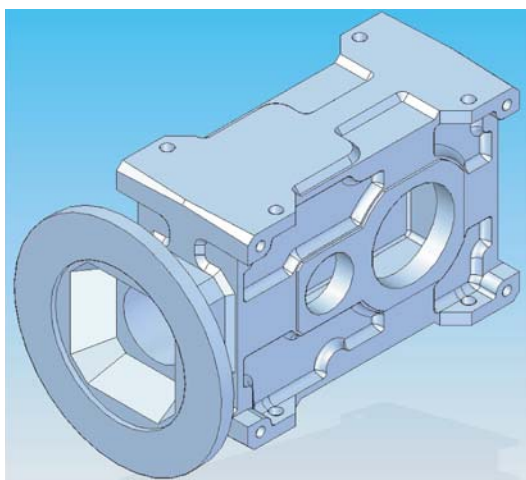
Fot. 2. Korpus przekładni



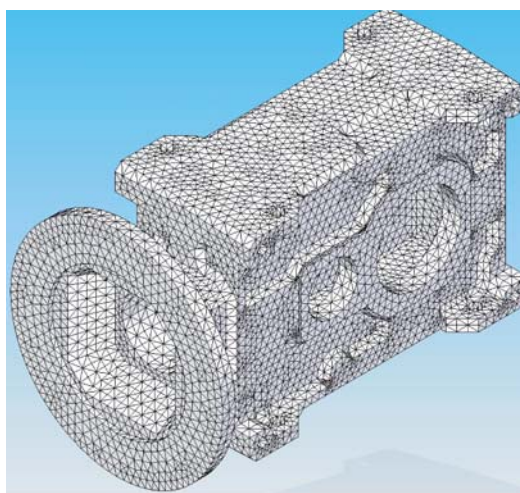


MES

Symulacje, analizy



Rys. 1. Model geometryczny korpusu przekładni



Rys. 2. Model dyskretny korpusu przekładni

Na podstawie dokumentacji technicznej przekładni, zbudowano model geometryczny jej korpusu (fot. 2 i rys. 1). W modelu geometrycznym wprowadzono uproszczenia polegające na usunięciu nieistotnych z punktu widzenia analizy MES małych zaokrągleń i otworów oraz pochyłych odlewniczych.

Model bryłowy korpusu przekładni wykonano w systemie modelowania 3D SolidEdge w wersji 2.0. System ten wyposażony

	Stopień I (stożkowy)	Stopień II (walcowy)
Siła styczna	653 N	5169 N
Siła Promieniowa	236 N	1902 N
Siła Normalna	594 N	5598 N
Siła osiowa	24 N	1005 N

Tabela. 1. Określenie sił działających w zazębieniu stożkowym i walcowym

jest w moduł analizy MES – Femap Express, w którym jako solver wykorzystywany jest NX Nastran. Model geometryczny zostaje przeniesiony za pomocą jednego polecenia do systemu MES, w którym wygenerowany zostaje model dyskretny korpusu z wykorzystaniem elementów skończonych typu Tetra10 (rys. 2). Liczba elementów skończonych wyniosła 121 770.

Model obliczeniowy

Model obliczeniowy korpusu stanowi połączenie modelu dyskretnego z warunkami brzegowymi, czyli obciążeniami i utwardzeniami. Analizowana przekładnia jest reduktorem dwustopniowym walcowym i walcowo stożkowym o następujących danych technicznych:

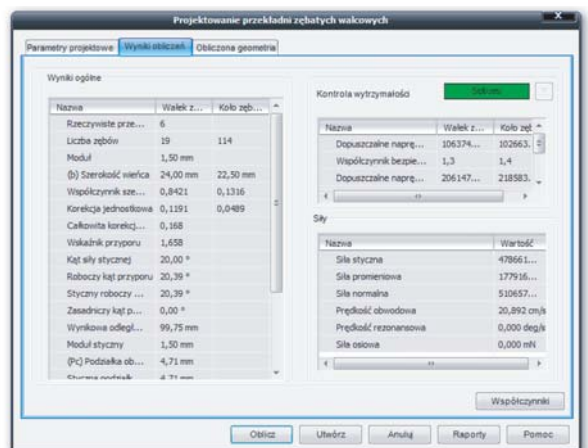
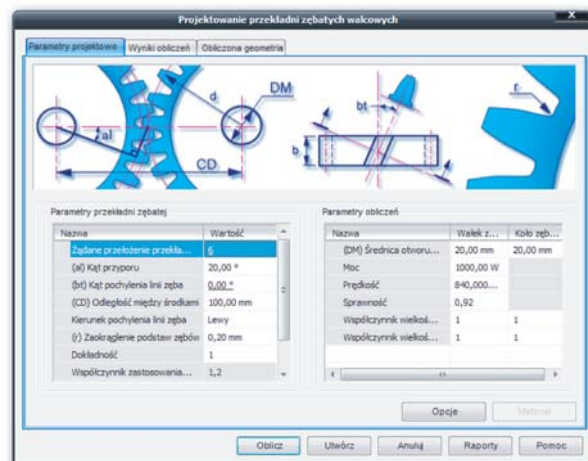
Moc $P = 1,1$ kW

Obroty wejściowe $n = 1400$ min⁻¹

Przełożenie całkowite $i = 63$

Na podstawie tych danych oraz parametrów poszczególnych stopni przekładni podanych przez producenta, należało

Rys. 3. Określenie sił działających w zazębieniu stożkowym



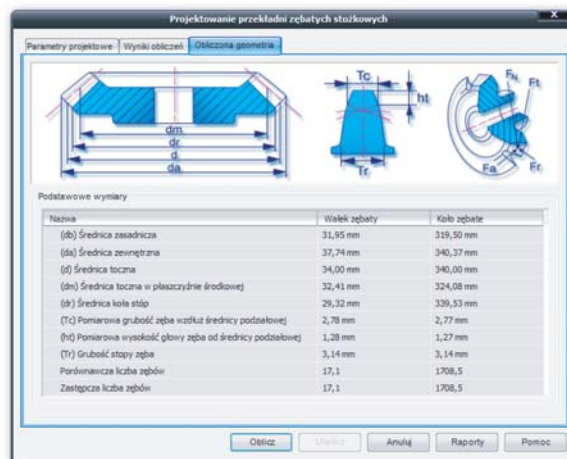
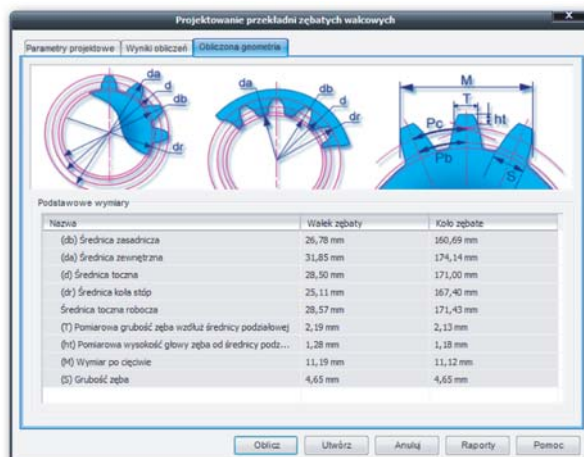
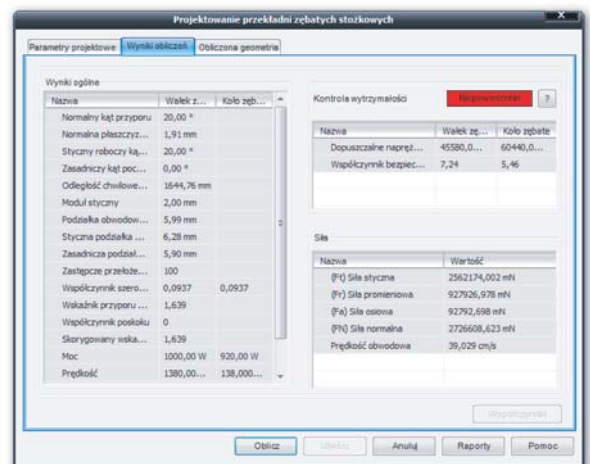
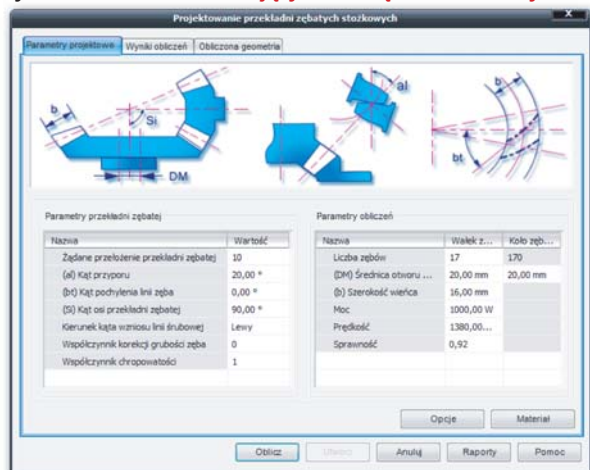


określić siły występujące w ząbieniu na pierwszym i drugim stopniu przekładni. Siły te określono wykorzystując zawarty w systemie SolidEdge tzw. „Podręcznik inżynierski”. Umożliwia on przeprowadzanie obliczeń inżynierskich dla podstawowych elementów konstrukcji maszyn, takich jak: wały, krzywki, przekładnie zębate walcowe i stożkowe, przekładnie ślimakowe, mechanizmy zębatkowe, koła łańcuchowe i pasowe, sprężyny oraz belki i kolumny. W analizowanym przypadku wykorzystano moduły obliczeń przekładni zębatych walcowych i stożkowych oraz wałów.

Dane dotyczące poszczególnych stopni wprowadzono do odpowiednich modułów, otrzymując wartości sił działających w ząbieniu na stopniu o ząbieniu walcowym (rys. 3a i b) oraz na stopniu stożkowym (rys. 4a i b, oraz Tabela 1.).

Obliczenia w tych modułach pozwalają uzyskać nie tylko informacje o siłach w ząbieniu, ale i określić parametry geometryczne poszczególnych stopni (rys. 5) oraz sprawdzić właściwy dobór materiału na koła zębate pod względem wytrzymałościowym.

Rys. 4. Określenie sił działających w ząbieniu walcowym

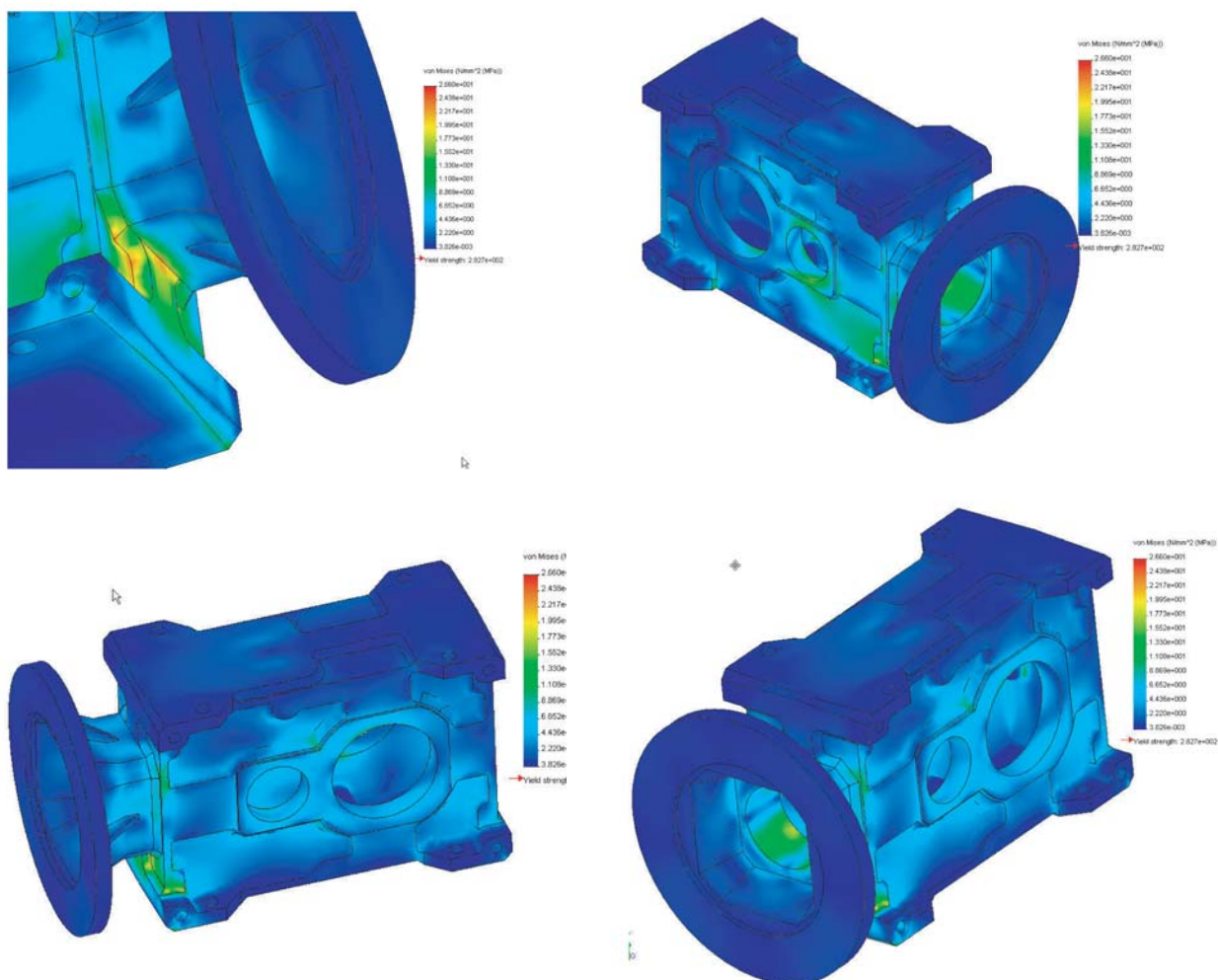


Rys. 5. Przykład obliczenia parametrów geometrycznych przekładni

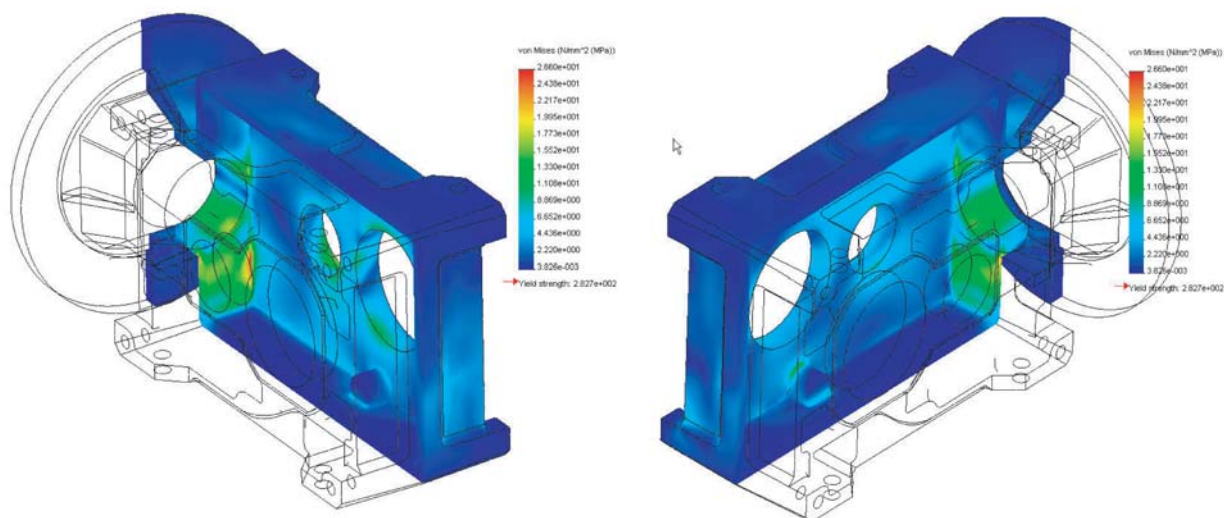
Obciążenia te sprowadzono następnie do sił i momentów działających na wałki poszczególnych stopni przekładni, wykorzystując moduł obliczeń wałów. Po wprowadzeniu odpowiednich danych uzyskano wartości reakcji podporowych, które wprowadzono do modelu dyskretnego. Masę silnika uwzględniono wprowadzając do modelu dyskretnego element masowy o masie silnika elektrycznego, umiejscowiony w środku jego ciężkości. Po wprowadzeniu do modelu odpowiednich utwierdzeń, odpowiadających mocowaniu korpusu, otrzymano kompletny model MES do przeprowadzenia obliczeń wytrzymałościowych.

Obliczenia wytrzymałościowe MES

Obliczenia wytrzymałościowe przeprowadzono wspomnianym modulem FemapExpress. Jest to uproszczona wersja systemu Femap 9.3, wykorzystująca jako solver uproszczoną wersję systemu NXNastran 5. Umożliwia on przeprowadzenie



Rys. 6. Naprężenia zredukowane wg hipotezy Hubera-Missesa w korpusie przekładni



Rys. 7. Naprężenia zredukowane wg hipotezy Hubera-Missesa w korpusie przekładni.
Widok części wewnętrznej prawej i lewej



obliczeń wytrzymałościowych w zakresie liniowym i obliczeń częstości drgań własnych analizowanego obiektu.

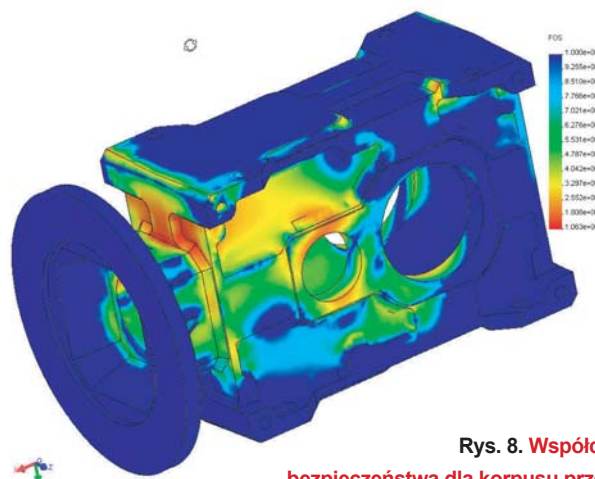
Wyniki obliczeń w postaci warstwicy naprężeń (zredukowanych wg hipotezy Hubera-Misses), przemieszczeń zredukowanych oraz współczynnika bezpieczeństwa, przedstawione zostały w postaci graficznej na rysunkach 6-10. Materiałem, z którego wykonano korpus, jest żeliwo. Przyjęto wytrzymałość obliczeniową żeliwa 287 MPa.

Przeprowadzono również analizę modalną dla wyznaczenia częstości drgań własnych korpusu. Wartości pierwszych pięciu obliczonych częstości drgań własnych zestawiono w tabeli 2.

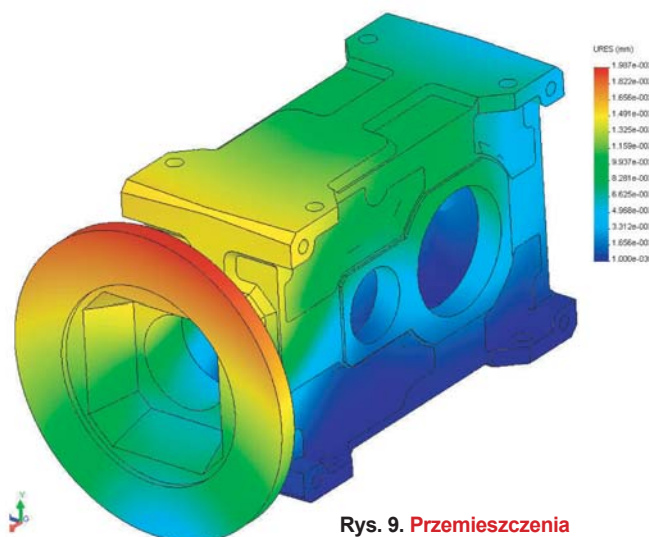
Powyższe wyniki pozwalają stwierdzić, że konstrukcja korpusu przekładni jest zaprojektowana prawidłowo, jej wyężenie jest niewielkie. Jest konstrukcją sztywną, przemieszczenia maksymalne wyniosły tylko 0,02 mm. Naprężenia osiągają niskie wartości – maksimum wynosi 26,6 Mpa, a minimalny współczynnik bezpieczeństwa wynosi 10 (patrz rys. 6-10).

Czy warto implementować do systemów CAD uproszczone rozwiązania z obszaru CAE?

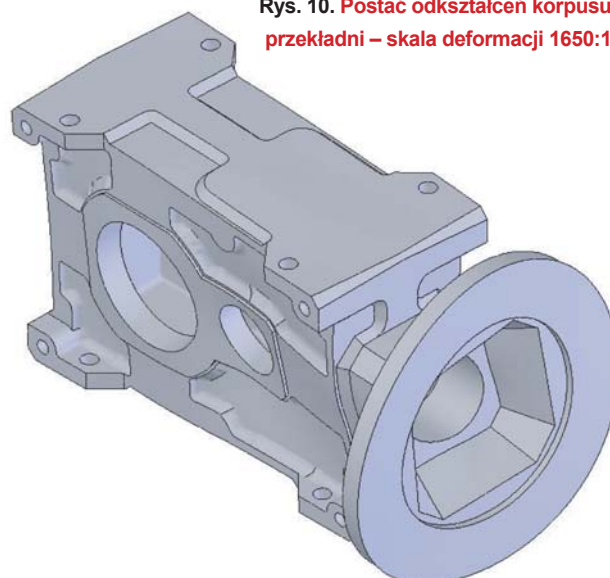
Odpowiedź jest prosta. Dodatkowe narzędzia zawarte w systemach modelowania 3D klasy mid-range (takich jak prezentowany tutaj SolidEdge lub Inventor), pozwalają konstruktorowi na szybkie przeprowadzenie obliczeń sprawdzających elementów konstrukcji, czy to na podstawie obliczeń wytrzymałościowych MES, czy też na podstawie obliczeń „inżynierskich”; ewentualnie wykorzystać te ostatnie w celu określenia warunków obciążeń dla analizy MES, znacznie przyspieszając i usprawniając sam proces projektowania. Nie wymagają przy tym – zwłaszcza w przypadku obliczeń MES – dogłębnej wiedzy z tej dziedziny, przeprowadzając użytkownika przez wygenerowanie modelu obliczeniowego, obliczenia i wyświetlenie wyników – za pomocą prostych i wygodnych „wizardów”.



Rys. 8. Współczynnik bezpieczeństwa dla korpusu przekładni



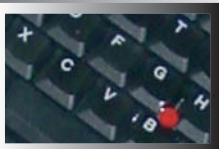
Rys. 9. Przemieszczenia zredukowane korpusu przekładni



Rys. 10. Postać odkształceń korpusu przekładni – skala deformacji 1650:1

Nr częstości	Częstość [Hz]
1	962,8
2	2072,9
3	2167,2
4	2302,9
5	3117,1

Tabela 2. Zestawienie częstości drgań własnych korpusu przekładni zębatej



Ekonomiczny zwrot inwestycji

związanych z zakupem manipulatorów 3D dla inżynierów aplikacyjnych CAD

Bardzo ważne jest zrozumienie podstawowych koncepcji interfejsu użytkownika, które stoją za opisywanym zwiększeniem wydajności. Pozwoli to dotrzeć zarówno do inżynierów aplikacyjnych CAD, jak i do innych profesjonalnych użytkowników zastanawiających się nad użytecznością myszki 3D.

WYNIKI BADAŃ CZ. II

Inżynierowie CAD zwykle pracują na kluczowych stanowiskach, używając złożonych aplikacji CAD zależnych od specyfiki pracy (najczęściej używane aplikacje CAD to CATIA, Inventor, NX, Pro/ENGINEER i SolidWorks). Często spędzają ponad połowę czasu pracy, korzystając z oprogramowania CAD. Potrzebują bardzo wydajnych komputerów, aby ich praca była bardziej efektywna. Wreszcie – pracują na aplikacjach, których koszt waha się od 1000 do 50 000 €.

Do tego profilu pasuje ponad milion użytkowników CAD 3D na świecie. W przeciwieństwie do nich użytkownicy standardowi używają aplikacji ogólnego przeznaczenia (e-mail, przeglądarki internetowe, pakiety biurowe itp.) niezależnych od specyfiki wykonywanej pracy, spędzają przy tym mniej niż połowę czasu pracy przy komputerze. Potrzebują mniej zaawansowanych technicznie komputerów, a na oprogramowanie wydają mniej niż 1000 €.

Charakterystyka aplikacji CAD 3D

Użytkownicy aplikacji CAD 3D są zwykle znacznie bardziej wymagający, jeśli chodzi o styl pracy z komputerem, niż użytkownicy standardowi. Aplikacje bazujące na rodzaju wykonywanej przez nich pracy zmuszają ich do pracy w specyficzny sposób:

- częstsze wykorzystywanie nawigacji (modele, widoki)
- bardziej złożona (więcej stopni swobody) nawigacja (częstsze przesuwanie, zoom, rotacja)
- znacznie większa ilość wprowadzanych w ciągu minuty poleceń oraz częstsza manipulacja modelem w porównaniu z użytkownikami standardowymi znacznie większa gama często wykorzystywanych poleceń

Przepustowość interfejsu użytkownika

Wydajność aplikacji CAD 3D może być ograniczana przez trzy czynniki związane z przepustowością:

- wydajność stacji roboczej
- wydajność systemu graficznego
- przepustowość interfejsu użytkownika

Podczas gdy wydajność stacji roboczych i systemów graficznych wzrastała zgodnie z „prawem Moore’a”, interfejsy użytkownika CAD 3D nie nadążały za tym rozwojem. Przepustowość interfejsu stała się podstawowym czynnikiem dla przyspieszenia pracy z aplikacjami CAD 3D (patrz rys. 1). Koncepcyjny model opracowany przez badaczy akademickich dostarcza użytecznej reprezentacji graficznej dla zrozumienia pojęcia przepustowości interfejsu użytkownika. Model ten pokazuje kierowanie interfejsem (dziś i w najbliższej przyszłości) za pomocą prawej i lewej ręki, zarówno zarządzającej nawigacją, jak i wydającej komendy. Przepustowość interfejsu użytkownika to w uproszczeniu czas potrzebny na wydanie pewnej liczby komend w celu wykonania jednej z funkcji aplikacji.

Strumienie wejściowe

Pierwsze ograniczenie przepustowości interfejsu użytkownika ma związek ze „strumieniami wejściowymi”. Stwierdziliśmy właśnie, że wszystkie polecenia użytkownika są wprowadzane prawą i lewą ręką. Jednak w rzeczywistości lewa ręka jest zwykle prawie bezczynna poza okresowym naciskaniem klawiszy zmiany trybu pracy (np.: Ctrl, Shift, Alt). Prawą ręką (dla użytkowników praworęcznych) wykonywana jest prawie cała praca.

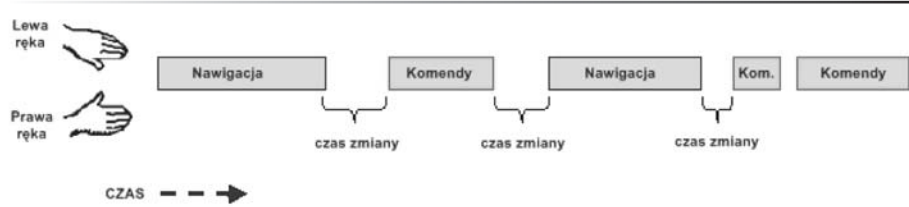
W wyniku obserwacji użytkowników CAD 3D, jak i pozostałych, TAG oszacowało, że użytkownicy CAD 3D wydają od 5 do 10 razy więcej poleceń nawigacji i pozostałych komend w ciągu minuty niż użytkownicy standardowi. Przesyłanie takiej ilości poleceń przez pojedynczy strumień wejściowy (choć z niewielkim wykorzystaniem klawiatury) powoduje poważne ograniczenie przepustowości.

Pierwszą możliwością zwiększenia przepustowości interfejsu użytkownika jest zatem zwiększenie ilości strumieni wejściowych, poprzez które użytkownik może sterować aplikacjami.

Nawigacja

Drugim czynnikiem ograniczającym przepustowość interfejsu użytkownika jest nawigacja. Obejmuje ona przemieszczanie się pomiędzy konkretnymi obszarami w celu wykonywania zadań. Przykładami są: przesuwanie ekranu przy czytaniu poczty elektronicznej, przesuwanie obszaru pracy w aplikacji Photoshop, czy obracanie modelu w CATIA w celu zobaczenia go z różnych stron.

Choć nawigacja należy do bardzo często wykonywanych czynności w większości aplikacji, specyfika nawigacji różni się drastycznie w zależności od oprogramowania. Istotnym faktem jest częste jednoczesne przesuwanie obiektu wraz z przybliżaniem/oddalaniem (3 stopnie swobody) lub przesuwanie, przybliżanie/oddalanie i rotacja (6 stopni swobody) w aplikacjach CAD 3D.



Rys. 1.
Model przepustowości
interfejsu użytkownika

(źródło: W. Buxton, M. Billingham, Y. Guiard, A. Sellen oraz S. Zhai, 2002)

„Przebywać w transie”

Przed badaniami dotyczącymi możliwości zwiększenia przepustowości warto zwrócić uwagę na to, że wymienione wcześniej trzy ograniczenia przepustowości przerywają naturalnie kreatywny proces, nazywany „przebywaniem w transie”

„Przebywanie w transie” to termin używany przez artystów, sportowców i projektantów, którym opisują pracę z pełnym zaangażowaniem i opanowaniem. Kolejnym opisującym ten stan terminem jest „przebywanie w strefie”. Taki rodzaj pracy obejmuje znaczny stopień koncentracji oraz duży wydatek energii psychicznej lub fizycznej.

Dla użytkowników stacji roboczych 3D CAD pracujących ze złożonymi i wymagającymi kognitywnie aplikacjami, „przebywanie w transie” przenosi się na lepszą jakość i wydajność pracy. Często jednak są oni wrywani z „transu” przez interfejs użytkownika, który zmniejsza ich kognitywną przepustowość, zmuszając do zwolnienia tempa pracy w celu wykonania wielu żmudnych czynności.

Co najważniejsze, jednym z najczęstszych powodów wyrwania z „transu” jest niska przepustowość interfejsu użytkownika, przez którą użytkownicy nie mogą pracować z szybkością odpowiadającą ich szybkości myślenia. Inaczej jest w wypadku wysokoprzepustowych interfejsów pozwalających użytkownikom CAD 3D na pozostanie w „transie”, dlatego warto rozważyć różne możliwości zwiększenia przepustowości.

Strumienie wejściowe o dużej przepustowości

Problem pojedynczego strumienia wejściowego odkryliśmy podczas obserwacji użytkowników CAD 3D, którzy próbowali wprowadzić 5 do 10 razy więcej komend na minutę niż przeciętny użytkownik. Zważywszy, że dla przeciętnego użytkownika jakość pojedynczego strumienia nie ma aż tak dużego znaczenia, użytkownik CAD 3D ma w kwestii przepustowości dużo wyższe wymagania.

Jedno bardzo trafne podejście do interfejsu użytkownika czerpie swe cechy z „ludzkiej” umiejętności pracy obiema rękami jednocześnie. Jak zauważono w Buxton (2002):

Student odwraca kartki książki, robiąc jednocześnie notatki. Kierowca zmienia biegi, kierując samochodem. Technik dźwięku ścisza perkusję, podgłaśniając w tym czasie skrzypce.

Poprzez wyposażenie obu dłoni w narzędzia wspomagające „kierowanie” aplikacją, (najczęściej myszka 3D w lewej ręce i standardowa myszka 2D w prawej) można osiągnąć znaczną poprawę przepustowości. Użytkownik traci często czas na przełączanie się z jednego trybu pracy na drugi. Najbliższy uniwersalny przykład to przełączanie się między nawigacją a wybieraniem. Prawa ręka najpierw nawiguje modelem, ustawiając go w odpowiedniej pozycji przy pomocy myszki. Potem użytkownik „przełącza tryb” na taki, w którym myszka staje się narzędziem wybierającym daną komendę. Proces ten powtarza się w nieskończoność. Zauważyć tu można brak równorzędności: użytkownik może albo nawigować albo wybierać komendy, ale nie jest w stanie robić obu tych rzeczy jednocześnie.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, oburęczny interfejs (w tym wypadku joystick w ręce niedominującej i myszka w dominującej) był w zadaniach nawigacji i selekcji 1,36 razy szybszy od używanej samodzielnie myszki. (źródło: IBM – Zhai 1997)

Co więcej, z obserwacji przeprowadzonych na Uniwersytecie Toron-to (1997) wynika, że wraz ze wzrostem kognitywnej trudności zadań (większe, bardziej złożone modele) przyrost wydajności interfejsów dwuręcznych jest znacznie większy, niż wynika to z badań Zhai.

Cdn.

Kontrola. Wygoda. Produktywność.



SpacePilot™
Inteligentna myszka 3D
399 EUR*



SpaceExplorer™
Wygodna myszka 3D
299 EUR*



SpaceNavigator™ SE
Myszka 3D dla każdego
99 EUR*

NOWY

SpaceNavigator™
for Notebooks
Mobilna myszka 3D
129 EUR*

Myszka 3D zwiększa produktywność pracy w CAD, oferując płynną i intuicyjną kontrolę trójwymiarowych modeli, umożliwiając równoczesne działania tradycyjną myszką w wybieraniu, edytowaniu i tworzeniu. Rozdzielenie cyklu pracy projektanta pomiędzy obie ręce jest wygodniejsze i ponad 30% szybsze.

Więcej informacji na stronie:

www.3dconnexion.com

Urządzenia wspierają między innymi:

SOLID EDGE

SolidWorks

Autodesk Inventor

ProENGINEER

NX

CATIA

AutoCAD



Materiały

Stale nierdzewne

Oznaczenia i właściwości stali nierdzewnych cz. II

Aby ułatwić orientację wśród różnych stosowanych na świecie oznaczeń stali odpornych na korozję, publikujemy zestawienie najbardziej popularnych gatunków stali nierdzewnej z ich odpowiednikami i ekwiwalentami spotykanymi w innych krajach.

Dzisiaj kontynuacja cyklu rozpoczętego w październiku. A w naszym komentarzu przyjrzymy się rodzajom stali nierdzewnych. Na początek...

Stale ferrytyczne

Głównym dodatkiem stopowym stali ferrytycznej jest chrom, a także domieszki molibdenu, tytanu oraz niobu. Miano fer-

OPRACOWANIE: Marek Staszyński

Normy

	EN 10088	PN Polska	AISI USA	DIN Niemcy	NF Francja	BS Wlk. Bryt.	JIS Japonia	GB Chiny
Ferrytyczne	1.4000	0H13	403.410S	X6Cr13	Z8 C12	403S17	SUS 403	-
	1.4003	-	-	X2CrNi12	-	-	-	-
	1.4016	H17	430	X6Cr17	Z8 C17	430S17	SUS 430	1Cr17
	1.4510	0H17T	439	X3CrTi17 X6CrTi17	-	-	-	-
Martensytyczne	1.4006	1H13	410	X12Cr13	Z10 C13	410S21	SUS 410	1Cr12
	1.4021	2H13	420	X20Cr13	Z20 C13	420S29	SUS 420J1	2Cr13
	1.4028	3H13	420	X30Cr13	Z33 C13	420S45	SUS 420J2	3Cr13
	1.4031	4H13	420	X39Cr13	-	-	-	-
	1.4034	4H13	420	X46Cr13	-	-	-	-
	1.4122	3H17M	-	X39CrMo17-1	-	-	-	-
Austenityczne	1.4301	0H18N9	304	X5CrNi18-10	Z7 CN18-09	304S31	SUS 304	0Cr18Ni9
	1.4305	-	303	X8CrNiS18-9	Z8 CNF18-09	303S31	SUS 303	Y1Cr18Ni9
	1.4306	00H18N10	304L	X2CrNi19-11	Z3 CN18-10	304S11	SUS 304L	00Cr19Ni10
	1.4307	-	(304L)	X2CrNi18-9	Z3 CN18-10	304S11	SUS 304L	00Cr19Ni10
	1.4310	1H18N9	301	X10CrNi18-8	Z11 CN18-08	301S21	SUS 301	1Cr17Ni7
	1.4401	0H17N12M2	316	X5CrNiMo17-12-2	Z7 CND 17-11-02	316S31	SUS 316	0Cr17Ni12Mo2
	1.4404	00H17N14M2	316L	X2CrNiMo17-12-2	Z3 CND 17-11-02	316S11	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2
	1.4435	-	316L	X2CrNiMo18-14-3	Z3 CND 18-14-03	316S13	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2
	1.4436	-	316	X3CrNiMo17-13-3	Z7 CND 18-12-03	316S33	SUS 316	0Cr17Ni12Mo2
	1.4438	-	317L	X2CrNiMo18-15-4	Z3 CND 19-15-04	317S12	SUS 317L	00Cr19Ni13Mo3
	1.4439	-	(317LMN)	X2CrNiMo17-13-5	Z3 CND 18-14-05Az	-	-	-
	1.4529	-	-	X1NiCrMoCuN25-20-7	-	-	-	-
	1.4539	0H22N24M4TCu	904L	X1NiCrMoCu25-20-5	-	-	-	-
	1.4541	0H18N10T 1H18N9T 1H18N10T	321	X6CrNiTi18-10	Z6 CNT 18-10	321S31	SUS 321	0Cr18Ni10Ti
	1.4547	-	-	X1CrNiMoCuN20-18-7	-	-	-	-
	1.4550	0H18N12Nb	347	X6CrNiNb18-10	Z6 CNNb 18-10	347S31	SUS 347	0Cr18Ni11Nb
	1.4571	H17N13M2T H18N10MT	316Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	-	-	SUS 316Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti
Duplex	1.4362	-	2304	X2CrNiN23-4	Z3 CN 23-04 Az	-	-	-
	1.4410	-	2507	X2CrNiMoN25-7-4	-	-	-	-
	1.4460	-	329	X3CrNiMoN27-5-2	-	-	-	-
	1.4462	-	2205	X2CrNiMoN22-5-3	Z3 CND 22-05 Az	318S13	-	-



rytycznej zyskała ze względu na obecność ferrytu w budowie stopu. Ferryt to stały roztwór węgla, który widziany pod mikroskopem posiada ziarnistą, jasnoszarą strukturę. Roztwór zawiera małe ilości węgla w żelazie, nie większe niż 0,0025%.

Między innymi dlatego stal ferrytyczna jest materiałem ciągliwym i miękkim.

Stal ferrytyczną możemy podzielić na trzy podstawowe grupy, zgodnie z układem potrójnym Fe – Cr – C dla stałych

Użyte w tabeli oznaczenia właściwości stali nierdzewnych*

Właściwości mechaniczne

1. Granica plastyczności $R_e(R_{p0.2})$ N/mm² min
2. Wytrzymałość na rozciąganie R_m N/mm²
3. Wydłużenie przy zerwaniu A_5 % min
4. Twardość H_{bmax}

Właściwości fizyczne

5. Gęstość przy 20°C [kg/dm³]
6. Moduł sprężystości przy 20°C [GPa]
7. Współczynnik rozszerzalności termicznej [$10^{-6} \times K^{-1}$] 20°C ÷ 200°C
8. Współczynnik rozszerzalności termicznej [$10^{-6} \times K^{-1}$] 20°C ÷ 400°C
9. Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)]
10. Ciepło właściwe przy 20°C [J/(kg·K)]
11. Opór właściwy [$\Omega \times mm^2/m$]

*właściwości mechaniczne podane dla blach zimnowalcowanych.

Właściwości mechaniczne Właściwości fizyczne

KS Korea	GOST Rosja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	0BK13	230	400-630	19	180	7,7	220	11	12	30	460	0,6	Ferrytyczne
-	-	320	450-650	20	180	7,7	220	10,8	11,6	25	430	0,6	
STS 430	12Ch17	280	450-600	20	160	7,7	220	10	10,5	25	460	0,6	
-	-	240	420-600	23	180	7,7	220	10	10,5	25	460	0,6	
STS 410	12Ch13	205	<600	20	200	7,7	215	11	12	30	460	0,6	Martenzytyczne
STS 420J1	20Ch13	345	<700	15	225	7,7	215	11	12	30	460	0,6	
STS 420J2	30Ch13	345	<740	15	235	7,7	215	11	12	30	460	0,65	
-	-	345	<760	12	240	7,7	215	11	12	30	460	0,55	
-	-	345	<780	12	245	7,7	215	11	12	30	460	0,55	
-	-	-	<900	12	280	7,7	215	10,8	11,6	15	430	0,8	
STS 304	08Ch18N10	230	540-750	45	215	7,9	200	16,5	17,5	15	500	0,73	Austenityczne
-	12Ch18N10E	190	520-700	35	190	7,9	200	16,5	17,5	15	500	0,73	
STS 304L	03Ch18N11	220	520-670	45	200	7,9	200	16,5	17,5	15	500	0,73	
STS 304L	03Ch18N11	220	520-670	45	200	7,9	200	16,5	18	15	500	0,73	
STS 301	07Ch16N6	250	600-950	40	215	7,9	200	17	18	15	500	0,73	
STS 316	-	240	530-680	40	215	8	200	16,5	17,5	15	500	0,75	
STS 316L	03Ch17N14M2	240	530-680	40	200	8	200	16,5	17,5	15	500	0,75	
STS 316L	03Ch17N14M2	240	550-700	40	215	8	200	16,5	17,5	15	500	0,75	
STS 316	-	240	550-700	40	215	8	200	16,5	17,5	15	500	0,75	
STS 317L	-	240	550-700	35	215	8	200	16,5	17,5	14	500	0,85	
-	-	290	580-780	35	225	8	200	16,5	17,5	14	500	0,85	Duplex
-	-	300	650-850	40	250	8,1	195	16,1	16,9	12	450	1	
-	-	240	530-730	35	230	8	195	16,1	16,9	12	450	1	
STS 321	08Ch18N10T	220	520-720	40	215	7,9	200	16,5	17,5	15	500	0,73	
-	-	320	650-850	35	225	8	195	17	18	14	500	0,85	
STS 347	08Ch18N12B	220	520-720	40	230	7,9	200	16,5	17,5	15	500	0,73	
STS 316Ti	08Ch17N13M2T	240	540-690	40	215	8	200	17,5	18,5	15	500	0,75	
-	-	450	600-850	20	290	7,8	200	13,5	14,0	15	500	0,8	
STS 329J4L	-	550	750-1000	15	310	7,8	200	12,5	13,5	15	500	0,8	
-	-	460	620-880	20	260	7,8	200	13,5	b.d.	15	500	0,8	
-	-	500	660-950	20	293	7,8	200	13,5	14,0	15	500	0,8	

Polska Norma PN-XX/H -86020 podaje szereg stali nierdzewnych, między innymi oznaczane symbolami OH13 (stal ferrytyczna z domieszką 13% chromu), 1H13, 2H13, 3H13, 4H13, H18, H17N2, 2H17N2, 3H17M.

W październikowym wydaniu, przy okazji publikacji zestawienia właściwości mechanicznych wybranych stali, błędnie zaznaczyliśmy przebieg podziału między gatunkami stali martenzytycznych i austenitycznych. Tym razem publikujemy tabelę rozszerzoną również o właściwości fizyczne, z prawidłowo oznaczonym podziałem. Za utrudnienia serdecznie przepraszamy.

Redakcja



Materiały

Stale nierdzewne



zawartości chromu tj. 13, 17 i 25 % oraz zawartości węgla w granicach 0 do 1 %. Można opisać to w sposób następujący:

- Przy 13 % Cr ferryt występuje tylko przy niskich temperaturach i małej zawartości węgla, a od 0,1 % C (przy 1100°C) jest już jednorodny γ (austenit) i można go hartować. Podobnie jak C działa N.
- Przy 17 % Cr (i poniżej 0,05 % C) ferryt istnieje aż do solidusu, a austenit jednorodny przesuwają się w stronę większych zawartości Cr dlatego typowe stale martenzytyczne zawierają 13 % Cr.
- Przy 25 % Cr ferryt też istnieje do temperatury solidusu, lecz nie występuje w ogóle pole jednorodnego γ . Zakres $\alpha + \gamma$ jest tylko przy wysokich temperaturach, a w równowadze z α występują węgliki $M_{23}C_6$.

Wprowadzenie do żelaza min 10,5 % Cr wywołuje nagły wzrost potencjału elektrochemicznego, a tym samym skokowo zwiększa się odporność tych stopów na korozję. Stopy żelaza z chromem o większych zawartościach chromu przy bardzo małej zawartości węgla mają strukturę ferrytyczną. Przy zawartości 17 % Cr i $C < 0,05\%$ ferryt jest stabilny, aż do temperatury topnienia. Jeżeli stale zawierają ok. 13 % Cr

Stale ferrytyczne wykazują dobrą odporność na działanie kwasów utleniających (np. azotowego), nie są odporne na kwasy redukujące (solny, siarkowy). Są też dobrze spawalne.

i mały dodatek węgla lub azotu, to w zakresie temperatur 1000 – 1100°C pojawia się pole dwufazowe (ferryt + austenit), które rozszerza się ze wzrostem zawartości węgla. Dzięki temu stale te można hartować na martenzyt.

Ponieważ chrom w zawartościach spotykanych w stalach nierdzewnych podnosi temperaturę punktu eutekoidalnego, a występujące węgliki rozpuszczają się powoli, temperatury hartowania leżą wysoko ok. 1000°C. Chrom i węgiel rozpuszczone w austenicie stabilizują go, dzięki czemu stale te mają dużą hartowność. Praktycznie stale zawierające ponad 6 % Cr można hartować w powietrzu. Zakres stopów czysto ferrytycznych ograniczony jest do bardzo niskich zawartości węgla, a powyżej 0,25 % C przy 25 % Cr nie można osiągnąć całkowitego rozpuszczenia węglików poniżej temperatury około 1250°C. Do stali rzeczywiście ferrytycznych tzn. takich, w których struktura ferrytyczna nie ulega nawet częściowym przemianom aż do temperatury solidus, można zaliczyć tylko stopy zawierające ponad 15 – 16 % Cr i bardzo mało węgla ($< 0,05\%$). Charakteryzują się przemianą perlityczną z maksimum w temperaturze 700°C (w celu otrzymania struktury perlitycznej należy je po obróbce plastycznej wygrzać w temperaturze 700°C przez 2 godziny). Stale te hartuje się w temperaturze od 950 – 1000°C i odpuszcza w zakresie 600 – 700°C. Do temperatury ok. 500°C nie tracą twardości i wytrzymałości. Stale o większej zawartości chromu mogą wykazywać kruchość spowodowaną wydzieleniem fazy δ . Stężenia najważniejszych pierwiastków, temperatury wyżarzania i wytrzymałości R_m ferrytycznych wysokochromowych stali nierdzewiejących wg PN – EN 10088-1:1998 Po zahartowaniu stale ferrytyczne zawierają duże ilości austenitu szcążkowego. Tworzeniu się martenzytu w tych stalach można zapobiec przez wprowadzenie tytanu w ilości koniecznej do związania węgla i azotu, który rozpuszcza się łatwo w stalach chromowych i silnie stabilizuje austenit. Również aluminium stabilizuje ferryt i wiąże azot.

Zawartość azotu w stalach nierdzewnych jest wyższa niż w stalach niestopowych, dlatego samo ograniczenie zawartości węgla nie zapewnia struktury czysto ferrytycznej i konieczne jest również ograniczenie zawartości azotu.

Więcej o stalach ferrytycznych:

www.stalnierdzewna.com



Z prądem i pod prąd...

Historia powraca. Dawno już zarzucone projekty odżywają w nowych formach. Cofnijmy się do 1899 roku. W Acheres 29 kwietnia, spocony i zakurzony belgijski kierowca i konstruktor Camille Jenatzy (zwany ze względu na rudy zarost czerwonym diablem) opowiadał na mecie rekordowej trasy: – *Czułem, że jadę bardzo szybko, jak jeszcze nigdy dotąd, ale nie wiedziałem, że pokonam granicę 100 km/h.* Pierwszym, który mu gratulował był konkurent markiz Gaston de Chasseloup-Labaut. Jego elektryczny Jeantaud okazał się wolniejszy od również elektrycznej *La Jamais Contente* Camilla. Magiczną wówczas barierę 100 km/h pokonał samochód elektryczny.

AUTOR: Ryszard Romanowski

Chyba nikt z wiwatującego tłumu nie zdawał sobie sprawy, że właśnie tego dnia rozpoczął się zmierzch napędu elektrycznego. Kolejne eksperymenty na podobną skalę rozpoczęły się dopiero po 100 latach.

Łabędzi śpiew?

Powróćmy jeszcze na chwilę do dawnego rekordu. W grudniu 1898 roku markiz swoim elektromobilem pobił rekord świata osiągając ponad 63 km/h. Młody Belg odczuł to jako osobistą zniewagę. Przecież to właśnie on, syn Konstanta, specjalisty od kauczuku, fabrykanta i współtwórcy opon pneumatycznych wybrał zawód elektryka i konstruował doskonale samochody napędzane prądem. Musiał podjąć wyzwanie. Spotkali się już 17 stycznia 1899 roku na rekordowej trasie w Acheres. Camille zasiadł za drążkiem sterowym pojazdu w kształcie pocisku. *Jamais Contente* (w wolnym tłumaczeniu: nigdy zadowolona), miała nadwozie o wspomnianym kształcie pocisku wykonane w firmie karoseryjnej Rothschild. Wykonano je z partinum. Był to niezwykle wytrzymały i lekki stop aluminium z wolframem wynaleziony przez właściciela jednej z hut. Nadwozie o długości 3,8 m ustawiono na czerwonych kołach wyposażonych w pneumatyczne ogumienie. Rzecz w tych czasach rzadką i bardzo kontrowersyjną. Tylne koła napędzały dwa silniki elektryczne zasilane prądem z 80 elementowej baterii Fulmena. Maszyna ważyła 1,5 t, w tym akumulatory około 800 kg. Inspiracją dla nazwy pojazdu był podobno... charakter żony konstruktora.

Na pierwszym kilometrze należało rozpędzić pojazd, a mierzony wynik drugiego decydował o zwycięstwie. Camille uzyskał 66,6 km/h, a jego konkurent 70,3. Wygrał – lecz tuż za metą zapalił się silnik. Belg nie mógł poprawić przejazdu bo miał zupełnie rozładowane akumulatory. Po 10 dniach i zwiększeniu mocy silników startował znowu. Wygrał osiągając 80,3 km/h. Markiz również wzmocnił silnik i 4 marca ustanowił fantastyczny rekord osiągając 92 km/h.

W tym czasie Belg nawijał coraz to nowe cewki na różne sposoby. Okazało się bowiem, że silniki doskonale dające sobie radę w normalnej eksploatacji, nie wytrzymują

sił bezwładności występujących przy wysokich obrotach. Wreszcie zbudował silnik, który bezpiecznie mógł osiągać... 900 obr/min. Maszyna dysponowała łączną mocą dwóch silników wynoszącą 68 KM. Camille wystartował 1 kwietnia. Wypróbowywał różne miejsca startu. W końcu poprosił sędziów o przesunięcie linii startu i mety o 200 m. Ruszył nie zauważając, że chronometryści nie dotarli do swoich miejsc. Na ponowny start zabrakło prądu. Musiał czekać do 29 kwietnia.

W 1900 roku Jenatzy na kolejnym aucie elektrycznym własnej konstrukcji stanął do wyścigu Paryż-Lyon. Podobno to właśnie wtedy stracił przekonanie do samochodów elektrycznych. Pojawiał się nadal na trasach rajdów i wyścigów, lecz za kierowcami aut benzynowych. Elektromobile powstawały nadal, lecz głównie jako powolne pojazdy na krótkie miejskie trasy.

Obok rudobrodego Belga kolejnym elektrykiem, który zapisał się trwale w historii motoryzacji był nie kto inny, tylko... Ferdynand Porsche. Już w roku 1899 skonstruował dla austriackiej firmy Lohner elektromobil z silnikami umieszczonymi w piastach przednich kół. Mało kto już pamięta, że tytuł doktora honoris causa Porsche otrzymał za wyprzedzający epokę ciągnik artyleryjski do ciężkich moździerzy. Każde koło tego pojazdu napędzał oddzielny silnik elektryczny. Energię wytwarzała prądnica napędzana silnikiem spalinowym również konstrukcji Porsche. Ciągnik produkowała firma Austro-Daimler wspólnie z zakładem Skoda w Pilźnie podczas I Wojny Światowej.

Tradycyjne elektromobile powstawały masowo jeszcze przez długie lata. Prostota obsługi i cicha praca silnika miały swoich zwolenników szczególnie w USA. Kraj, który w pierwszych dekadach oprócz miast prawie nie miał bitych dróg, był specyficzny. Auto elektryczne o zasięgu 20 do 30 km w zupełności wystarczało. Na dłuższą trasę najlepszy był zaprzęg konny lub mocny samochód spalinowy. Jak podaje Witold Rychter, w 1900 roku po bezdrożach USA jeździło 1691 pojazdów parowych, 1585 elektrycznych i 936 benzynowych. W tych czasach pojawił się pomysł ustawiania



Jak to robią inni

Podglądamy zagraniczne rozwiązania...



Wiele znanych marek w swej historii eksperymentowało, czy też wręcz sięgało po napęd elektryczny. Na zdjęciu powyżej i obok – samochodzik Bugatti wyposażony w elektryczny silnik...



Rekordowa La Jamais Contente (w wolnym tłumaczeniu: nigdy zadowolona), miała nadwozie o wspomnianym kształcie pocisku wykonane w firmie karoseryjnej Rothschild.



Fot. Ryszard Romanowski

w miastach automatów do ładowania akumulatorów. Wystarczyłoby podłączyć przewody i wrzucić 25 centów, aby zaczął płynąć prąd. Pomyśleć, że zaśmiewano się z tego do łez.



Fot. Ryszard Romanowski

Jeszcze kroczek

Podczas genewskiego salonu samochodowego 2007 niebywale tłumy zgromadziły się na stoisku Subaru. W skupieniu oglądano przetestowane już w Japonii autka elektryczne i system automatów do ich ładowania, rozmieszczonych podobnie jak stacje benzynowe. Gdy zaczyna brakować energii wystarczy podłączyć się do gniazdka i po niecałych 20 min kontynuować jazdę. Autko zapewniające wygodę i dynamikę benzynowego R-1 miało zasięg co najmniej 50 km.

Długą drogę przeszły silniki elektryczne, akumulatory i systemy dostarczające energię. Rok 2008 to produkowany seryjnie norweski Think, którego kilkanaście egzemplarzy udostępniono do jazd próbnych wokół genewskiego Palexpo. Systemy odzyskiwania energii z hamowania, ogniwa słoneczne na dachu, sprawny silnik i najnowszej generacji akumulator zapewnia zasięg do 200 km i ograniczoną elektronicznie prędkość maksymalną 135 km/h. Norweski „system Think” uzupełniony jest przez elektrownie wykorzystującą energię słoneczną. Zaprzecza to tezie przeciwników elektromobili, którzy głoszą, że to co nie wyemitujemy z rury wydechowej, wyleci z komina elektrowni. Think jeżdżący poza krajami o ekologicznej energetyce może być wyposażony w silnik Stirlinga zasilający generator. Samochody te już są produkowane.

Kolejną tegoroczną premierę elektryczną przyćmiła nieco tragiczna śmierć Andrei Pininfariny, dla którego Projekt B0 był jednym z najważniejszych. Gotowy do produkcji prototyp przedstawiono na paryskim salonie samochodowym. Piękna i funkcjonalną bryłę nadwozia zaprojektowano w Turynie. Układ napędowy jest dziełem firmy Bolloré i owocem jej ponad 15 letnich doświadczeń. Elegancki, czterodrzwiowy hatchback ma zasięg 250 km i osiąga limitowaną elektronicznie prędkość maksymalną 130 km/h. Właściwą dla ruchu miejskiego prędkość 60 km/h ze startu stojącego osiąga po 6,3 sek. Samochód „tankuje się” ze zwykłego domowego gniazdka. Podczas jazdy prąd dostarczają również panele słoneczne o bardzo dużej powierzchni, rozłożone głównie na

Jak to robią inni

Podglądamy zagraniczne rozwiązania...



Fot. Bollore

dachu. Prawdziwym sercem pojazdu jest litowo-polimerowa bateria LMP 30 kWh skonstruowana przez Bollore, o przewidywanej trwałości minimum 200 tys. km. Jedną z jej zalet jest możliwość szybkiego ładowania. Bateria ta stosowana już jest w 23 osobowych busach wożących pasażerów po Montrealu i tylko czeka, aby trafić do dzieła Pininfariny. Tym bardziej, że zupełnie podobny układ zastosowano w prezentowanym w 2005 roku koncepcie BlueCar Bollore, który rok temu otrzymał homologację.

Analitycy rynku przypuszczają, że nadchodzą złote lata dla samochodów elektrycznych. Głównie tych bardziej zaawansowanych technologicznie. Wyposażonych w systemy odzyskiwania energii, panele słoneczne i bardzo sprawne akumulatory. Ich zdaniem znacznie bardziej sprzyja temu obecny kryzys gospodarczy, wywołany głównie przez spekulacje lobby finansowych i bankowych niż restrykcyjne przepisy o zerowej emisji spalin. O celowości budowania hybryd, w których najważniejszą rolę spełnia silnik elektryczny, już nikt nie dyskutuje.

Świat czeka na jeszcze doskonalszy akumulator niż ten zbudowany przez Bollore. Jego wadą nadal jest duża masa wynosząca 300kg. Nowością jest wspierający podczas gwałtownych przyspieszeń zespół kondensatorów. Coś trochę



Powyżej i obok: **Projekt B0** zmarłego tragicznie w tym roku Andrei Pininfariny. Układ napędowy jest dziełem firmy Bollore i owocem jej ponad 15 letnich doświadczeń.

Poniżej: **Rok 2008** to produkowany seryjnie norweski Think, którego kilkanaście egzemplarzy udostępniono do jazd próbnych wokół genewskiego Palexpo.



Fot. Ryszard Romanowski

podobnego, jak w hybrydowej Toyocie, która pokonała spaliniową koalicję w 24 godzinnym wyścigu. Gdyby Camille Jenatton o tym wiedział...







Elipsa, czyli...

Co wyklucze się z jajka?

W Polsce do niedawna z drogowymi pojazdami elektrycznymi kojarzyły się w zasadzie ich dwa rodzaje: trolejbusy i melexy. Elektryczne samochodziki z Mielca zyskały obecnie konkurenta w postaci pojazdu produkowanego przez Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego w Radomiu. Jego premiera miała miejsce w październiku 2007 roku w Łodzi i poprzedzała organizowany tam Międzynarodowy Festiwal Designu. Choć w przypadku bohaterki tego artykułu, to właśnie m.in. design budzi najczęściej kontrowersji. A tytuł artykułu nieprzypadkowo nawiązuje do publikowanego we wrześniu materiału mówiącego o nowatorskim, wręcz wizjonerskim projekcie małego elektrycznego samochodu – tzw. „Jajku Arzensa”.

AUTOR: Zbigniew Brodowski

Według prognoz firmy konsultingowej Frost & Sullivan, która wiosną tego roku opublikowała interesujący raport o przyszłości pojazdów z napędem elektrycznym, najpóźniej za 3-4 lata będziemy na szerszą skalę kupować samochody napędzane energią elektryczną. Samochody wyprodukowane przez uznane światowe koncerny. Szacowana sprzedaż takich aut w zachodnich państwach Unii Europejskiej (Wielkiej Brytanii, Francji, Hiszpanii i Włoszech) ma osiągnąć w 2015 roku poziom ok. 250 tysięcy sztuk rocznie. Wydaje się to prawdopodobne, zwłaszcza w świetle

Jak widać na zdjęciu, Elipsy trafiły już do użytkowników. Duże tereny targowe wydają się być idealnym miejscem do ich eksploatacji. Czy pola golfowe również?



Fot. Maciej Stanisławski

Elipsa może powstawać w kilku różnych wersjach nadwoziowych: z drzwiami lub bez, z dodatkowymi siedzeniami ustawionymi tyłem do kierunku jazdy, kufrem lub skrzynią ładunkową...

informacji, które można znaleźć w artykule „Z prądem i pod prąd” autorstwa Ryszarda Romanowskiego, publikowanym w tym numerze.

Samochody z silnikami elektrycznymi są tańsze w eksploatacji od tradycyjnych aut spalinowych. Emisja szkodliwych dla środowiska substancji jest także znacznie niższa, a wiąże się jedynie z koniecznością wyprodukowania energii elektrycznej niezbędnej do naładowania akumulatorów, a także – z samą produkcją akumulatorów.

Dlatego wydaje się, że przyszłość elektrycznych pojazdów zależy już wyłącznie od sposobu rozwiązania trzech problemów technicznych:

- powiększenia obecnego zasięgu aut z napędem elektrycznym, przy zachowaniu walorów trakcyjnych i użytkowych zbliżonych lub lepszych niż w przypadku samochodów z tradycyjnym układem napędowym;
- skrócenia czasu potrzebnego do ładowania akumulatorów (baterii);
- przy okazji – wydłużenia żywotności akumulatorów przez zwiększenie ilości dopuszczalnych cykli ładowań przy jednoczesnym obniżeniu ich ciężaru.



Fot. Maciej Stanisławski



Fot. Maciej Stanisławski

A że jest więcej niż prawdopodobne, że całkiem szybko uda się zrealizować trzy powyższe założenia – wkrótce rynek aut elektrycznych będzie liczącą się częścią rynku motoryzacyjnego.

Toteż trudno się dziwić, że zakłady przemysłowe związane z budową pojazdów elektrycznych (szynowych, co prawda, ale zawsze) postanowiły podjąć odpowiednio wcześniej działania zmierzające do uruchomienia produkcji elektrycznego samochodu.

Elipsa

Nietuzinkowe, oryginalne nadwozie, niektórzy mówią że „tak brzydkie, że aż ładne”. Na pierwszy rzut oka mamy wrażenie do czynienia z zabawką. Tak wygląda nowy polski samochód elektryczny, którego pilotażowa produkcja ruszyła w połowie tego roku w ZNTK. Auto jest wytwarzane we współpracy z gliwicką firmą ENEL i Katedrą Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej.

Ludzie i maszyny

Kontrowersyjne nadwozie zostało zaprojektowane przez Paulinę Stępień, absolwentkę Akademii Sztuk Pięknych w Łodzi.

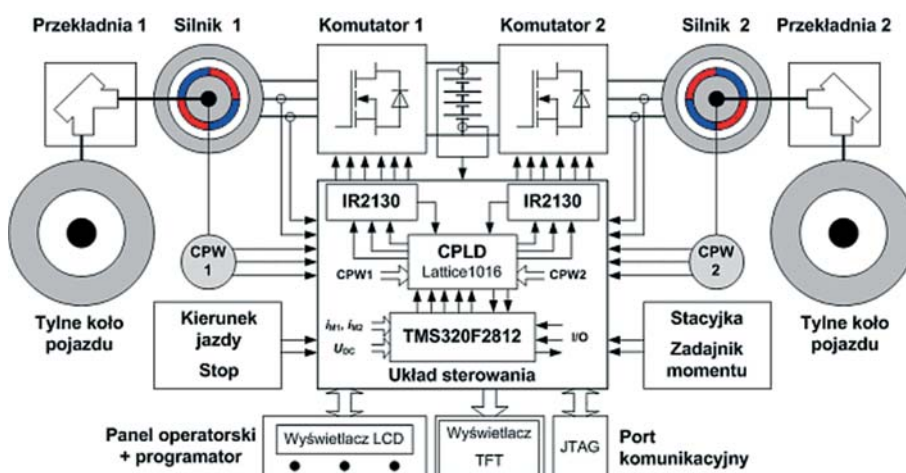


Wykonane z laminatu nadwozie okazuje się bardzo trwałe. W podobny sposób konstruuje się przecież i wytwarza nie tylko kadłuby jachtów, ale także... samolotów. O ile tam jednak nadwozie stanowi jednolitą skorupę, tak w konstrukcji Elipsy wyraźnie możemy dostrzec, w jaki sposób rozwiązano sposoby łączenia poszczególnych paneli i elementów nadwozia. Trzeba przyznać, że dosyć pomysłowo...



Polskie projekty

Fotoreportaż „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”



Źródło: Katedra Ergoelektroniki Politechniki Śląskiej

Schemat blokowy układu napędowego Elipsy. Poniżej widoczna kompletna aparatura sterująca.



Fot. Maciej Stanisławski

Nazwanie Elipsy samochodem to chyba jednak lekka przesada. W świetle prawa jest to pojazd wolnobieżny. Po drogach publicznych może poruszać się z prędkością 26 kilometrów na godzinę. W pojeździe mieszczą się dwie osoby, a w zależności od obciążenia Elipsę można pokonać od 70 do 130 kilometrów.

Artystka nawiązała do kształtu elipsy, co pozwoliło nadać samochodzikowi konkretną nazwę. Zresztą, pomysłodawcą stworzenia marki samochodu Elipsa okazał się... kanclerz Wyższej Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi – Makary Stasiak. Szefem zespołu technicznego projektu jest kierownik zakładu pojazdów elektrycznych ZNTK Zbigniew Szklarski, a zespół tworzą: Mariusz Borowski, Artur Brzeziński, Marek Gozdek, Tadeusz Kacprzak i Dariusz Marecki. Nowatorski, centralny układ sterowania pojazdem zaprojektowany został na Politechnice Śląskiej przez dr inż. Tomasza Biskupa, dr inż. Aleksandra Bodora i dr inż. Arkadiusza Domorackiego.

Konstrukcja pojazdu

Elipsa została zbudowana na lekkiej stalowej ramie, zapewniającej odpowiednią sztywność pojazdowi, którego długość nie przekracza 2 462 mm. Jej karoserię wykonano z trwałych laminatów (żywice z włóknem szklanym), odpornych na zarysowania. Do ramy zamontowane zostały elementy niezależnego zawieszenia. W kołach przednich i tylnych zastosowano podwójne wahacze, sprężyny i amortyzatory hydrauliczne, co zapewnia komfort zbliżony do samochodów miejskich. Zadbano również o zwrotność. Promień skrętu wynosi zaledwie 2,8 m. Dwa silniki elektryczne, napędzające koła tylne za pośrednictwem prostych przekładni, zabudowano w wahaczach przestrzennych. Charakteryzują się wysoką sprawnością, przekraczającą 90%. Konstruktorzy zdecydowali się na zastosowanie do napędu Elipsy silników bezszczotkowych, dzięki czemu zmniejszono ryzyko awarii jednostki napędowej. Oba silniki rozwijają moc 2 kW, czyli około 3,2 KM oraz moment obrotowy o wartości 6,5 Nm, co pozwala maksymalnie rozpędzić obciążoną elipsę do prędkości ok. 34 km/h. Silniki zasilane są przez akumulatory



kwasowe głębokiego rozładowania, umieszczone w przedniej części pojazdu. W pełni naładowane pozwalają na przejechanie około 70-130 kilometrów. Po pokonaniu tego dystansu, Elipsa podłączona do tradycyjnego gniazdka z napięciem 220 V, po upływie ośmiu godzin jest ponownie gotowa do jazdy. Waży 700 kg, a jej prędkość trwała (i dopuszczona przepisami – Elipsa to na razie wg kodeksu drogowego pojazd wolnobieżny) wynosi 26 km/h.

Jeszcze do niedawna, w hali Zakładów pod jedną ze ścian stał niepozorny, wykonany z kawałków blachy i tworzywa pojazd. Był to prototyp Elipsy, który powstał prawie dwa lata temu. Z początku przyjęto bowiem błędne założenia i praktycznie cała konstrukcja wymagała ponownego projektowania. Z pierwowzoru pozostawiono koncepcję rozwiązania układu przeniesienia napędu: zdecydowano się na wykorzystanie dwóch silników elektrycznych umieszczonych przy tylnych kołach.

Pod kierunkiem inż. Szklarskiego, przystąpiono do budowy drugiego prototypu. Jak wspomina Zbigniew Szklarski, nie wszystkie założenia teoretyczne sprawdzały się w praktyce. Tak było m.in. w przypadku elementów tylnego zawieszenia, a konkretnie sprężyn. Aby zachować założenia projektowe, należało... zmienić materiał, z jakiego zostały wykonane.

Wiele uwagi poświęcono nietypowemu w pojazdach samochodowych rozwiązaniu, na jakie zdecydowała się grupa radomskich inżynierów – zamontowaniu silników tak, by przekazywały niezależnie napęd do kół. Podejście takie uzasadnione było koniecznością uproszczenia konstrukcji mechanicznej i zmniejszenia masy pojazdu. W ten sposób wyeliminowano mechanizm różnicowy (zastąpiony układem elektronicznym, ale o tym za chwilę) i półosie. Montując silniki w wahaczach przestrzennych, uzyskano niezależne zawieszenie i niezależny napęd każdego z kół. Co ciekawe, gdy uszkodzeniu ulegnie jeden z silników, samochód może kontynuować jazdę korzystając z pozostałej sprawnej jednostki.

Gdy kończono sprawdzanie gotowego szkieletu pojazdu wraz z zamontowanymi podstawowymi zespołami, a także usztywniano konstrukcję dachu przenoszącego część naprężeń i obciążeń (pewne wady wyszły w trakcie testów i należało je usunąć), pani Paulina Stępień kończyła projekt nadwozia zatwierdzony ostatecznie do produkcji. Powstało wiele jego rozwojowych wersji, a prace nad nimi zajęły pani Paulinie blisko rok.

Gotowe eliptyczne (a może „Eliptyczne”?) nadwozie sprawiło trochę kłopotów ekipie montażowej nieprzyzwyczajonej do pracy z tworzywami sztucznymi. Wątpliwości budziła trwałość montażu elementów nadwozia, ale obecnie wytwarzane kleje z łatwością sprostają zadaniu. Elipsa – kolejny całkowicie polski samochód – stanęła wreszcie na kołach.

Elipsa może być produkowana w różnych wersjach w zależności od potrzeb klienta. Powstała nawet specjalna wersja golfowa, której dodatkowe wyposażenie pozwala w bezpieczny sposób przewozić sprzęt do gry. Podstawowe wersje pojazdu to:

- Wersja osobowa z kufrem. Wersja osobowa z kufrem przeznaczona jest głównie do przewozu drobnych elementów lub narzędzi o wadze nieprzekraczającej 150 kg, które wymagają specjalnej ochrony przed zewnętrznymi uszkodzeniami oraz zabezpieczenia przed kradzieżą. Ta wersja znajduje duże zastosowanie m.in.: w firmach i jednostkach rozłożonych na dużych terenach. Usprawnia transport drobnych elementów lub narzędzi. Może służyć jako pojazd serwisowy lub cateringowy, m.in.: w restauracjach i barach szybkiej obsługi, centrach handlowych i wystawienniczych, obiektach sportowych, na terenach rekreacyjno-wypoczynkowych, w szkołach, przedszkolach, służbach miejskich, zakładach usług komunalnych. Dzięki posiadaniu zamykanego kufra, pojazd może być pozostawiony na niestrzeżonym terenie, a zapakowane w nim towary są zabezpieczone przed kradzieżą.
- Wersja ciężarowa z otwartą skrzynią ładunkową. Wersja ciężarowa z otwartą skrzynią ładunkową została stworzona głównie do przewozu większych ładunków o wadze nieprzekraczającej 150 kg oraz różnego rodzaju towarów, narzędzi niewymagających specjalnego zabezpieczenia przed kradzieżą. Usprawnia transport ładunków pomiędzy budynkami, halami, a także w ich wnętrzu. Znajduje zastosowanie w magazynach, halach produkcyjnych, centrach logistycznych, firmach kurierskich, firmach budowlanych, na dworcach kolejowych i lotniskach, w firmach sprzątających. Może także służyć jako pojazd serwisowy, np. w parkach, ogrodach, na terenach dużych centrów handlowych.



Fot. www.elipsavehicle.com





Fot. Maciej Stanisławski



Fot. Maciej Stanisławski

Powyżej: ładowanie akumulatorów za pośrednictwem prostownika. Przy obecnych cenach energii przejechanie 100 kilometrów elektryczną Elipsą kosztuje około 8 złotych. Ile litrów etyliny 95 możemy kupić za taką kwotę?

Poniżej: czegoś jednak zabrakło, albo starano się za bardzo oszczędzać. Podobne oświetlenie można było spotkać np. w samochodach dostawczych Żuk. Do tych ostatnich – pasowały.



Fot. Maciej Stanisławski

Nowatorskie sterowanie

Centralny układ sterowania skonstruowano dzięki wykorzystaniu nowoczesnego mikroprocesora. Jego zadaniem jest sterowanie pracą silników, a także nadzorowanie i formowanie parametrów jezdnych Elipsy.

Wieloletnie doświadczenia związane z pracami naukowo-badawczymi, dotyczącymi napędów z silnikami bezszczotkowymi prądu stałego (BLDCM), umożliwiły zespołowi pracowników Katedry Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej podjęcie współpracy przy realizacji projektu komercyjnego, którego celem było skonstruowanie małego pojazdu elektrycznego. Zaprojektowali i skonstruowali komutator elektroniczny zasilający silniki oraz opracowali odpowiedni program sterujący.

Obwody główne układu napędowego zbudowano w postaci modułu, składającego się z dwóch połączonych równoległe komutatorów elektronicznych, zabudowanych na jednym obwodzie drukowanym. Komutatory sterowane są za pomocą wspólnego, centralnego układu sterowania. Ponadto z przetwornikiem zintegrowana została przetwornica napięcia 48/12 V o wydajności 20 A, zasilająca instalację elektryczną pojazdu (sygnalizatory, światła, kierunkowskazy). Transystory MOSFET komutatorów i przetwornicy są chłodzone w sposób naturalny za pomocą wspólnego radiatora. Schemat blokowy całego układu napędowego przedstawiono na rysunku 1.

Komutatory elektroniczne zbudowano z wykorzystaniem tranzystorów mocy MOSFET IRFB 4310. Dla uzyskania odpowiedniej wydajności prądowej, zastosowano po dwa tranzystory, połączone równoległe. Do wyzwalania tranzystorów wykorzystano scalony driver IR 2130 wraz z odpowiednimi stopniami wzmacniającymi. Zastosowany driver przeznaczony jest do sterowania układem składającym się z sześciu tranzystorów połączonych w konfiguracji mostka.

Centralny układ sterowania pojazdem zrealizowano na bazie mikrokontrolera sygnałowego firmy Texas Instruments – TMS 320F2812. Pomiedzy driverami tranzystorów a mikrokontroler włączono układ programowalny. Zadaniem układu jest formowanie impulsów sterujących tranzystorami komutatorów na podstawie sygnałów z czujników położenia wirnika oraz z układu mikroprocesorowego, w zależności od wymaganego trybu pracy silników. Zastosowanie układu mikroprocesorowego umożliwiło rozszerzenie zadań realizowanych przez układ sterowania o dodatkowe funkcje, niedostępne w scalonych driverach silników BLDC. Oprócz regulacji pracy silników (realizacji algorytmu regulatorów PI prądów, wyboru kierunku wirowania i trybu pracy z silnikowej do generatorowej i odwrotnie), układ sterowania realizuje



Fot. Maciej Stanisławski

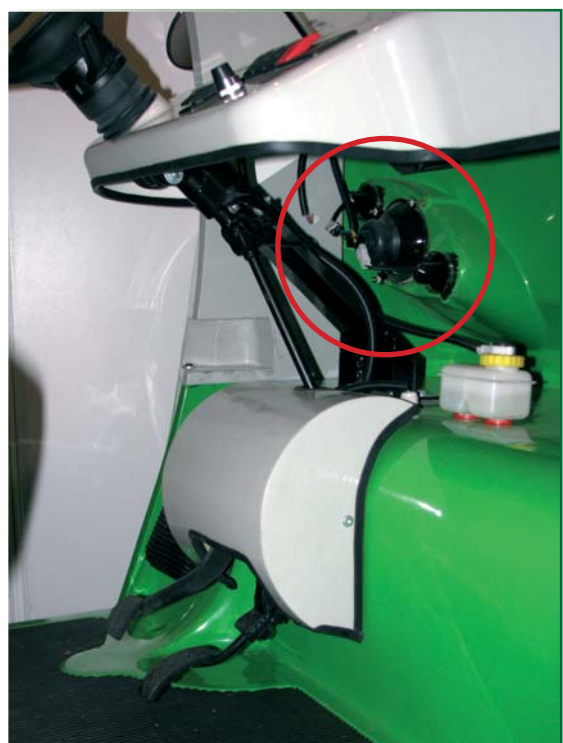
Nie mieliśmy okazji oglądać wersji wyposażonej w drzwi, ale widać wyraźnie, iż producent przewidział także takie warianty nadwozia. W czerwonych kółkach na zdjęciu powyżej widać wgłębienia technologiczne przeznaczone na zawiasy drzwiowe.

Deska rozdzielcza nad wyraz skromna, wykorzystuje standardowe elementy pochodzące z wnętrz innych pojazdów produkowanych seryjnie.



Fot. Maciej Stanisławski

Co kryje się pod czarnymi kopólkami? Dostęp do żarówek przedniego lewego zespołu reflektora. Widoczny na zdjęciu zbiorniczek płynu hamulcowego pamięta chyba jeszcze czasy PF 126 p.



Fot. Maciej Stanisławski



Polskie projekty

Fotoreportaż „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”

Dane techniczne podwozia

Zawieszenie kół przednich	Niezależne, na podwójnych wahaczach poprzecznych ze sprężyną śrubową, z hydraulicznymi amortyzatorami dwustronnego działania; skok kół przednich 50mm (odbicie 20mm, ugięcie 30mm)
Zawieszenie kół tylnych	niezależne, na wahaczach wleczonych o konstrukcji przestrzennej, ze sprężynami śrubowymi i amortyzatorami dwustronnego działania; skok kół tylnych-100mm (odbicie 40mm, ugięcie 60mm)
Obręcze	Tarczowe tłoczone z blachy stalowej, wymiar obręczy – 6.00 -10 ET-4'
Opony	Radialne o wymiarze 205/65 R10
Kolumna kierownicy	Typu bezpiecznego, dzielona
Hamulec zasadniczy	Hydrauliczny, dwuobwodowy
Hamulec pomocniczy	Mechaniczny, działający na koła tylne

Dane techniczne instalacji elektrycznej

Ilość akumulatorów	8
Typ akumulatora	Trakcyjny Trojan T – 105 6V
Pojemność akumulatora	225 Ah/20h 185 Ah/5h
Ciężar akumulatora	28kg
Wymiary akumulatora	dług.-260mm; szer.-180mm; wys.-270mm
Połączenie akumulatorów	Szeregowe
Napięcie nominalne instalacji pokładowej	DC 12V

Dane techniczne silników

Liczba silników	2
Typ silnika	Bezsztotkowy prądu stałego PMSG 806B BLDC
Umieszczenie silników	W tylnych wahaczach przestrzennych
Moc silnika	2kW
Moment obrotowy TN	6,5 Nm
Prędkość obrotowa NN	2200 obr./min.
Napięcie zasilania silników	26V
Prąd znamionowy JN	35A
Masa silnika	12kg

Dane techniczne układu przeniesienia napędu

Przekładnia główna	Ślimakowa kątowna zblokowana z silnikiem pod kątem 90° o przełożeniu 10:1 przenosząca napęd na koła tylne
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Wymiary pojazdu

Wysokość	1800mm
Długość	2462mm
Szerokość	1200mm
Rozstaw osi	1940mm
Rozstaw kół przednich	1024mm
Rozstaw kół tylnych	1050mm

Osiągi pojazdu

Prędkość maksymalna (z pełnym obciążeniem)	26,5km/h
Zdolność pokonywania wzniesień	15,00%
Minimalny promień skrętu	2,8m
Zasięg bez obciążenia	ok.130km
Zasięg z pełnym obciążeniem	ok. 70km

Masy pojazdu

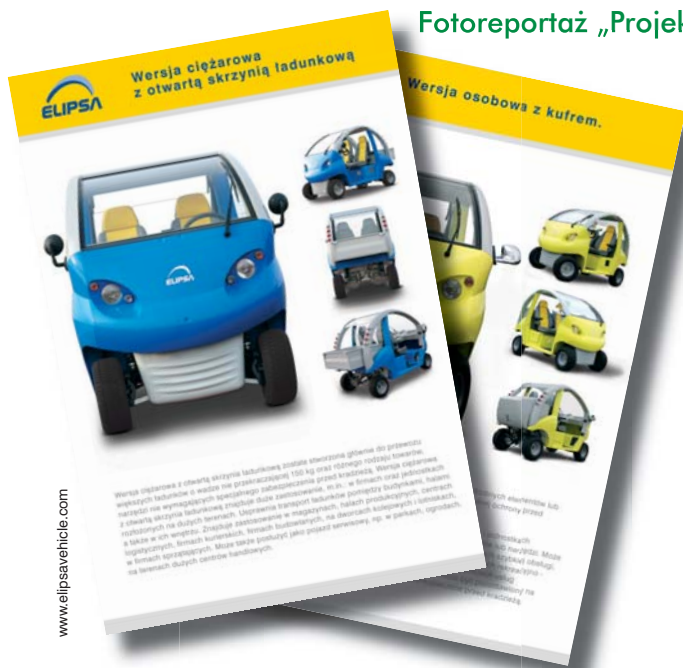
Masa własna (bez kompletu akumulatorów)	469kg
Masa własna (z kompletem akumulatorów)	694kg
Dopuszczalna masa całkowita DMC	1094kg



ZNTK Radom • 26-604 RADOM • ul. Domagalskiego • 048 365 16 62
e-mail: info@elipsavehicle.com • www.elipsavehicle.com

www.elipsavehicle.com

Czy elektryczne amerykańskie pojazdy (<http://www.gemcar.com/gemtown>) nie stanowiły przypadkiem inspiracji dla projektantki nadwozia Elipsy? Nie można mu jednak odmówić funkcjonalności i oryginalności. Powyżej przedstawiamy przedruk ulotki z danymi technicznymi modelu wyposażonego w kufer...



Fot. Maciej Stanisławski

dodatkowe procedury mające na celu: zabezpieczenie obwodów głównych komutatorów i silników, poprawę komfortu jazdy, komunikację z panelem wyświetlacza TFT, akwizycję przyczyn wyłączeń awaryjnych.

Przeprowadzone badania zachowania pojazdu w warunkach szosowych i terenowych pozwoliły na opracowanie dodatkowych algorytmów sterowania, które znacznie poprawiają komfort użytkowania pojazdu.

Z pozoru minimalistyczny, cichobieżny pojazd wyposażono jednak w wiele funkcji gwarantujących wygodę i bezpieczeństwo jazdy. Na uwagę zasługują zwłaszcza elektroniczny odpowiednik mechanizmu różnicowego, system kontroli poślizgu kół napędowych i układ pozwalający na optymalne wykorzystanie energii zmagazynowanej w akumulatorach. O ich wyczerpywaniu informuje zresztą zestaw wskaźników na desce rozdzielczej, a także wyraźny – chociaż nieuciążliwy – sygnał akustyczny.

Co dalej?

Auto produkowane będzie w dwunastu wersjach, a właściwie kombinacjach. Może być dwumiejscowe z kufrem, skrzynią ładunkową, czy też z dodatkowymi siedzeniami – wówczas przeznaczone jest dla trzech pasażerów i kierowcy. Nadwozia mogą być z drzwiami lub bez. Kolory też będą do wyboru: żółty, niebieski, czerwony, pomarańczowy i zielony.

Do tej pory w należącym do ZNTK Zakładzie Pojazdów Elektrycznych Elipsa wyprodukowano niespełna trzydzieści samochodzików w cenie ok. 36 tysięcy zł za sztukę. Produkcja trwa. Docelowo ma być produkowane tysiąc Elips rocznie, a zatrudnienie przy ich montażu znajdzie 50 – 60 osób. Projekt pochłonął około 700 tys. zł, co wydaje się kwotą śmiesznie niską, biorąc pod uwagę potencjał całego przedsięwzięcia.

– Myślę, że przyszłość należy właśnie do aut z napędem elektrycznym. W naszej katedrze prowadzimy dalsze prace badawcze w celu zwiększenia prędkości ELIPSY przy zachowaniu wysokiej sprawności całego napędu – zapewnił dr inż. Tomasz Biskup z Politechniki Śląskiej.



Konstrukcja przestrzennego wahacza, kryjąca w sobie zarówno silnik elektryczny, jak i prostą przekładnię przekazującą napęd na tylne koła.

Obok: tabliczka znamionowa. Proces homologacji trwa, także nie umieszczono na niej jeszcze stosownego wpisu. Na razie Elipsa jest pojazdem wolnobieżnym.

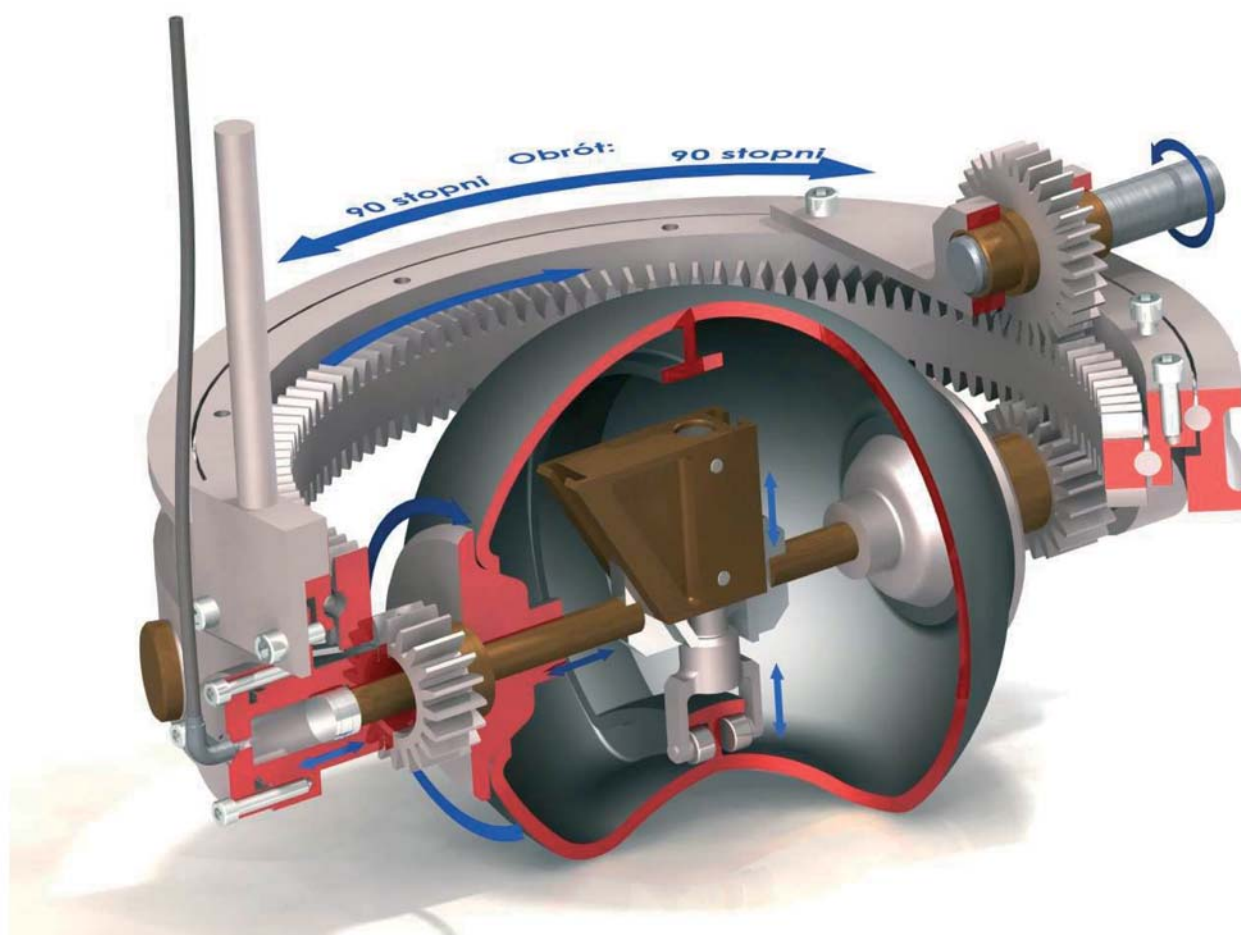
Fot. Maciej Stanisławski





Jazda po ścianie? Czy to możliwe?

Podciśnieniowy system jezdny



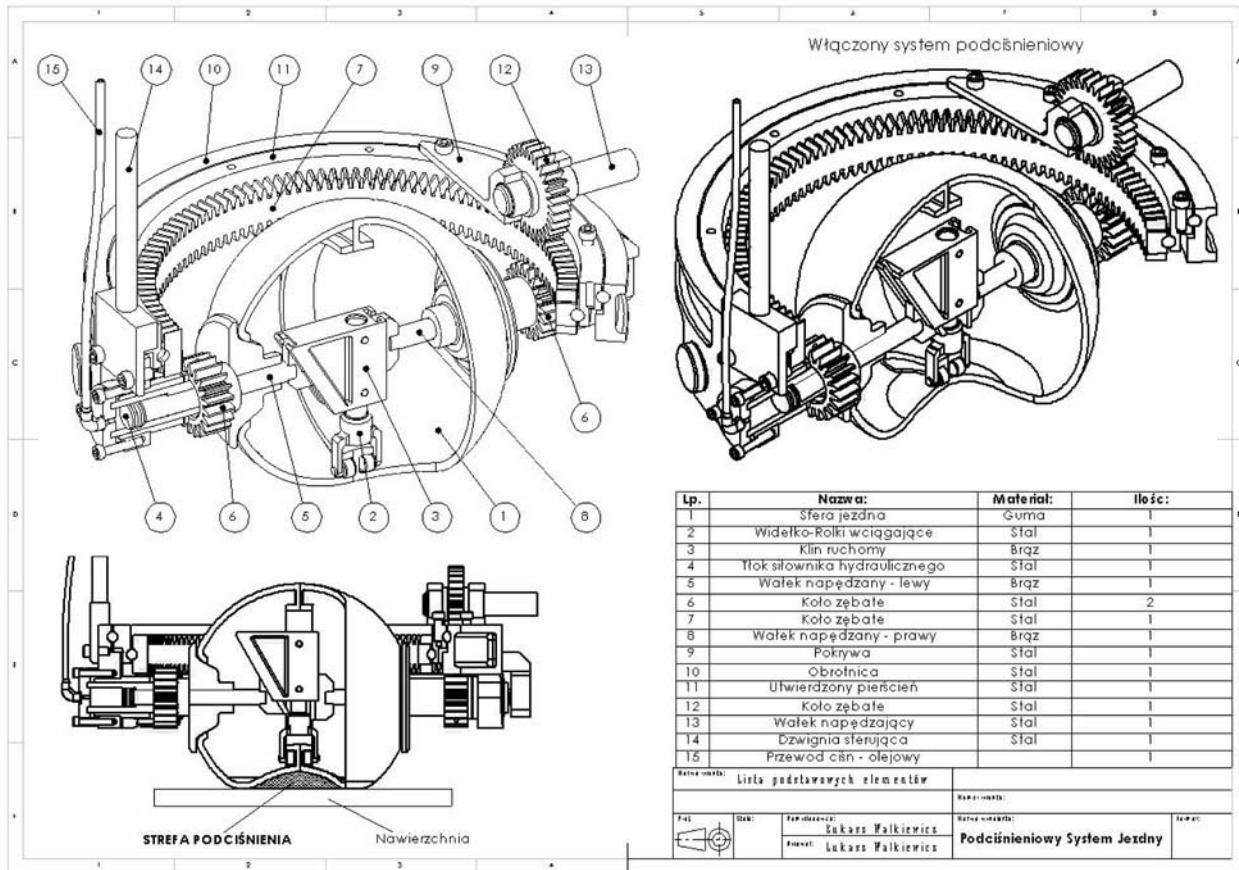
Rys. Łukasz Walkiewicz

TEKST: Maciej Stanisławski

Jako mały chłopiec stosunkowo często odwiedzałem rodzinę, która wyemigrowała do Holandii. Do dzisiaj pamiętam, jak mój stryj zabrał mnie na wycieczkę po centrum jednego z miast (chyba była to Haga) i pokazał nieduży parking zastawiony samochodami. Ot, zwykły plac, na którym poza samymi samochodami (dla dzieciaka wychowanego w siermiężnym PRL właśnie samochody były jedną z głównych atrakcji każdego pobytu za żelazną kurtyną) nie było pozornie nic ciekawego. Uwagę moją wzbudziła tylko ściana sąsiadującego z placem budynku. Ściana, na której wymalowano poziome znaki drogowe (w takiej konfiguracji były w zasadzie pionowe) takie jak pasy, strzałki wskazujące kierunek jazdy i wreszcie miejsca parkingowe. Wyraźnie odcinały się od betonowej elewacji. Szeroko otworzyłem oczy ze zdumienia, gdy na jednym z miejsc ujrzałem „zaparkowany” samochód.



Rys. Łukasz Walkiewicz



Rys. 1.

Przez moment byłem skłonny uwierzyć, że... jest to możliwe. I moje wątpliwości wzbudził nie sam fakt, jak trudno byłoby opuścić tak zaparkowany samochód, ani nie to, że w ogóle tam stał, wisiał – jakkolwiek to nazwać. Otóż brakowało jakiegokolwiek rampy wjazdowej: ściana budynku z wymalowanymi pasami łączyła się z nawierzchnią parkingu pod kątem 90°. Przymknąłem oczy (już nie zdumione) i straciłem zainteresowanie niekonwencjonalną instalacją. Wydarzenie to przypomniałem sobie niedawno, gdy na moją skrzynkę mailową przyszła dość interesująca wiadomość. Po jej przeczytaniu doszedłem do wniosku, że coś na kształt parkingu z Hagi mogłoby doczekać się realizacji.

Zamieszczone obok ilustracje prezentują opracowanie – a w zasadzie wynalazek – autorstwa inżyniera Łukasza Walkiewicza. Podciśnieniowy System Jezdny (PSJ) – bo tak nazywa się to urządzenie – ma na celu radykalne poprawienie przyczepności jakiegokolwiek pojazdu (oczywiście wyposażonego w ten system) do twardej nawierzchni.

Budowa PSJ

Właściwy układ jezdny jest zbudowany z obręczy stalowej, obrotnicy, kół zębatych, siłownika hydraulicznego, wałka

napędowego, dwóch wałków napędzanych (lewy i prawy), sfery jezdnej (tajemnica przyczepności tkwi właśnie w niej) i klinów. Połączenie przedstawionych na rys.1. elementów 7. z 11. i 11. z 10. zrealizowano za pomocą kulek obiegowych (dokładnie tak, jak w typowym łożysku).

Zasada działania.

Napęd na sferę jezdnią (rys. 1., nr 1) przekazywany jest za pomocą wałka napędowego (nr 13), dalej poprzez koło zębate (nr 7) i dalej na walek napędzany prawy (elementy nr 8 i 5). Dźwignia (nr 14) służy do zmiany kierunku jazdy (o kąt 90° w prawo lub 90° w lewo).

System podciśnienia załączany jest za pomocą siłownika hydraulicznego zamontowanego wewnątrz wałka napędzanego lewego (nr 5). Olej tłoczony jest do siłownika poprzez przewód ciśnieniowy (nr 15), co powoduje przesuw liniowy tłoka razem z tłoczyskiem.

Na końcu tłoczyska zamontowany jest klin, który naciska na klin ruchomy (nr 3), co powoduje unoszenie widelko-rolek (nr 2), które unoszą spód sfery jezdnej. W efekcie zostaje wytworzona strefa podciśnienia pomiędzy sferą, a nawierzchnią.



Rys. Łukasz Walkiewicz

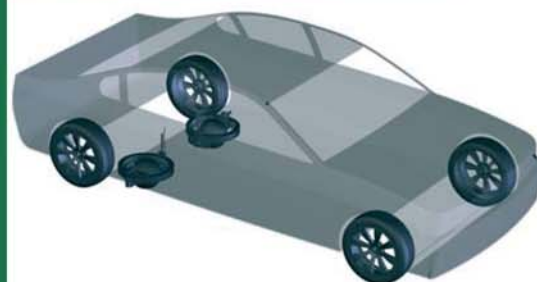


Pojazdy wspinające się po
gładkich, szklanych elewacjach
nowoczesnych budynków...



Wybrane korzyści płynące z zastosowania PSJ
w pojazdach poruszających się po drogach
publicznych:

- pojazd może jeździć po nawierzchni pochylonej pod dużym kątem, w dowolnym kierunku (nie zsuwając się z niej),
- rozpędzony pojazd na zakrętach trzyma się („przylepia się”) nawierzchni – brak efektu „zarzucania tyłem” podczas szybko pokonywanych zakrętów,
- dzięki efektowi „przylepiania się” pojazdu do nawierzchni zredukowano drogę hamowania (zwiększona siła tarcia),
- działanie na zasadzie hamulca ręcznego – zatrzymanie się pojazdu na pochylonej pod ostrym kątem nawierzchni i nie zsuwanie się z niej.



Rys. Łukasz Walkiewicz

Rys. przedstawiający przykładowe umiejscowienie
elementów systemu w konstrukcji współczesnego
samochodu.

Podczas kiedy strefa podciśnienia jest aktywna, sfera jezdna może być cały czas w ruchu (obracać się), bądź też pozostawać nieruchoma. Czy oczami wyobraźni widzą już Państwo pojazdy wspinające się po gładkich, szklanych elewacjach nowoczesnych budynków?

Żeby wyłączyć strefę podciśnienia wystarczy zmniejszyć ciśnienie w siłowniku hydraulicznym. Gabaryty całego PSJ są uzależnione od rodzaju pojazdu, do którego ma on zostać dopasowany.

Na początku opracowania wspomniałem o samochodach wykorzystujących opisywane tutaj rozwiązanie. Niewykluczone, że znalazłoby ono w nich zastosowanie, ale osobiście docelowo wskazywałbym na jego użycie w różnego rodzaju zautomatyzowanych maszynach inspekcyjnych, różnego rodzaju robotach mobilnych itp. aplikacjach. Autor projektu wskazuje – jako potencjalne obszary zastosowania swojego pomysłu – właśnie pojazdy zrobotyzowane, które muszą wjechać w trudno dostępne miejsca np. po ukośnych lub pionowych ścianach (np. robot myjący okna na zewnątrz budynków), ale także pojazdy służące do przewożenia ludzi i towarów. Wynalazek został zgłoszony do Urzędu Patentowego i pozostaje mieć nadzieję, iż zostanie zrealizowany w praktyce.



Wszyscy zainteresowani kontaktem z autorem projektu, mgr inż. Łukaszem Walkiewiczem, mogą skorzystać z poniższego adresu mailowego: l.walkiewicz@op.pl



Takie będą Rzeczypospolite

Listopad nieodmiennie nastraja patriotycznie. Z Dniem Zadusznym we wspomnieniach wracają wówczas przodkowie z czasów zaborów albo Drugiej Rzeczypospolitej, a Święto Niepodległości zawsze przecież jest okazją do refleksji i to nie tylko historycznej, ale dziś szczególnie natury socjologicznej.

AUTOR: Tomasz Gerard

Takie będą Rzeczypospolite jakie ich młodzieży chowanie – słusznie mówił Jan Zamojski i dlatego tak uważnie patrzymy co też się nam szykuje na froncie tzw. pracy z dziećmi i młodzieżą. Co prawda kanclerz Zamojski nie doczekał czasów przymusowej państwowej edukacji, ale przecież jego sentencja nie straciła z tego powodu nic na swojej aktualności. Jak nam tłumaczą różne „autorytety” – dziś, w dobie globalizacji, przyszedł czas na patriotyzm europejski i globalny, toteż takie ma być dzisiejsze młodzieży chowanie – europejskie i globalne właśnie. A że przenika do naszej rodzimej edukacji ożywczy wiew zagranicy to przecież widać, słyhać i czuć.

Nauczyciele (poza oczywiście chlubnymi wyjątkami rzeczywistych pasjonatów) już nie bardzo potrafią uczyć normalnie. No bo jak ktoś wychowany na telewizji lub podobnych „oknach na świat” może umieć przygotować prawdziwie pasjonujący wykład? Więc mnóstwo dziś warsztatów, dram i innych „aktywizujących” metod, i co? – i jest coraz gorzej.

Tonący chwytą się podobno nawet brzytwy, a naszym nauczycielom – też chyba w celach ratunkowych – podaje się dziś prawdziwą brzytwę: metodę transcendentalnej medytacji w nauczaniu dzieci. Oto organ prasowy Centralnego Ośrodka Doskonalenia Nauczycieli odkrywa przed nauczycielami (w celu ich doskonalenia rzecz jasna i to centralnego) wspaniałości technik sidhi i jogicznego latania. W wyniku tych technik – jak czytamy – umysł ucznia zaczyna funkcjonować (...) z bardziej radosnego poziomu, a ciało jego staje się bardziej zrelaksowane. Pomoga to zrozumieć dziecku m.in. „całość istnienia”. Takie rzeczy, jak mówi pani z CODN, są w polskiej oświacie mało znane, ale na zachodzie efekty tej metody są bardzo znaczące. O to, to, nie ma to jak na zachodzie.

Na stronach internetowych gdzie m.in. przekonuje się polskich nauczycieli do jogicznego latania, znalazłem zresztą masę podobnie ciekawych inicjatyw, a przy jednej z nich wytłumaczenie, że jest ona szansą na niwelowanie nierówności edukacyjnych. To są jeszcze jakieś nierówności? Niesamowite! Od całych dziesięcioleci: jedynie słuszny program (jednakowy dla wszystkich), takie same przedmioty nauczania (dla wszystkich), obniżanie poziomu i wymagań do granic, i jeszcze są nierówności? Wygląda po prostu na to, że są tacy, którzy mimo wszystko się uczą, a są inni, którzy – też mimo wszystko – nie chcą i nie uczą się. Cokolwiek by nasi metodycy i inni specjaliści od wyrównywania szans nie robili – nawet gdyby latali pod sufitem, choćby na modłę jogiczną. No to po co tak męczyć tych bezwzględnie niechętnych? Ano, okazuje się, że są takie takie powody, dla których trzeba to robić.

Chodzi, proszę Państwa, o podniesienie poziomu kultury w społeczeństwie, który jest niski. I dlatego nasi przywódcy (partyjni i państwowi) podejmują takie trudne wyzwania. „Sam fakt, że w przyszłości (...) orać będą ludzie mający średnie wykształcenie – to już będzie samo przez się decydować, że prace te nabiorą kultury” pisał w 1947 roku w artykule „O ustroju kolchozowym i kolchozach” Michał Kalinin – wybitny działacz partii komunistycznej i państwa radzieckiego. No więc w myśl tych wskazań trzeba te różnice niwelować w dalszym ciągu, żeby w końcu wszyscy już mieli te średnie wykształcenie. Ale znów, jak się okaże, że to się tym uczniom niechętnym nie spodoba – to że mają się jednak uczyć – i zechcą zaprotestować...

A właśnie w początkach listopada uruchomiony został specjalny bezpłatny telefon zaufania dla dzieci i młodzieży, pod którym rozmaici psychologowie, pedagodzy i konsultanci – wykwalifikowani rzecz jasna (jak podają w serwisach informacyjnych) – czekają aby udzielać profesjonalnej porady dzieciom w sytuacjach kryzysowych, a w razie potrzeby nawet inicjować interwencje policyjne. A czyż takie zmuszanie do nauki – ciągle wymagania, klasówki, wyrywanie do odpowiedzi, sprawdzanie zadań – czyż to wszystko nie jest psychicznym nękaniem, dręczeniem, strasliwą traumą dla tych młodych ludzi, którzy nie chcieli nigdy dotąd, nie chcą teraz i nie będą chcieli się uczyć? Może ten telefon jest więc dla nich pewnym rozwiązaniem? Co prawda – jak uściśla w swojej wypowiedzi prezes jednej z firm telekomunikacyjnych (która jest zaangażowana w projekt), nota bene były wicepremier – z tym telefonem, to chodzi o to, żeby uniknąć – a jakżeby inaczej – tragedii rodzinnych, to jednak może i na grunt szkolny też da się jakoś to implementować. Już sobie wyobrażam dwojących się i trojących konsultantów, którzy starają się wytłumaczyć zgłaszającym pretensje uczniom, że ta nauka w szkole to nie żadna przemoc, ani molestowanie, że co innego gdyby coś się działo w rodzinie, najlepiej takiej „porządnej”, że trzeba robić lekcje i się uczyć, i żeby zadzwonili jak rodzice nie będą chcieli ich wypuścić na całonocną „balangę”, to wtedy zadziałają, może nawet z interwencją odpowiednich organów. No byłoby to wówczas naprawdę czymś w rodzaju strzelania gola do własnej bramki drużyny urzędników-zarządców tej naszej współczesnej Rzeczypospolitej, co to będzie przecież taka jak to dzisiejsze chowanie nieszczęsne. Bo nie wygląda to różowo: zaczyna się od odrzucenia edukacji klasycznej, potem mamy transcendentalną medytację, żeby w ostatecznym rozrachunku szukać pomocy u „zaufanych” specjalistów. Chciałoby się zapytać: a gdzie rodzice? Jak to gdzie? – w pracy... Ale to już zupełnie inna historia. □

W grudniowym wydaniu m.in.:

- *ewolucja systemów CAD/CAM cz. II*
- *modelowanie powierzchniowe cd.*
- *polskie projekty*
- *właściwości stali cz. III*
- *programowanie w BRL-CAD*
- *ciekawe wdrożenia*
- *historia cz. II: konstrukcja samolotu LWS-6 (PZL-30)*
- *i wiele innych!*



druk skan kopia

w dowolnym
nakładzie



Brak czasu nagrzewania
Obsługa w języku polskim
Najniższa emisja ozonu
Budowa modułowa
Ergonomia pracy



www.oce.com.pl

Pełna gama systemów Océ

Warszawa, ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 7, tel. (0 22) 500 21 00,
fax (0 22) 500 21 10; Gdynia tel./fax (0-58) 661 28 17; Katowice
tel. (0-32) 259 25 16, fax (0-32) 259 26 95; Kraków tel./fax (0-12) 427 24 73;
Poznań tel./fax (0-61) 831 12 81; Szczecin tel. (0-91) 812 00 23,
fax (0-91) 814 33 53; Wrocław tel./fax (0-71) 781 77 70



Océ TDS700
to wydajność

- Prędkość druku: 6 mb/min.
- Ilość automatycznych podajników: 6
- Skanowanie: kolor (opcja)



Océ TDS600
to wytrzymałość

- Prędkość druku: 5 mb/min.
- Ilość automatycznych podajników: 4
- Skanowanie: skala szarości



Océ TDS450
to elastyczność

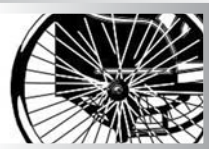
- Prędkość druku: 3 mb/min.
- Ilość automatycznych podajników: 2
- Skanowanie: kolor (opcja)



Océ TDS320
to ekonomia

- Prędkość druku: 3 mb/min.
- Ilość automatycznych podajników: 2
- Skanowanie: skala szarości

milion
użytkowników



Najdroższy samolot międzywojennej Polski cz. I

LWS-6 (PZL-30) „Żubr”

Skonstruowany, jako samolot pasażerski, następnie rozwijany, jako konkurent samolotu PZL-37 „Łoś” w wyborze na przyszły bombowiec dla polskiego lotnictwa wojkowego, mocno odstępował technicznie od swego rywala. Na temat tego samolotu padały różne opinie, z reguły negatywne. Zarzucano mu przestarzałą konstrukcję, mały udźwig oraz bardzo wysoką cenę. Trudno się z tym nie zgodzić, ale trzeba też przyznać, iż samolot ten posiadał także zalety, jak np. silne uzbrojenie obronne czy łatwość w pilotażu. Uchodził także za samolot bardzo bezpieczny. W niniejszym artykule postaram się wyjaśnić nieścisłości związane z tą konstrukcją oraz odpowiedzieć na takie pytania, jak: dlaczego nie użyto „Żubrów” bojowo we wrześniu 1939 r. lub, dlaczego mimo posiadania innych nowoczesnych projektów, program rozwoju LWS-6 nadal kontynuowano. Warto także dodać, iż LWS-6 posiadał najnowocześniejsze wyposażenie radiowo-nawigacyjne wśród polskich samolotów okresu przedwojennego.

AUTOR: Jakub Marszałkiewicz

Na wstępie warto wyjaśnić kwestię nazewnictwa. W większości opracowań samolot ten figuruje, jako LWS-4, jednak (jak podaje znany historyk polskiego lotnictwa – pan Andrzej Morgała w „Samolotach wojskowych w Polsce 1924-1939” str. 160) – dokumentacja i wyniki badań Instytutu Techniki Lotniczej były opracowane dla samolotu LWS-6 i tak należy „Żubra” określać. Oznaczenie LWS-4 pojawiło się w prasie w latach 60., prawdopodobnie z powodu błędu pamięciowego.

Rozwój konstrukcji

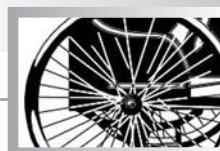
W 1933 r. zakłady PZL opracowały na zamówienie Departamentu Lotnictwa Cywilnego przy Ministerstwie Komunikacji, projekt samolotu pasażerskiego PZL-30 dla PLL LOT, który miał być następcą samolotów Fokker F-VII/3m. Poprzednie doświadczenia przy budowie prototypu PZL-4, wykazały spore trudności przy budowie w pełni metalowego samolotu tej wielkości o zadowalająco małej masie. Dużo lepsze efekty osiągnięto w przypadku konstrukcji mieszanych, jak np. komunikacyjny PZL-27 opracowany przez inż. Zbysława Ciołkosza. Ten sam konstruktor wziął na siebie także opracowanie pasażerskiego PZL-30. Samolot ten miał być dwusilnikowym gór-

nopłatem z kadłubem o szkielecie spawanym z rur stalowych i z drewnianym skrzydłem krytym sklejką (wg patentu Fokkera). PZL-30 miał zabierać 10-12 pasażerów oraz mieć zasięg co najmniej 1000 km. Zespół napędowy miał się składać z dwóch silników gwiazdowych Pratt & Whitney Wasp Junior o mocy 400 KM (295 kW). W 1934 r. prace konstrukcyjne były ukończone i przystąpiono do budowy prototypu PZL-30/I. W czasie, gdy wykonana była już kratownica kadłuba oraz rozpoczęto budowę skrzydeł, PLL LOT ostatecznie... odrzuciła tę ofertę na korzyść nowocześniejszego Douglasa DC-2, montowanego na licencji w zakładach Fokker w Amsterdamie. Dalszy rozwój wersji pasażerskiej nie miał już sensu, a Ministerstwo Komunikacji zrekomensowało zakładom PZL poniesione koszty, rzędu 150-200 tys. zł. Najprawdopodobniej po ukończeniu PZL-30 kabina pasażerska byłaby podobna do tej z PZL-27, z którego zaczerpnięto ogólny kształt płatów oraz usterzenia.

W 1932 r. opracowano w Departamencie Aeronautyki MSWojsk. dokument „Rozbudowa lotnictwa 1933-1935r.”, który zakładał m.in. budowę prototypu „płatowca bombardującego o średniej nośności” z terminem realizacji do 1 maja 1936 r. Według tych założeń inż. Jerzy Dąbrowski opracował niezwykle nowoczesny bombowiec PZL-37 „Łoś”. Była to jednak konstrukcja tak zaawansowana, iż obawiano się, że PZL może nie podołać jej produkcji. Szukano, więc rozwiązań zapasowych.

Szef Departamentu Aeronautyki płk Rayski dał się wtedy namówić przez płk Tytusa Karpińskiego, by niemal gotowy projekt PZL-30 przerobić na... bombowiec. Jak się później okazało, decyzja ta kosztowała polskiego podatnika wiele milionów zł, które można było wykorzystać dużo lepiej. Płk Tytus Karpiński, II Zastępca (Techniczny) D-cy Lotnictwa był człowiekiem bardzo nie lubianym, aroganckim, bez własnego zdania. Posiadał niewielką wiedzę o lotnictwie. Miał w zwyczaju lekceważyć zwłaszcza tych kolegów, którzy odznaczał się dużą wiedzą i doświadczeniem lotniczym. Krótko mówiąc był przeciwieństwem idei polskiego oficera.

Nowy prototyp bombowca oznaczono, jako PZL-30/BI. Otrzymał on także od wojska nazwę „Żubr” oraz numer ewidencyjny typu: 71. W założeniu załoga miała się składać z 4 osób a udźwig miał wynosić 1200 kg, co okazało się tylko pobożnymi życzeniami. Samolot skonstruowano zgodnie z praktyką francuską (kanciaste kształty), włoską (mieszana konstrukcja kryta płótnem) oraz teorią Douhet’a, zakładającą, iż bombowiec jest podstawowym środkiem sił powietrznych i powinien potrafić obronić się sam przed myśliwcami prze-



Fot. 1. Pierwszy prototyp PZL-30/BII

(źródło: „Samoloty wojskowe w Polsce 1924-1939”, A. Morgala, wyd. Bellona 2003)

ciwnika. Z założenia więc „Żubr” miał być „latającą fortecą” o silnym uzbrojeniu obronnym. Dlatego inż. Ciołkosz uwzględnił w projekcie aż 5 k.m. (!) oraz po raz pierwszy w Polsce zastosował elektryczne wieżyczki strzeleckie. Konstruktor ten opracował także oryginalny patent chowania podwozia, polegający na wciąganiu kół za pomocą śruby, przy czym golenie po schowaniu wystawały, tworząc niby-zastrzały, między gondolami silników a dołem kadłuba. Budowę prototypu przeniesiono z zakładu przy lotnisku mokotowskim do nowej Wytwórni Płatowców PZL na Okęciu-Paluchu, gdzie był pierwszym samolotem zbudowanym przez ten zakład. Prototyp PZL-30/BII został oblatany na Okęciu w marcu 1936 r. przez znanego i bardzo doświadczonego pilota Bolesława Orlńskiego.

24 kwietnia samolot przekazano do prób w Instytucie Badań Technicznych Lotnictwa (ITL), gdzie do 3 lipca wylatał 45h. Próby wykazały dobre własności pilotażowe, oraz... niskie osiągi, spowodowane zbyt słabymi silnikami. Karpiński zażądał więc pośpiesznej wymiany silników na Pegasusy VIII o mocy 680 KM (500 kW), przy minimalnych przeróbkach konstrukcji płatowca (silniki te produkowano w Polsce na licencji Bristola, jako PZL Pegaz VIII dla samolotów PZL-23 „Karaś”). Samoloty wojskowe miały otrzymywać wyłącznie silniki polskiej produkcji, co wykluczało użycie Waspa, przewidzianego dla pasażerskiego PZL-30. Próby wykazały także, że śrubowy system chowania podwozia jest wadliwy. Jego śruba o długości 1,5 m i średnicy 60 mm miała zbyt dużą masę, a „zastrzały” powstałe po schowaniu podwozia dawały duży opór aerodynamiczny. By schować podwozie należało wykonać wiele obrotów korbą, a schowane podwozie podwyższało prędkość maksymalną jedynie o 15 km/h. Zalecono więc wymianę podwozia. Przeprowadzono także próby w locie bez widoczności, w czym akurat „Żubr” się sprawdził.

PZL-30/BII

W lipcu i sierpniu 1936r., razem z instalacją Pegazów VIII, wymieniono też podwozie na chowane w gondole silnikowe, francuskie, dwu goleniowe Air Equipment (wraz z francuskimi silnikami elektrycznymi) oraz zainstalowano hamulce Dunlope. W wyniku przeróbki masa samolotu wzrosła aż o 1113kg!

Prototyp ten oznaczono jako PZL-30/BII. Przeszedł on szereg prób w IL (13.09-28.10.1936r.), wykonując 35h lotów. Próby wykazały, że dotychczasowy statecznik pionowy (wzorowany na PZL-27) posiada zbyt małą powierzchnię, co nie zapewnia odpowiedniej stateczności kierunkowej, więc go powiększono w wersji seryjnej. Niestety, PZL-30/BII rozbił się 7.11.1936 r., o czym za chwilę.

LWS-6

Ponieważ Lubelska Wytwórnia Samolotów nie była w tym czasie obciążona zbyt inną produkcją i posiadała doświadczenie w budowie konstrukcji mieszanych, zlecono im przejęcie od PZL produkcji seryjnych „Żubrów” pod oznaczeniem LWS-6. Inż. Ciołkosz został tam dyrektorem technicznym i kierownikiem biura konstrukcyjnego. Umowa obejmowała dostarczenie: pierwszego egzemplarza nr. 71.2 do ITL w terminie do 12.06.1937 r., trzy sztuki 71.3, 71.4, 71.5 do 12.07.1937 r., 71.6, 71.7, 71.8 do 12.08.1937 r., 71.9, 71.10, 71.11 do 12.09.1937 r., 71.12, 71.13, 71.14 do 12.10.1937 r. oraz 71.15, 71.16, 71.17 do 12.11.1937 r. W 1938 r. odstąpiono jednak od numeracji po kolei, przydzielając numery nieregularne, np. 71.24, 71.88 (w celu dezinformacji).

W listopadzie przyjechała do Warszawy delegacja z Rumunii w celu zapoznania się z samolotem, który chcieli zakupić w ilości 24 sztuk. Lot demonstracyjny na PZL-30/BII odbył się w dniu 7.11.1936 r. Około godziny 11.20 samolot spadł w pobliżu wsi Michałowie, koło Pruszkowa.

Niniejszy artykuł, a właściwie jego pierwsza część, stanowi fragment monografii samolotu bombowego LWS-6 (PZL-30) „Żubr”, opracowanej przez autora na podstawie maksymalnie dużej ilości źródeł, co gwarantuje jej wysoką jakość. Tak szczegółowego opisu samolotu „Żubr” nie było jeszcze w literaturze polskiej oraz zagranicznej, więc wydaje się, iż cel, jakim było opracowanie pełnej monografii tego ciekawego samolotu został osiągnięty.

redakcja



Zginęła całą załoga: por pil. Jerzy Rzewnicki (pilot doświadczalny ITL), ppor. rez. obs. Jerzy B. Sztajer (sekretarz techniczny ITL) oraz... rumuńscy pasażerowie Michał Pantazi oraz kpt. Roman Popescu. Dziś w miejscu katastrofy znajduje się warszawska ul. Rumuńska oraz płyta upamiętniająca to wydarzenie. Samolot został doszczętnie rozbity, a lewe skrzydło rozpadło się na kawałki. Była to jedyna katastrofa z udziałem LWS-6. Wobec wypadku Rumunia wycofała zamówienie, a produkcję LWS-6 wstrzymano do wyjaśnienia. Inż. Ciołkosz za prawdopodobny powód podał przypadkowe otwarcie drzwi przez pasażerów; drzwi oderwały się i uderzyły w śmigło. Miało to pociągnąć za sobą uszkodzenie śmigła, wibracje oraz wybudowanie się silnika z łoża. Nie zostało to jednak potwierdzone.

W maju 1937 r. przeprowadzono próbę statyczną płata, który wykazał małą sztywność na skręcenie, wskutek braku rozpórki między dźwigarami oraz nieprawidłowego – w tym konkretnym przypadku – ułożenia sklejk pasmami ukośnie, a nie równoległe do osi dźwigara, co obniżyło wytrzymałość o 40% w przypadku gięcia po długości. Teoretycznie zapewniło za to większą o 40% wytrzymałość na skręcenie, jednak zniwelował to brak rozpórki. Okazało się, że wytrzymałość podłużna była ważniejsza (i niedostateczna) w przypadku LWS-6. Niestety z wypadku oraz prób nie wyciągnięto odpowiednich wniosków. Następne kesony także pokrywano sklejką pod kątem 45°, co wymuszało konieczność pogrubiania przekrojów i zwiększania masy płata. Pomysł z ułożeniem sklejk pod kątem był dobry (stosuje się go powszechnie, np. w laminatach), ale w tym przypadku nie trafiony i nie dopracowany. Keson nie wytrzymał i rozpadł się na kawałki. Poza tym wykryto małą wytrzymałość skleń. Inż. Ciołkosz został wkrótce zastąpiony przez inż. Jerzego Teisseyre, a jego zastępcą został inż. Władysław Fiszdón. ITL przekazało wytwórni wnioski z tych prób w 1937 r. Wcześniej jednak LWS przekonstruowało dźwigary na prostokątne o pełnym przekroju, kle-

jone z 6 warstw listew, a na pokrycie użyto sklejk o grubości 6 mm u nasady płata. Sklejkę ułożono diagonalnie pasmami zewnętrznymi pod kątem 45° do osi dźwigarów. Na górnych powierzchniach płatów dodano duralowe intercepty (przerwywacze), co zwiększyło skuteczność lotek.

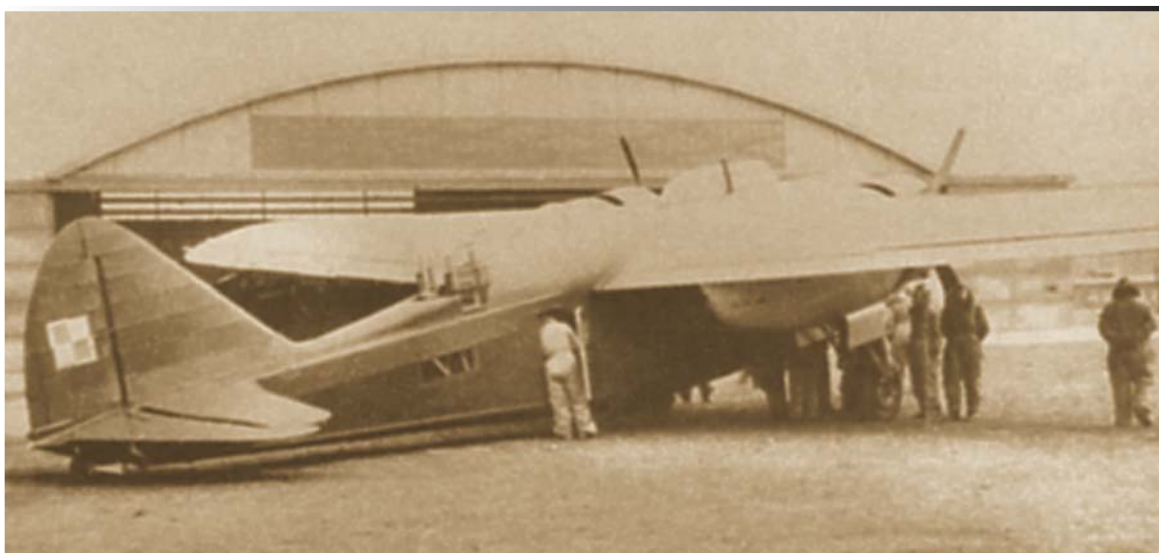
Pierwszy egzemplarz LWS-6 ukończono 7.12.1937 r. Wskutek przeróbek okazał się cięższy od prototypu PZL-30/BII o 747 kg. Najbardziej ucierpiał na tym udźwig, który wynosił już zaledwie 660 kg, zamiast planowanego 1200 kg...

W celu oszczędności na masie zaprojektowano specjalny płat o szkieletie ze spawanych rur chromolibdenowych, który był lżejszy od drewnianego o 300 kg. Ofertę w tej sprawie złożono 27.12.1937 r. Od stycznia trwały w ITL próby LWS-6 w wersji z pojedynczym oraz podwójnym usterzeniem. Orzeczenia z badań wydano 12.05, 23.05 oraz 30.06.1938 r. Testy osiągowość prowadzono na „Żubrze” nr 71.24.

Pierwsze seryjne LWS-6 posiadały statecznik pionowy starszego typu, jednak z czasem wymieniono je na nowy, bardziej zaokrąglony, większy i o skorygowanej kompensacji osiowej.

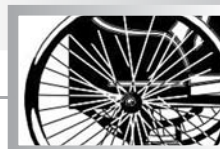
LWS-5

W międzyczasie LWS złożyła w Kierownictwie Marynarki Wojennej ofertę przeróbki LWS-6 na wodnosamolot torpedowy, która została przyjęta w dniu 12.04.1937 r. Umowa nr. 11/37 uwzględniała budowę prototypu, oznaczonego jako LWS-5, który miał być dostarczony do 12.12.1937 r. LWS-5 miał najpierw otrzymać podwozie kołowe, a po przeprowadzeniu prób i przelocie do Pucka zamontowano by mu pływaki duralowe Short, które pozostały po prototypie Lublin R-XX. Planowano także zamówienie pięciu maszyn seryjnych. Dwie pary pływaków wysłano w sierpniu 1937 r. do Lublina oraz cztery pary do Pucka. Budowa prototypu rozpoczęła się w drugiej połowie 1937 r. Prace przebiegały z opóźnieniem, wskutek ciągle toczącego się dochodzenia w sprawie katastrofy PZL-30/BII oraz nie do końca ustalonego planu modernizacji kon-



Fot. 2. Seryjny LWS-6, jeszcze ze statecznikiem pionowym starszego typ

(źródło:
„Polskie samoloty woj-
skowe 1918-1939”,
A. Morgała,
wyd. MON 1972)



strukcji, obejmującej m.in. wymianę statecznika pionowego. LWS-5 miał otrzymać także wspomniany wcześniej nowy rodzaj płata, spawany z rur chromolibdenowych. Wobec wyboru przez KMW włoskiego samolotu CANT Z-506B, prace nad LWS-5 przerwano.

Ogólnie projekt i budowa LWS-5 kosztował KMW... 286 500zł. Rozliczenie i zamknięcie sprawy trwało do początku 1939 r. W magazynach pozostały niewykorzystane płytki i silniki Pegasus IIIM2. W 1940 r. zostały one sprzedane przez Niemców do Bułgarii. Gotowy prototyp LWS-5 miał kosztować 556 024 zł.

W 1939r. gotowa była także drewniana makieta w skali 1:1 nowego kadłuba do „Żubra” o bardziej opływowym kształcie.

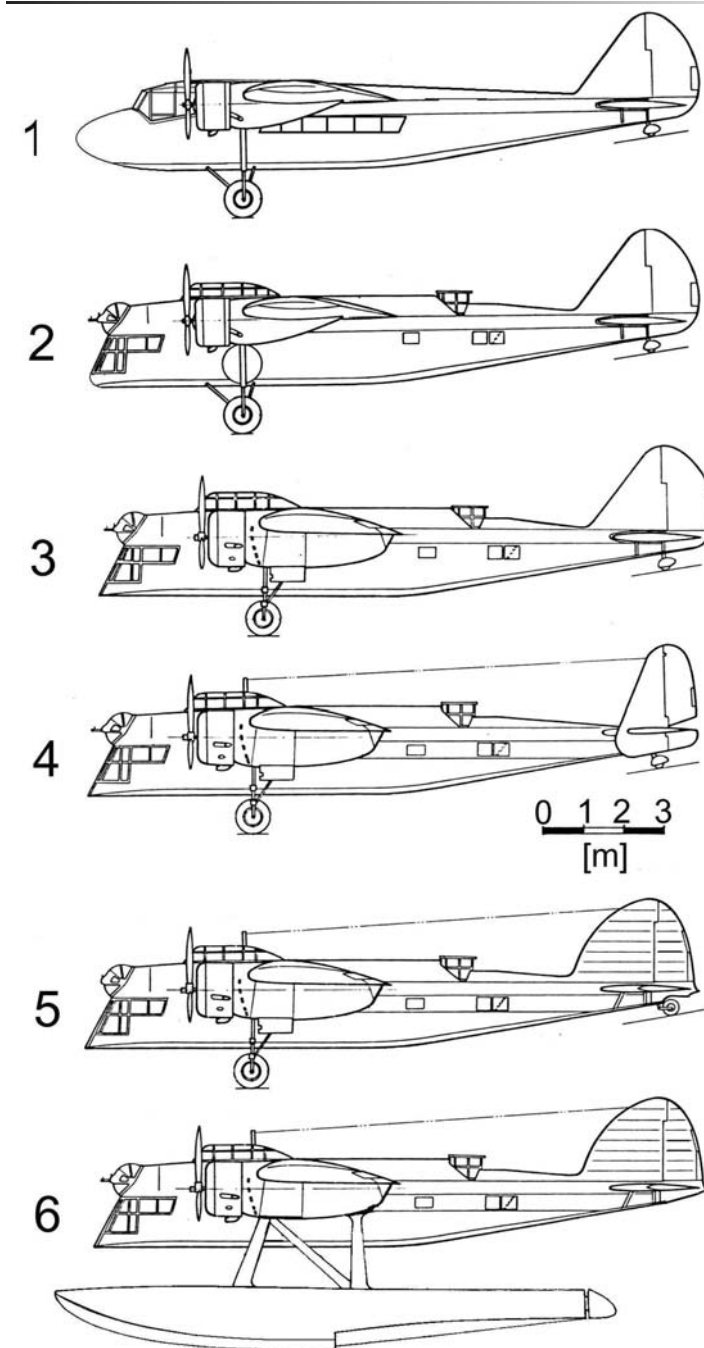
„Żubr” nie był nigdy zaprezentowany publicznie. Jedyne na I Krajowej Wystawie Lotniczej we Lwowie (29.05-29.06.1938 r.) pokazano zdjęcia LWS-6 z podwójnym usterzeniem. Opublikowało je także czasopismo „Życie techniczne” w numerze czerwcowym. LWS-6 był także wystawiony w listopadzie 1938 r. na wewnętrznym przeglądzie samolotów przewidzianych na Salon Paryski, gdzie go nie zakwalifikowano. „Żubr” odstawał mocno od nowocześniejszych polskich maszyn, jak np. PZL-37 „Łoś”.

Polskie lotnictwo wojskowe za egzemplarz „Żubra” miało początkowo zapłacić 211 tys. zł, jednak wraz z uzbrojeniem i innymi kosztami, cena wzrosła ostatecznie do 424 tys. zł! Chinom „Żubra” oferowano nawet za 490 tys. zł i to bez k.m., radio i aparatu foto! Sprawilo to, iż LWS-6 był najdroższym samolotem produkowanym w przedwojennej Polsce i jednym z najdroższych na świecie (!). W porównaniu podaję cenę PZL-37C „Łoś” oferowanego Grecji: 371 290 zł (!)...

Biorąc pod uwagę te dane, trudno nie przyznać, że dalszy rozwój LWS-6 był bezcelowy, gdy stało się jasne, że to nowocześniejszy i tańszy PZL-37 „Łoś” stanowił będzie trzon polskich sił bombowych. Dlaczego więc program ten kontynuowano? Najprawdopodobniej Dowództwo Lotnictwa chciało w ten sposób utrzymać produkcję i zatrudnienie w LWS, a nie było w tym czasie możliwości przekazania im budowy innego samolotu, który by to zapewniał. Poza tym wycofanie się z produkcji oznaczałoby konieczność tłumaczenia się z błędów i szukania winnych. Łatwiej było „Żubra” zakwalifikować, jako samolot szkolny, przejściowy przed przeszkoleniem pilotów na PZL-37 „Łoś”. Ogólnie cały program rozwoju „Żubra” (PZL-30, LWS-6, LWS-5) kosztował polskich podatników ponad 5,5 mln zł, które można było wykorzystać dużo lepiej (zwłaszcza w celu opracowania lub zakupu nowoczesnych samolotów myśliwskich, których pod koniec lat 30. w Polsce najbardziej brakowało).

Eksplotacja samolotów

Zbudowano 15 LWS-6 (często określanych błędnie w literaturze, jako LWS-4A), które początkowo miały tworzyć



Rys. 1. Rozwój konstrukcji LWS-6 (PZL-30):

1. Projekt PZL-30 (wygląd domniemany),
2. Pierwszy prototyp PZL-30/BI, 3. Drugi prototyp PZL-30/BI,
4. Eksperymentalny LWS-6 z podwójnym usterzeniem,
5. Seryjny LWS-6 „Żubr” z usterzeniem nowego typu,
6. Projekt wodnosamolotu LWS-5.

V/1 Dywizjon Bombowy 1 Pułku Lotniczego w Warszawie. W skład V/1 miały wchodzić Eskadry Bombowe: 214 oraz 215. Zrezygnowano z tego na skutek wad wykazanych



Historia

„Wczoraj” polskiej myśli technicznej

przez „Żubra”. Ogólnie samolot był bezpieczny, ale wykryto szereg usterek. Np. kilkakrotnie napotkano trudności z wciągnięciem czy wysunięciem podwozia, co zmusiło pilota do lądowaniu na brzuchu (bez większych uszkodzeń).

W celu eliminacji problemu zamontowano dodatkowe zamki trzymające gołęń po wypuszczeniu podwozia. Okazało się także, iż pobór mocy, potrzebny do wciągnięcia podwozia, był taki sam, jaką moc mogły dać pokładowe źródła energii elektrycznej. Oznaczało to... konieczność wyłączenia wszystkich odbiorników (światła, napędu wieżyczek, radio, radionamiernika, itp.) w momencie chowania podwozia (!). Próbowano także chować podwozie jedno po drugim, ale destabilizowało to stateczność samolotu i powodowało niebezpieczną sytuację, niepożądaną zwłaszcza w samolocie szkolnym. Wobec tego zablokowano „Żubrom” podwozie na stałe w pozycji otwartej.

W marcu 1939r. pięć LWS-6 przekazano do Centrum Wyszczolenia Lotniczego Nr.1 w Dęblinie a pięć kolejnych do 213 Eskadry Ćwiczebno Bombowej na Okęciu oraz (od wiosny 1939 r.) Małaszewiczach koło Brześcia. W dniu 17.05.1939 r. LWS-6 o nr 71.88 z 213 EB rozbił się na Okęciu z powodu nieuwagi pilota. Nikt nie zginął. W LWS znajdowały się stale 1-2 „Żubry”, wysyłane tam w celu dokonania przeróbek. LWS-6 używano też w Eskadrach Bombowych 221 oraz 222 w Małaszewiczach, gdzie także służyły, jako szkolne samoloty przejściowe. EB 221 i 222 zostały sformowane w marcu 1939 r. i utworzyły 220 Dywizjon Bombowy. Dowódcą został por. obs. Zygmunt Sokołowski. Personel stanowili lotnicy przesunięci z rozwiązanego I Dywizjonu Lotniczego 1 PL. 220 DB nie osiągnął do 1 września zdolności bojowej i służył jedynie, jako zaplecze kadrowo sprzętowe. „Żubry” miały być użytkowane przypuszczalnie do 1941 r., kiedy to zastąpiłyby je w pełni nowocześniejsze maszyny, jak np. PWS-33 „Wyżeł” (miał to być samolot, na którym przeszkalałyby się załogi samolotów dwusilnikowych, służący także do treningu nawigacyjnego i bombowego).

Wrzesień 1939

Wybuch wojny zastał LWS-6 w Małaszewiczach (5 sztuk), Lublinie (1) i w Dęblinie (5 w CWL i 5 w składnicy). W czasie Kampanii Wrześniowej „Żubry” nie zostały użyte bojowo, choć wykonywały sporadyczne loty. Jedynie 212 EB miała zamiar użyć LWS-6 remontowanego w parku 1 PL w Warszawie. Nie udało się go jednak uruchomić a 3-4 września eskadra musiała się ewakuować. Naloty niemieckie spowodowały zniszczenie 4 z 5 „Żubrów” z Ćwiczebnej Eskadry Bombowej w Małaszewiczach (1.09), jeden w LWS i jeden na lotnisku Świdnik (9.09). Dwa „Żubry” z Eskadry Treningowej 1 PL w Warszawie ewakuowano z Okęcia 2.09 na lotnisko polowe Łęczeszyce koło Grójca. 7.09 Niemcy zbliżali się do Grójca,



Fot. 3. Model samolotu LWS-5 w skali 1:72.
(źródło: <http://www.modelbud.pl/>)

a samoloty, wobec braku pilotów, pozostawiono mechanikom do zniszczenia. Dwóch mechaników – plut. Sowa oraz plut. Nowak uznali, że szkoda niszczyć samolot i postanowili go uruchomić. Odprowadzili samolot lotem do Warszawy, mimo iż posiadali jedynie ukończony kurs szybowcowy (!). Świadczy to o łatwości w pilotażu „Żubra”. Samolot ten został w dniach 8-12.09 ewakuowany z Warszawy do Małaszewicz, a następnie do Lwowa na lotnisko Skniłów, przez kpt. inż. pil. Józefa Domaszewskiego z Dowództwa Lotnictwa. We Lwowie „Żubr” ten został zniszczony na skutek bombardowania.

Wraki „Żubrów”, „Łosi” i innych samolotów, znajdujące się w Małaszewiczach, użyli Niemcy przy kręceniu filmu propagandowego „Kampgeshwader Lutzow”. Do dziś film ten pozostaje jedynym na temat walk powietrznych nad Polską w 1939r.

LWS-6 znajdujące się w Dęblinie zostały wcielone do Luftwaffe, gdzie od 1942r. służyły do szkolenie załóg nocnych myśliwców w szkole ślepego pilotażu Blindflugschule w Schleissheim. Jeden LWS-6 był wystawiony w Berlińskim Muzeum Lotnictwa, gdzie prawdopodobnie został zniszczony w 1943 r. w czasie alianckich bombardowań. Istnieje jednak możliwość, iż został ewakuowany wraz z innymi eksponatami na pomorze, gdzie kolekcja ta zaginęła (nie odnaleziono jej do dziś...).

Armia Czerwona przejęła cztery „Żubry”, które po testach w radzieckich siłach powietrznych, trafiły do Aeroflotu.

LWS-6 „Żubr”, mimo wad, posiadał jednak pewną wartość bojową, co najmniej taką jak samolot liniowy PZL-23 „Karaś”, nawet przewyższając go uzbrojeniem obronnym. Żaden „Żubr” nie został jednak użyty w walce, gdyż samoloty te, jako szkolne, miały zdemonstrowane uzbrojenie a chaos panujący we wrześniu uniemożliwił ponowną jego instalację. Wymagałoby to podjęcie odpowiednich decyzji, prac technicznych, itp.



W kolejnym odcinku przedstawiona zostanie dokładnie konstrukcja samolotu...

KONKURS dla prenumeratorów!

Wśród wszystkich, którzy złożą zlecenia
na PRENUMERATĘ ROCZNĄ
jeszcze w tym roku
rozlosujemy
ATRAKCYJNE NAGRODY!

tablety graficzne WACOM

kartę graficzną
PNY NVIDIA Quadro FX

manipulatory
firmy 3Dconnexion

Więcej informacji
na www.konstrukcjeinzynierskie.pl
i wewnątrz numeru na stronach 19-20.





Express
your Style



Z CATIA for Style, uwolnij swoją kreatywność.

Twoja wyobraźnia nie zna granic. Rozwijaj ją bez ograniczeń.
Projektuj produkty, o których marzysz, nie martwiąc się jak je wykonać.
Wykorzystaj możliwości **CATIA for Style** by tworzyć szybciej oraz wdrażać pomysły w życie pracując zespołowo.

Skontaktuj się z nami!

Tel. **0800 376 654 63** (darmowa linia)

E-mail: **CEMA.info@3ds.com**



www.3ds.com/catiaforstyle