

Przykład zastosowania środowiska **solid edge V14** do modelowania przedniego podwozia podporowego samolotu

Podwozie samolotu (konwencjonalnego) to system podpór płatowca, umożliwiający m.in. kołowanie, start, lądowanie i postój. Zadania, jakie ma spełniać podwozie samolotu to: pokonywanie terenu i amortyzowanie jego nierówności, przejmowanie i rozpraszanie większości energii samolotu podczas procesu przyziemienia oraz utrzymanie właściwej pozycji samolotu względem powierzchni lotniskowej lub urządzenia startowego.

W podwoziu samolotu konwencjonalnego można wyróżnić **podsystem podwozia podporowego**, którego zadaniem jest przede wszystkim umożliwienie personelowi latającemu manewrowania samolotem po nawierzchni lotniskowej.

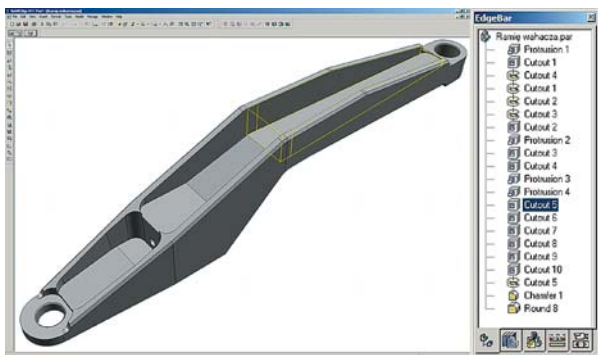
OBIEKT MODELOWANY

W artykule zaprezentowano wybrane efekty numerycznego zamodelowania przedniego podwozia podporowego samolotu. Dodać należy, że jest to podwozie stałe tzn. pozycja goleni podwozia względem kadłuba nie zmienia się w czasie (np. nie jest ono chowane do wnęk podwoziowych).

Dokonano podziału modelowanego obiektu na 13 podsystemów np.: podsystem amortyzatora, zespołu siłowników skręcających koło, zespołu wahaczy. Modelowany obiekt składa się z 317 części.

PROCES MODELOWANIA

■ **Solid Edge: Part.** Prace w środowisku Solid Edge przeważnie rozpoczyna się w module **Part** służącym do tworzenia pojedynczych części, nawet bardzo złożonych. Wykonano w nim po jednej (największej lub najbardziej skomplikowanej) części należącej do każdego z 13 podsystemów obiektu. Jedną z nich jest wahacz amortyzatora (rys. 1).



Rys. 1. Przykład wykonania złożonej części podwozia samolotu w module Part

Twórcy programu Solid Edge dołożyli szczególnych starań aby uczynić pracę użytkownika łatwą i wydajną. Każdą z operacji, w wyniku której dana część nabiera ostatecznego kształtu (niezależnie od jej kolejności) można w dowolnej chwili edytować. Przykładowo: zmiany w operacji typu **Revolved Protrusion** (wyciągnięcie obrotowe) mogą polegać na zmianie położenia osi obrotu lub kształtu obracanego profilu (*Profile Step*), lokalizacji płaszczyzny, na której go stworzono (*Plane Step*), lub kierunku, a także kąta wyciągnięcia obrotowego (*Extent Step*). Poszczególne operacje można w dowolnej chwili usunąć, ponownie przeliczyć lub zawiesić aż do odwołania.

Istotnym narzędziem jest **Feature Playback** (rys. 2), dzięki któremu konstruktor może przedstawić techno-

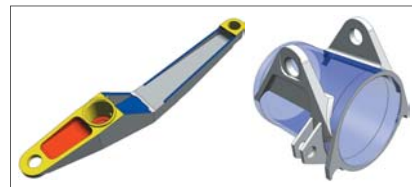
logowi kolejne etapy powstawania danej części, np. w celu zaprojektowania technologicznego procesu wytwarzania.



Rys. 2. Wybrane etapy powstawania części zilustrowane dzięki narzędziu Feature Playback

nia. Polecenie **Part Painter** (rys. 3) służyć może przyporządkowaniu określonych kolorów do wybranych płaszczyzn, co umożliwia np. umowne oznaczenie powierzchni wymagających obróbki jedynie zgrubnej lub szczególnie dokładnej. W celu zademonstrowania złożoności części np. tulei obrotowej goleni podwozia, wybrane jej fragmenty można przedstawić jako przezroczyste (rys. 3).

Rys. 3. Umowne wizualizacje złożonych technologicznych części możliwe są dzięki zastosowaniu polecenia Part Painter

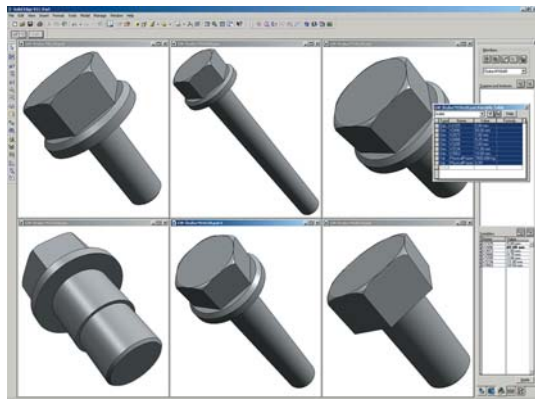


Solid Edge: Part umożliwia stworzenie własnej lub skorzystanie z istniejącej biblioteki operacji technologicznych (**Feature Library**), co skraca czas konstruowania oraz ujednolica proces wytwarzania wielu części technologicznie do siebie podobnych. Przykładem jest zapożyczenie operacji wykonania otworów odciążających z jednej półfeli koła podwozia do drugiej (rys. 4). Warto dodać, że



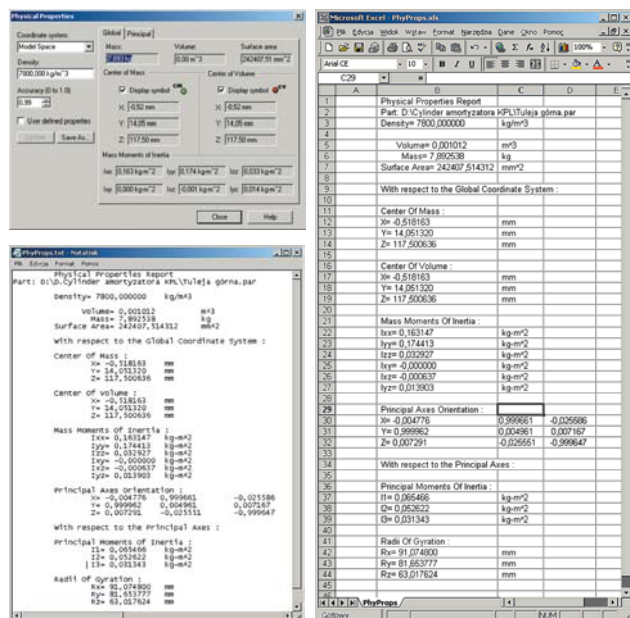
Rys. 4. Feature Library – narzędzie umożliwiające szybkie zapożyczenie wybranych operacji technologicznych pomiędzy podobnymi częściami

wybierając z Feature Library daną operację, można zaobserwować (dzięki podglądowi) jej przyszłe skutki. Wygenerowanie tzw. „rodziny części” również nie stanowi dla użytkownika Solid Edge: Part problemu. Służy do tego narzędzie **Part Family**. Wystarczy jedynie zdefiniować różnice (geometryczne i materiałowe) pomiędzy „spokrewnionymi” częściami, podać ich nazwy i katalog docelowy. Przykładem takiej „rodziny” może być zbiór łączników gwintowych (rys. 5).



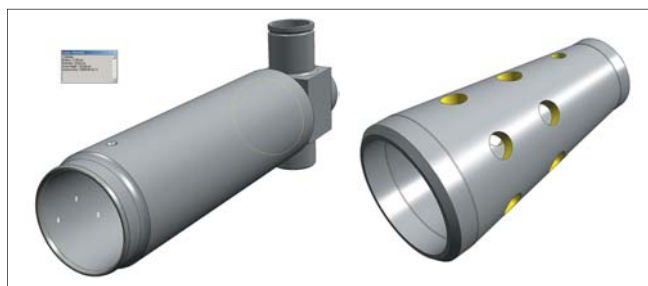
Rys. 5. Narzędzie Part Family umożliwia szybkie wygenerowanie wielu części zbliżonych do siebie np. pod względem wartości parametrów geometrycznych

Niezbędnym narzędziem w pracy inżyniera jest również **Physical Properties**, służące do wyznaczenia wartości masy, objętości, całkowitego pola powierzchni, momentów bezwładności, zlokalizowania środka ciężkości i dostarczenia wielu innych informacji na temat właściwości fizycznych tworzonej części (rys. 6). Informacją wejściową jest rodzaj materiału, z którego docelowo wykona się konstruowany przedmiot, lub wartość jego gęstości podana w uprzednio zdefiniowanych jednostkach. Informacje, które użytkownik życzy sobie uzyskać, można wyeksportować w postaci pliku *.txt lub arkusza kalkulacyjnego *.xls.



Rys. 6. Przykłady wyeksportowania informacji dotyczących właściwości fizycznych konstruowanej części

W module Part możliwe jest szybkie wykonanie dowolnych pomiarów geometrycznych całej tworzonej części lub jej fragmentów (rys. 7), co znacznie przyspiesza pracę. Korzystając z narzędzia **Measure** – po wskazaniu powierzchni robotycznej cylindra siłownika hydraulicznego



Rys. 7. Polecenia Measure oraz Sensors umożliwiają uzyskanie informacji na temat własności geometrycznych konstruowanej części lub jej fragmentów

– można uzyskać informacje na temat wartości jej pola powierzchni, średnicy, długości tworzącej itd. Równie przydatne jest narzędzie **Sensors**, dzięki któremu można ustalić, czy wartość wybranej wielkości (np. pole powierzchni otworów w tulejach dławiających przepływ hydrołu) mieści się w dopuszczalnych granicach. Jeżeli tak, polecenie to pozwala na monitorowanie zmian analizowanych wartości dokonanych w wyniku następujących operacji.

Bardzo często modeluje się części, których wymiary są ze sobą powiązane w określony sposób, np. można założyć, że długość tłoczyska amortyzatora ma być całkowitą wielokrotnością jego średnicy zewnętrznej. Wzajemne relacje pomiędzy cechami geometrycznymi danej części można wyznaczyć w prosty sposób dzięki narzędziu **Variable Table**. Stworzenie odpowiedniej formuły nie różni się zbyt od wprowadzenia formuły w arkuszu kalkulacyjnym, opisującej relacje pomiędzy wartościami danych komórek.

Solid Edge: Part charakteryzuje duża łatwość modelowania części cienkościennych. Przy tworzeniu części z „jeszcze” wypełnionym wnętrzem, stosując narzędzie **Thin Wall**, można zdefiniować domyślną grubość ścian części oraz ewentualnie zdefiniować odmienną grubość wybranych ścian, a także wskazać tzw. otwarte lica. Dzięki Thin Wall w krótkim czasie zamodelowano tłoczysko amortyzatora oraz (przedstawioną w widoku częściowym) oponę koła samolotu (rys. 8). Proces modelowania złożonych technologicznie otworów nie jest również czasochłonny z racji łatwości zastosowania polecenia **Hole**. Do dyspozycji mamy całą bibliotekę otworów, np.: wierconych, frezowanych, stożkowych, gwintowanych, pogłębionych, rozwiercanych oraz ich wzajemnych kombinacji. Zamodelowane otwory są umieszczane na tzw. liście otworów (**Hole Table**) dodawanej automatycznie pod-



Rys. 8. Przykłady części cienkościennych wykonanych za pomocą narzędzia Thin Wall

czas tworzenia dokumentacji wykonawczej w module Draft. Wszystkie otwory w modelu obejmują (do której przynależy siłowniki skręcające koło podporowe) wykonano w wyniku jednego polecenia Hole (rys. 9).

Bywa, że w przypadku modelowania podzespołu podwozia lotniczego składającego się z kilku złożonych geometrycznie części korzystniejszą jest najpierw zamodelować cały podzespół jako jeden element. Mamy wówczas pewność co do wzajemnej lokalizacji poszczególnych części i ich fragmentów. Następnie model taki dzielimy na części składowe, przyjmując jako granice podziału np. własne płaszczyzny odniesienia lub powierzchnie pomocni-



Rys. 9. Narzędzie Hole umożliwia wykonanie i edycję w krótkim czasie wielu otworów

cze. Do tego celu wykorzystuje się polecenie **Divide Part**, umożliwiające również zapisanie nowo powstałych części w osobnych plikach *.par. Tą metodą stworzono model tłoczyska amortyzatora (rys. 10).

Wszystkie elementy wykonane w Solid Edge: Part zapisywane są w ściśle określonym katalogu, dzięki czemu automatycznie tworzona jest tzw. biblioteka części.



Rys. 10. Model tłoczyska amortyzatora powstał jako integralna całość. Podzielono go na części składowe dzięki poleceniu Divide Part

■ **Solid Edge: Assembly.** Moduł ten służy przede wszystkim do łączenia pojedynczych części zamodelowanych w Solid Edge: Part w jedną funkcjonalną całość, co można wykonać dwoma sposobami.

• Pierwszy z nich polega na oddzielnym wykonaniu wszystkich modeli w Solid Edge: Part, a następnie dodaniu ich do siebie (pobrawszy je uprzednio z **Part Library** – biblioteki części). „Montaż części” polega na odbieraniu częściom dodawanym kolejnych stopni swobody w stosunku do części umieszczonych już w złożeniu. Wstawiając do zespołu wiele identycznych części, zalecane jest posłużenie się narzędziem **Capture Fit** (*Zapamiętaj Relację*). Dzięki temu nie ma konieczności definiowania odpowiednich relacji oddzielnie dla każdej identycznej części; proces ten dokonuje się automatycznie. W ten sposób – po dodaniu do łącznika amortyzatora jednej tulejki ślizgowej – w ciągu kilku sekund użytkownik może dodać do zespołu kilka następnych elementów tego typu (rys. 11). Jeżeli dodatkowo chcemy umieścić np. kilka śrub w otworach wykonanych w module Part poleceniem Hole, jeszcze wygodniejsze jest zastosowanie narzędzia **Pattern Parts** (*Wzór części*). W ten sposób podczas łączenia modeli dwóch półelg koła podporowego wstawiono śruby, podkładki i nakrętki (rys. 11).



Rys. 11. Dzięki narzędziom Capture Fit oraz Pattern Part można w bardzo krótkim czasie umieścić w zespole wiele części identycznych pod względem geometrycznym

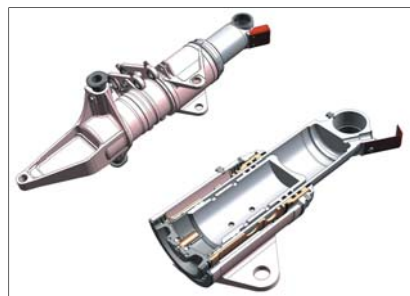
• Druga metoda budowania zespołu polega na stworzeniu w Part tylko jednej, wybranej części, która po umieszczeniu w module Assembly pełni rolę części odniesienia. Istnieje wówczas możliwość bezpośredniego przejścia z Assembly do Part i stworzenia następnych części, nadając im takie gabaryty, które nie będą kolidowały z częścią pierwotną. Tego typu modelowanie możliwe jest dzięki zastosowaniu narzędzia **Create In-Place** (Modeluj w kontekście zespołu) i jest niezwykle wygodne, a równocześnie gwarantuje poprawność wykonania modeli.

W module Solid Edge: Part można uzyskać informacje na temat wartości masy, objętości, momentów bezwładności i wielu innych właściwości fizycznych projektowanej pojedynczej części. Naturalną konsekwencją tego faktu jest możliwość uzyskania tych informacji (**Physical Properties**) w odniesieniu do całego zespołu. Dla konstruktora ogromne znaczenie ma możliwość poznania wartości np. momentów bezwładności całego zespołu koła składającego się z ok. 40 elementów.

Wygodny jest również sposób generowania listy części składowych stworzonego zespołu. W tworzonej dzięki poleceniu **Reports** liście, oprócz automatycznie umieszczonych numerów oraz nazw części, mogą znaleźć się wszystkie informacje dodane do poszczególnych części *.par przez konstruktora lub administratora sieci (np.: niezbędne nazwiska, numer dokumentacji, numer stacji roboczej, słowa komentarza). Uzyskany raport można wyeksportować np. jako plik *.txt lub *.rtf.

Dla współczesnego inżyniera wizualizacja pracy ma bardzo istotne znaczenie. Dzięki stosowaniu odpowiednich efektów oraz umiejętnie wyeksportowanym obrazom można stworzyć nie tylko eleganckie i estetyczne foldery reklamowe, ale również pomocne instrukcje montażu oraz prac remontowo-konserwacyjnych.

Narzędziem wręcz niezbędnym chociażby do ułatwienia montażu jest **Cutaway View**, czyli kreator widoków częściowych, dzięki któremu można np. ukazać wnętrze stworzonego zespołu. Można jednocześnie stosować kilka widoków częściowych oraz deklarować, które części nie mają zostać „przecięte”. Na rys. 12 przedstawiono przykład złożenia, którym jest model amortyzatora podporowego oraz jego widok częściowy. W celu ułat-



Rys. 12. Widok całkowity amortyzatora oraz jego widok częściowy uzyskany dzięki poleceniu Cutaway View

wienia montażu równie pomocna jest możliwość wygenerowania tzw. widoków rozstrzelonych (**Exploded View**). Można je otrzymać automatycznie lub samodzielnie zdefiniować wartość parametrów „rozstrzelenia”. Na rys. 13 przedstawiono „eksplodujący” model zespołu sworzni głównego łącznika amortyzatora.



Rys. 13. Stosując narzędzie Exploded View można uzyskać tzw. widoki rozstrzelone

W Solid Edge: Assembly można w bardzo prosty sposób definiować kolor, w którym wyświetlane są wybrane części lub ich fragmenty, a także wyznaczać kierunek i intensywność jednego lub kilku źródeł światła (rys. 14). Równie szybko pokrywa się wybrane powierzchnie teksturami, dobiera odpowiednie tła, ustala sposób wyświetlania cieni oraz wyznacza rodzaj perspektywy.

Znacznie bardziej złożone, lecz równie przystępne są narzędzia umożliwiające wyeksportowanie animacji w formie pliku *.avi, dzięki której można np. przedstawić pracę modelowanego mechanizmu. Służą do tego narzędzia **Virtual Studio** oraz **Motion**. Jest to doskonały sposób przedstawienia modelowanego obiektu osobom zajmującym się eksploatacją obiektu rzeczywistego oraz potencjalnym jego nabywcą.



Rys. 14. Nadanie wybranym częściom efektu przezroczystości lub pokrycie ich kontrastującymi ze sobą kolorami wpływa na jakość wizualizacji zespołu części

Wspomniano, że jednym ze sposobów łączenia ze sobą części jest zdefiniowanie ich wzajemnego położenia przestrzennego. Modelując przednie podwozie samolotu, a więc zespół części zmieniających swą lokalizację podczas pracy, warto skorzystać z narzędzia **Family of Assemblies**. Umożliwia ono np. zdefiniowanie dwóch skrajnych położenia modelu (np. w wyniku jego odciążenia po starcie i obciążenia po przyziemieniu samolotu). Efekt zastosowania tego narzędzia przedstawiono na rys. 15.

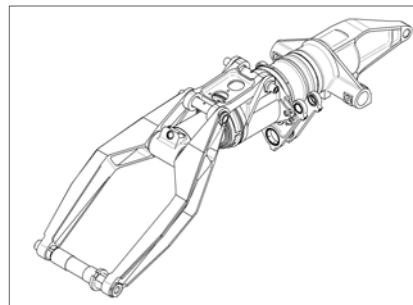


Rys. 15. Zastosowanie narzędzia Family of Assemblies umożliwia m.in. natychmiastową zmianę konfiguracji modelu odpowiadającą np. dwóm jego skrajnym położeniom

■ **Solid Edge: Draft.** Moduł Draft służy przede wszystkim do wykonywania dokumentacji wykonawczej i złożeniowej obiektów. Modelowanie 3D w programie Solid Edge jest tak łatwe, że numeryczną dokumentację wykonawczą oraz złożeniową wykonuje się przeważnie po stworzeniu przestrzennych modeli w modułach Part i Assembly. W przypadku modelowania omawianego obiektu skorzystano z modułu Draft, ponieważ modele jego części składowych oraz ich złożenie wykonano na podstawie klasycznej („papierowej”) dokumentacji.

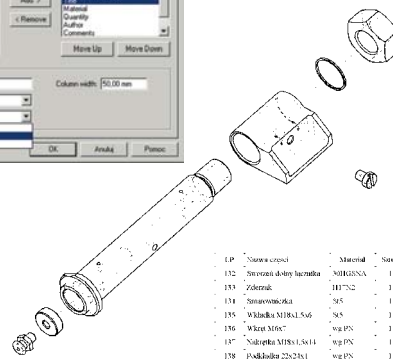
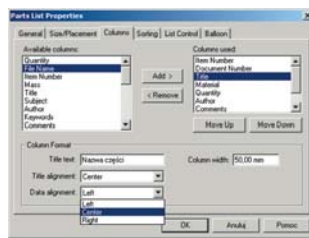
Solid Edge: Draft umożliwia wykonanie dowolnego rzutu obiektu, zarówno części pojedynczej (pliku *.par) jak i złożenia (pliku *.asm). Użytkownikowi nie sprawi żadnego kłopotu wykonanie dowolnego przekroju, kładu,

a także nanoszenie wymiarów, oznaczeń technologicznych oraz komentarzy. Na rys. 16 przedstawiono uproszczony widok izometryczny goleni podwozia podporowego samolotu.



Rys. 16. W module Solid Edge: Draft można wykonać m.in. widoki izometryczne zespołów

Na życzenie użytkownika na rysunku złożeniowym umieszczana jest tzw. **Part List** (Tabliczka części), w której mogą pojawić się informacje wprowadzone w kartach **Properties** części składowych (tj. plików *.par). Do informacji tych mogą należeć np.: nazwa własna części, materiał, z którego została wykonana część i niezbędne Polskie Normy. Na rys. 17 przedstawiono (zaopatrzone w ta-



Rys. 17. Dokumentację złożeniową zespołu można zaopatrzyć w tabliczkę części dzięki poleceniu Part List

bliczkę części) izometryczny widok rozstrzelony zespołu sworzni głównego łącznika amortyzatora, a także wybraną kartę okna dialogowego służącego do formatowania Part List. Warunkiem stworzenia widoku rozstrzelonego w module Draft jest jego uprzednie zdefiniowanie w module Assembly.

Program Solid Edge dzięki swej modułowości, ogromnej liczbie narzędzi, łatwości wprowadzania danych oraz możliwości ich edytowania jest narzędziem, które w krótkim czasie pozwala zamodelować zespoły urządzeń, dając pewność poprawności geometrycznej stworzonych modeli.

Adam Budzyński

EDS PLM Solutions

Unigraphics Solutions Sp. z o.o.

al. Stanów Zjednoczonych 61A
04-028 Warszawa

tel. (22) 516 30 95, fax (22) 516 30 99

www.edsplmsolutions.pl/solidedge.htm

e-mail: info@edsplmsolutions.pl