Dariusz **PASIEKA**
Stefan **WOŹNIAK**

WERYFIKACJA PROCESU PROJEKTOWANIA Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZIA SOLIDWORKS MOTION

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości weryfikacji projektów z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi wspomagania projektowania. W celu zaprezentowania podstawowych funkcjonalności przydatnych do weryfikacji procesu projektowania użyto programu SolidWorks. Jest to bardzo rozwinięte narzędzie służące zarówno do projektowania, jak i do weryfikacji projektów. Przykładowym projektem był pojazd „Most towarzyszący na podwoziu kołowym kryptonim DAGLEZJA" zaprojektowany i wyprodukowany przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych „OBRUM" sp. z o.o.

Słowa kluczowe: komputerowe wspomaganie projektowania, analiza projektu, weryfikacja projektu, Solidworks, MS-20 DAGLEZJA, most towarzyszący na podwoziu kołowym.

1. WSTĘP

Zaawansowane programy CAD-owskie, takie jak SolidWorks służą wsparciem w procesie projektowania i pozwalają na przeprowadzanie licznych weryfikacji modelu. W łatwy sposób można wyznaczyć środek ciężkości, znaleźć przenikania, sprawdzić minimalne odstępy pomiędzy elementami, a nawet sprawdzić, które elementy konstrukcji mają istotny udział w kosztach jej wytworzenia. Podstawowy pakiet SolidWorks umożliwia nawet wykrywanie kolizji podczas animacji.

Co jednak, jeżeli potrzebne są bardziej zaawansowane dane związane z ruchem i pracą modelu? Z pomocą przychodzą zaawansowane moduły symulacyjne SolidWorks:

- Flow Simulation;
  - badanie przepływów (flow);
  - układy chłodzenia (electronics cooling);
  - symulacja wpływu powietrza (HVAC);
- SolidWorks Premium;
  - Statyka;
  - Motion;
- Simulation Professional;
  - Częstotliwości drgań własnych;
  - Wyboczenie;
  - Termika;
  - Zmęczenie;
  - Optymalizacja;
  - Test upuszczenia;
  - Projekt zbiornika ciśnieniowego;
  - Motion (ruch oparty na zdarzeniach);

Inż. Dariusz **PASIEKA** – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych „OBRUM" sp. z o.o., Gliwice, mgr inż. Stefan **WOŹNIAK –** CNS Solutions sp. z o.o., Warszawa

  - Motion (optymalizacja)
- Simulation Premium;
  - Nieliniowość;
  - Dynamika;
  - Kompozyty;
- Plastic Works (elementy obudów z tworzyw sztucznych) oraz liczne dedykowane rozwiązania partnerskie jak LogoPress, Simpoe czy OptisWorks.

2. WYBÓR ROZWIĄZANIA

Wybór rozwiązań i ich możliwości jest niemalże nieograniczony jednak w artykule skupiono się na możliwościach, jakie oferuje moduł SolidWorks Motion. Za przykład do wykonania analiz posłużył pojazd wojsk inżynieryjnych – mobilny most DAGLEZJA. (Na potrzeby artykułu, w oparciu o pełny model, przygotowana została wersja uproszczona)

Rys.1. Most Towarzyszący MS-20

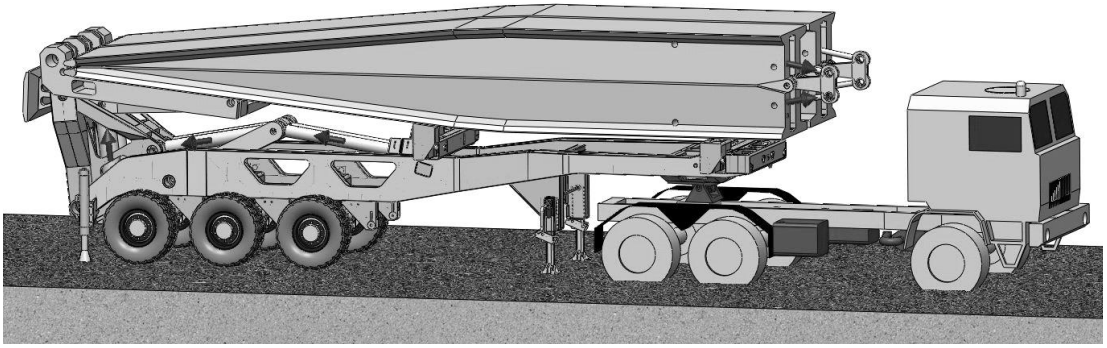
Za pomocą SolidWorks Motion zostaną wykonane następujące analizy:
- sprawdzenie kolizji (przenikań) podczas rozkładania mostu;
- optymalizacja zamocowania siłowników;
- sprawdzenie elementów przenoszących obciążenia pod kątem przenoszonych naprężeń;
- pomiar rozkładu sił na podporach z uwzględnieniem siły wiatru podczas procesu rozkładania mostu.

3. WERYFIKACJA PROJEKTU

3.1. Sprawdzenie kolizji i przenikań w trakcie rozkładania mostu.

SolidWorks Motion pozwala na symulowanie działań skomplikowanych mechanizmów wraz z uwzględnieniem kontaktów oraz zjawiska tarcia. W pierwszej analizie zostanie sprawdzony model na występowanie kolizji. Na początku trzeba zdefiniować powiązania kinematyczne oraz działanie siłowników w modelu. Dzięki pełnej integracji z modułem CAD SolidWorks nie jest konieczne ponowne modelowanie więzów, gdyż są one automatycznie importowane z modelu 3D.

Kolejnym krokiem jest zdefiniowanie działania siłowników. Na początek - standardowa metoda. Dla każdego siłownika ustawia się czas działania i skok.

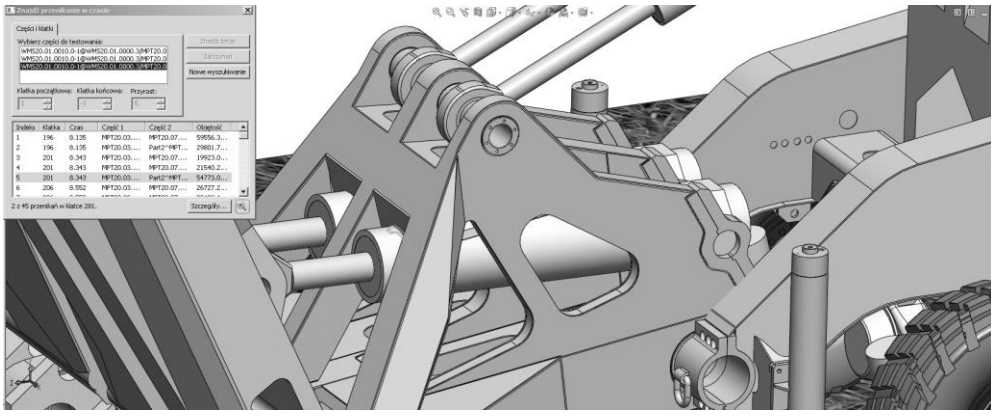


Rys.2. Model kinematyczny z przypisanymi siłownikami

Trzeba oczywiście zdefiniować siłę grawitacji dla uwzględnienia ciężaru poszczególnych elementów. Kierunek grawitacji nie musi być zgodny z osiami modelu, jak również możliwe jest wprowadzenie innej wartości niż przyciąganie ziemskie 1g. Jest to przydatne, gdy model działa pod wpływem stałego przyspieszenia lub ma funkcjonować poza Ziemią (fragmenty sond kosmicznych).

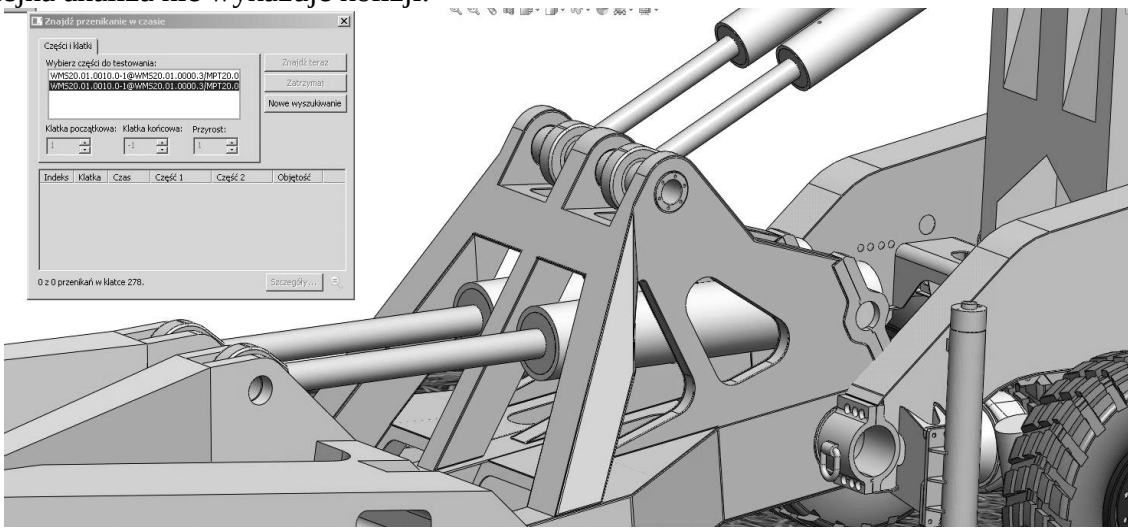
Teraz pozostaje tylko uruchomić obliczenia.

Po wykonaniu obliczeń można włączyć wykrywanie przenikania. Program pozwala wybrać zakres czasu oraz komponenty, dla których chce się przeprowadzić analizę. Pozwala to na znaczne zaoszczędzenie czasu przy bardziej złożonych konstrukcjach.



Rys.3. Widok wykrytej kolizji siłownika

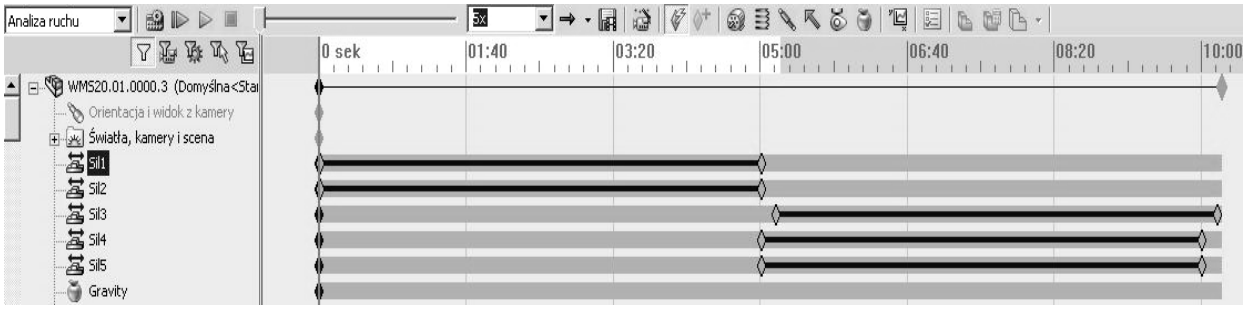
W powyższym przypadku wykryta została kolizja pomiędzy siłownikiem a jednym z fragmentów mostu. Prosta modyfikacja modelu pozwala na poprawienie konstrukcji, kolejna analiza nie wykazuje kolizji.



Rys.4. Widok po usunięciu kolizji

3.2. Optymalizacja zamocowania siłowników.

Powyższe podejście może okazać się kłopotliwe przy skomplikowanych modelach, zwłaszcza jeśli będzie się chciało wprowadzać modyfikacje w kinematyce układu. Dlatego trzeba się posłużyć funkcjonalnością z pakietu Simulation Professional, czyli ruchem opartym na zdarzeniach. W dużym skrócie pozwala to na zdefiniowanie np. siłownika, który zaczyna działać po wystąpieniu jakiegoś zdarzenia i zatrzymuje się po wystąpieniu innego. Np. po osiągnięciu przez most położenia pionowego załącza się siłownik „otwierający" i działa aż do momentu wyrównania się obu jezdni. Przy takim podejściu włączanie i wyłączanie siłowników automatycznie uwzględni zmiany w prędkości i długości skoków. Takie przedefiniowanie napędów pozwala na wykorzystanie optymalizacji, (choć jest ona również możliwa przy standardowym podejściu, jeśli tylko parametry sterujące nie zmieniają właściwości napędu).



Rys. 5. Schemat ruchu opartego na kluczach czasowych

Po wykonaniu wstępnych obliczeń definiuje się wykresy sił na siłownikach. Można na nich zaobserwować zmiany parametrów w czasie. Możliwe jest za ich pomocą wyświetlanie poszczególnych składowych, jak również zdefiniowanie układu odniesienia, nawet poruszającego się w trakcie analizy.

Po uzyskaniu wyników z bazowego położenia trzeba posłużyć się badaniem projektu i optymalizacją (Simulation Professional) dla uzyskania lepszych wyników. W badaniu projektu definiuje się wymiary, które mają być automatycznie modyfikowane przez program i co najważniejsze definiuje się cel i obostrzenia optymalizacji. Po wykonaniu obliczeń SolidWorks tworzy model o optymalnych parametrach. Podczas samych kalkulacji widać efekt działania ruchu opartego na zdarzeniach – program sam oblicza położenia kluczy zdarzeń.

	Zadania		Wyzwalacze			Akcje					Czas	
	Nazwa	Opis	Wyzwalacz	Warunek	Czas/Opóź	Operacja	Akcja	Warto	Czas t	Profil	Start	Koniec
	Task1	Opuszczanie łącznika	Czas		1s	Sil1	Zmień	705mm	300s		1s	301s
	Task2	Podnoszenie wspornik	Task1	Początek zada	<Brak>	Sil2	Zmień	1800m	300s		1s	301s
	Task3	Opuszczanie pomostu	Task2	Koniec zadania	10s opóźnij	Sil3	Zmień	1282m	300s		311s	611s
	Task4	Otwieranie jezdni	Task2	Koniec zadania	<Brak>	Sil5	Zmień	-839.5	300s		301s	601s
	Task5	Otwieranie jezdni	Task2	Koniec zadania	<Brak>	Sil4	Zmień	-790m	300s		301s	601s
	StopKladka		Task3	Koniec zadania	<Brak>	Zakończ An						

Rys. 6. Definicja ruchu opartego na zdarzeniach

W powyższy sposób można łatwo optymalizować konstrukcje dla uzyskania różnych celów, jak np. minimalizacja potrzebnej energii bądź siły (mniejsze i tańsze siłowniki).

3.3. Sprawdzenie elementów przenoszących obciążenia pod kątem przenoszonych naprężeń

Po optymalizacji modelu pod kątem kinematyki trzeba sprawdzić czy model jest w stanie przenieść obciążenia, którym będzie podlegał.

SolidWorks Motion pozwala na automatyczne przeniesienie obciążeń z analizy ruchu do analizy wytrzymałościowej i daje możliwość wyświetlenia wyników podczas ruchu. Jeżeli nadane wiązania nie oddają rzeczywistego sposobu przekazania obciążeń SolidWorks pozwala na wprowadzenie dodatkowych informacji dla analizy ruchu, jak chociażby ściany przenoszące obciążenia.

Dzięki temu można obserwować podczas ruchu zmiany w rozkładzie naprężeń.
Jeżeli jest potrzeba skupienia się na jednym elemencie i poddania go optymalizacji konieczne jest utworzenie nowego badania wytrzymałościowego. Tutaj również nie trzeba ręcznie definiować wszystkich parametrów. Narzędzie Import obciążenia w ruchu automatycznie tworzy nowe badanie i przenosi do niego odpowiednie obciążenia.

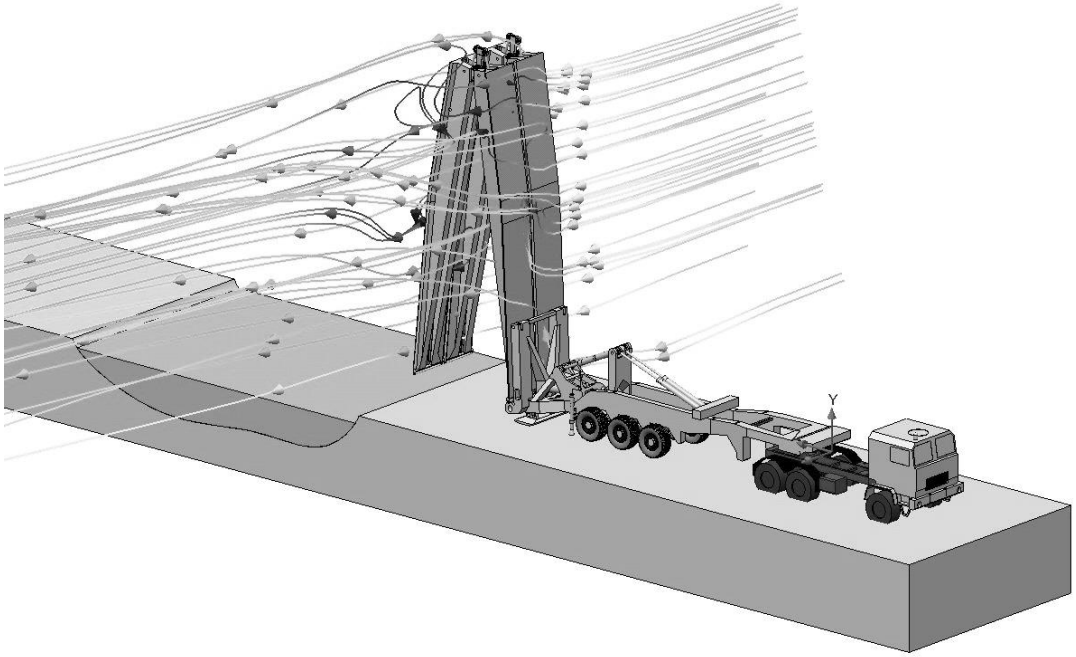
Rys. 7. Wyniki naprężeń po zaimportowaniu obciążeń z analizy ruchu

Podobnie jak w przypadku optymalizacji ruchu można ulepszyć wybrany element pod kątem wytrzymałości.

3.4. Pomiar rozkładu sił na podporach z uwzględnieniem siły wiatru podczas procesu rozkładania mostu.

Jako ostatnią analizę sprawdza się rozkład sił działających na podpory podczas pracy mostu. W tym celu definiuje się wykresy sił dla wiązań trzymających podpory na ziemi. Wykresy pokażą od razu rozkład sił, który powinien być symetryczny względem osi pojazdu.

Teraz dodaje się oddziaływanie wiatru. Jeżeli chce się poznać dokładne wartości sił działających na model, trzeba się posłużyć modułem SolidWorks Flow Simulation. Pozwala on na przeprowadzenie analizy przepływu powietrza wokół pojazdu z pomiarem siły działającej na most.



Rys. 8. Widok modelu poddanego analizie odziaływania wiatru

Wspomniany moduł daje również możliwość wykonywania analiz przepływu wewnątrz modelu z uwzględnieniem wymiany ciepła a nawet, jakości powietrza – usuwanie skażeń. Siły otrzymane we Flow Simulation przenosi się do obliczeń sił w podporach i po przeliczeniu uzyskuje się zmienny rozkład sił w zależności od etapu rozkładania mostu. Widoczna jest również różnica w siłach działających na podpory na obu stronach pojazdu.

4. WNIOSKI

Weryfikacja procesu projektowania z wykorzystaniem narzędzia SolidWorks Motion pozwala głównie na optymalizację projektu pod kątem kinematyki, ale daje również możliwość, przy wykorzystaniu pozostałych modułów symulacyjnych, na optymalizację pod kątem wytrzymałości. Pełna integracja modułów, jak również ich wzajemne powiązanie pozwala na efektywną weryfikację i optymalizację projektu z uwzględnieniem wielu czynników i aspektów projektu. Ruch oparty na zdarzeniach sprawdza się znakomicie, gdy w fazie projektowania musi się modyfikować cykle pracy. Najistotniejsze jednak jest to, że dzięki intuicyjnemu interfejsowi i pełnej integracji z SolidWorks, z zaawansowanych możliwości weryfikacji i optymalizacji projektów może korzystać każdy inżynier w trakcie projektowania, co prowadzi do zminimalizowania kosztów, ryzyka i wzrostu poziomu jakości konstruowanych pojazdów oraz urządzeń mechanicznych już na etapie projektowania.

Rys. 9. http://youtu.be/AbWLxD3hPII

5. LITERATURA

[1] Dokumentacja opisowa SolidWorks – Nowe funkcje SolidWorks 2012.

[2] PASIEKA D., WOCKA P.: New Concepts of Vehicles, modelling and simulation using WMI and MG-20 Vehicles as an example, Vol 18 No. 1, 2011 Journal of Kones Powertrain and Transport, s. 417.

[3] SITARSKI M., PASIEKA D.: Mosty przewoźne DAGLEZJA, Nowa Technika Wojskowa, wrzesień 2011 r., s. 115-118.

[4] STANISŁAWSKI M.: Przeprawowa DAGLEZJA; ISSN 1899-699X, 9 (12) wrzesień 2008, Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie.

[5] PASIEKA D.: MS20 Vehicle Bridge (Bridge on Vehicle Chasis); Vol 16 No. 1, 2009 Journal of Kones Powertrain and Transport, s. 398.

VERIFICATION OF THE DESIGN PROCESS USING SOLIDWORKS TOOLS

Abstract: The article presents possibilities for verifying the design process using modern computer-aided design tools. In order to present the basic functions useful to verify the design process Solidworks program was used. It is a highly developed tool for both design and verification projects. An example project was a vehicle "Supporting bridge on a wheeled chassis codename MS-20 Daglezja", designed and manufactured by Centre for research and development machinery "OBRUM" Ltd. from Gliwice, Poland.

Key Words: computer aided design, analysis of the project, verification of the project; Solidworks, MS-20 DAGLEZJA, supporting bridge on a wheeled chassis.