

Koncepcja systemu wspomagającego proces prowadzenia analiz za pomocą MES

Concept of system for support of FEA analysis processes

ŁUKASZ WOŹNICKI
MARCIN DĘBNIAK
JERZY POKOJSKI *

Materiały z XX SKWPPWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.215

W pracy przedstawiono koncepcję systemu wspomagającego proces prowadzenia analiz za pomocą MES. Wspomaganie może być prowadzone na etapach przygotowania modelu, wykonywania obliczeń oraz analizy wyników. Dostępne są także operacje pozwalające na zarządzanie modelami MES. Rozwiązania zastosowane w nowym systemie zostały porównane z dotychczasowymi.

SŁOWA KLUCZOWE: zarządzanie modelami MES, automatyzacja procesu

The paper presents the concept of a PLM application to support FEA analysis processes. The supporting tools can operate during the model development, the problem solving and the results analysis. Management operations are also available. The developed methods are compared with past solutions.

KEYWORDS: management of FEA models, process automation

Już od dawna analizy inżynierskie, w tym analizy realizowane za pomocą MES [1, 2], prowadzone są jako klasyczna sekwencja następujących działań: 1) przygotowanie modelu – budowa, edycja (**Pre-Processing**), 2) wykonanie obliczeń (**Processing**) 3) analiza uzyskanych wyników (**Post-Processing**).

Od lat dziewięćdziesiątych XX w. następował widoczny wzrost kompleksowości wytwarzanych produktów, postępowała globalizacja, rosły wymagania klientów itd.

Wymienione zjawiska spowodowały stworzenie nowej koncepcji w realizacji procesów inżynierskich. Określono ją jako *Product Lifecycle Management* [3, 4]. Celem tego podejścia było uefektywnienie procesu zarządzania produktem w jego życiu – rozumianym jako kolejne stadia od identyfikacji potrzeby, poprzez wiele stadiów pośrednich, aż do jego usunięcia, demontażu itp.

Trend ten spowodował powstanie wielu nowych podejść i narzędzi. Nie jest on jednak jednolity. Często dotyczy jedynie wybranych faz życia produktu związanych z bardzo konkretnymi i realnymi potrzebami.

Nawiązując do przedstawionej tendencji, stworzono koncepcję systemu klasy PLM przeznaczonego do zarządzania procesem/wspomagania procesu prowadzenia analiz za pomocą MES, która zostanie zaprezentowana w dalszej części artykułu.

Przygotowanie pełnego i wyczerpującego raportu jest procesem bardzo czasochłonnym. Często, już na etapie Pre-Processingu trzeba przewidzieć, co i przede wszystkim jak można zmierzyć, aby już na etapie Post-Processingu wykorzystywać wcześniej zdefiniowane rozwiązania. Decydującym elementem są odpowiednie umiejętności inżynierów oraz ich doświadczenie, które znacznie mogą usprawnić sam proces. Nie zmniejsza to jednak pracochłonności. Z tego powodu czę-

sto rezygnuje się z pełnych raportów na korzyść prostszych ich wersji, które zawierają jedynie podstawowe wyniki symulacji. Jednocześnie nie pozwalają na pełne wykorzystanie budowanych modeli i oprogramowania.

W celu zapewnienia najwyższej jakości wyników przeprowadzanych analiz, w możliwie najkrótszym czasie, podjęto próbę automatyzacji całego procesu, wykorzystując wiedzę i doświadczenie wykwalifikowanych inżynierów do stworzenia rozwiązań standardowych.

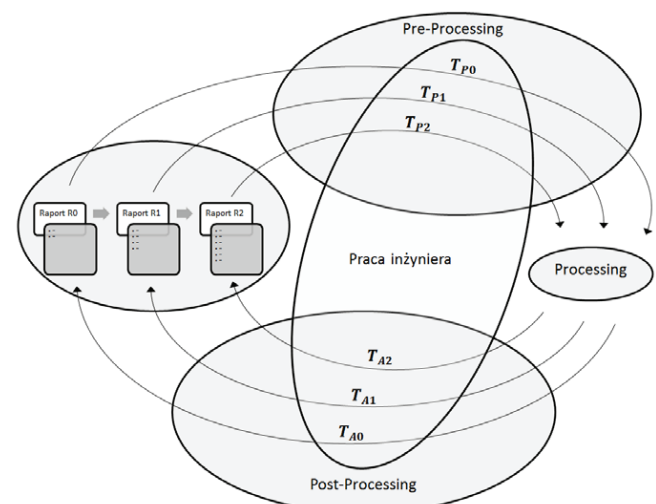
Analiza procesu

W systemach PLM spotykane są różne typy raportów z różnym poziomem szczegółowości zawartych informacji.

W dalszej części analizy założono istnienie trzech typów raportów nazwanych R0, R1 i R2. Podstawowy raport R0 jest najprostszym typem i zawiera minimum informacji o modelu. Natomiast na jego przygotowanie potrzeba T_0 czasu, na który składa się czas T_{P0} potrzebny na przygotowanie modelu, który będzie w stanie dostarczyć odpowiednich informacji, oraz czas T_{A0} potrzebny na analizę i odczytanie odpowiednich wartości, które następnie będą umieszczone w raporcie.

Raport R1 jest rozszerzoną wersją raportu R0. Opisuje on model za pomocą większej ilości kryteriów i na jego przygotowanie potrzeba T_1 czasu oraz odpowiednio T_{P1} na przygotowanie modelu i T_{A1} na jego analizę. Raport R2 jest raportem najbardziej rozbudowanym, zawierającym maksimum informacji. Na jego przygotowanie potrzeba T_2 czasu oraz T_{P2} i T_{A2} na przygotowanie i analizę modelu. Powyższe założenia przedstawiono na rys. 1. Wynika z nich, że:

$$T_0 < T_1 < T_2 \quad (1)$$



Rys. 1. Opis procesu powstawania raportu z obliczeń MES

* Mgr inż. Łukasz Woźnicki (lukasz.woznicki@faurecia.com) – R&D Faurecia Automotive Seating, Politechnika Warszawska, Instytut Podstaw Budowy Maszyn; prof. dr hab. inż. Jerzy Pokojski (jerzy.pokojski@simr.pw.edu.pl) – Politechnika Warszawska, Instytut Podstaw Budowy Maszyn; mgr inż. Marcin Dębniak (marcin.debiak@faurecia.com) – R&D Faurecia Automotive Seatings

Stosując zapis:

$$T_i = T_{Pi} + T_{Ai} \quad (2)$$

można stwierdzić, że:

$$T_{P0} < T_{P1} < T_{P2} \quad (3)$$

$$T_{A0} < T_{A1} < T_{A2} \quad (4)$$

Różnice między poszczególnymi czasami wynikają nie tylko z ilości sprawdzanych parametrów, ale również z ilości pracy, jaką należy wykonać w celu ich prawidłowego określenia (która jest różna dla każdego parametru).

W sytuacji idealnej możemy założyć, że wszystkie czasy wykonania poszczególnych raportów są sobie równe bez wpływu na ich zawartość:

$$T_0 = T_1 = T_2 \quad (5)$$

Trzeba mieć świadomość, że taki stan rzeczy jest stanem idealnym i często nie jest on możliwy do osiągnięcia. Przeważnie jest on traktowany jako funkcja celu, pewien punkt odniesienia. Stworzenie dowolnego raportu zajmowałoby wówczas tyle samo czasu i pozwalałoby na przygotowanie pełnego raportu R2, w każdym przypadku bez potrzeby ponoszenia dodatkowych kosztów.

Jednak w rzeczywistości czas potrzebny na przygotowanie raportu jest różny dla poszczególnych typów raportów i zależy od sprawności, umiejętności oraz doświadczenia inżyniera. Jest to więc proces zależny od czynnika ludzkiego W (pracy inżyniera).

W celu uzyskania sytuacji idealnej, konieczne jest stworzenie procesu, który będzie niezależny od tego czynnika, a więc sytuacji, gdy praca inżyniera potrzebna na stworzenie dowolnego raportu będzie niezależna od typu tworzonego raportu:

$$T_0 = T_1 = T_2 \Leftrightarrow W_0 = W_1 = W_2 = const \quad (6)$$

Prezentacja procesu na przykładzie

W tej części przedstawiony jest proces powstawania raportów R0, R1 i R2 na przykładzie symulacji zderzenia przedniego fotela samochodowego. Pokazane są przykładowe kryteria sprawdzane w poszczególnych raportach oraz czynności potrzebne do ich określenia.

Tabl. I przedstawia parametry sprawdzane w poszczególnych typach raportów R0, R1 i R2.

Tabl. II przedstawia opis poszczególnych parametrów: jakie informacje dany parametr pozwala określić, jakie czynności są konieczne do wykonania na etapie przygotowywania modelu oraz na etapie analizy wyników symulacji. Opis poszczególnych parametrów wykonano w oparciu o pakiet LS-DYNA. Czasy t_{Pi} oraz t_{Ai} oznaczają czasy potrzebne na odpowiedni Pre-Processing oraz Post-Processing kolejnych parametrów.

Sumując czasy dla parametrów zawartych w danym typie raportu, można określić całkowity czas potrzebny na przygotowanie raportu:

$$T_i = \sum [(t)_{Pk} + t_{Ak}] \quad (7)$$

Na podstawie powyższych zależności można wyznaczyć czas potrzebny na realizację raportów R0, R1 i R2 dla rozpatrywanego przykładu:

$$T_0 = 4, \quad T_1 = 23, \quad T_2 = 28 \quad (8)$$

TABLICA I. Przykładowa zawartość raportów R0, R1 i R2

Raport R0	Raport R1	Raport R2
• Integralność konstrukcji	• Integralność konstrukcji	• Integralność konstrukcji
	• Kryteria biomechaniczne • Pomiar sił w pasach • Pomiar sił w śrubach	• Kryteria biomechaniczne • Pomiar sił w pasach • Pomiar sił w śrubach
		• Kinematyka zjawiska • Pomiar sił w kontakcie

Wyznaczone wartości potwierdzają założenie zapisane we wzorze (1).

Można zauważyć znaczne różnice między poszczególnymi czasami, które wynikają jedynie z ilości pracy, jaką inżynier musi wykonać, przygotowując oraz analizując model pod kątem danego typu raportu.

Koncepcja systemu wspomagającego

Różnice między czasami potrzebnymi do przygotowania poszczególnych raportów wynikają z ilości pracy wykonanej przez inżyniera. W celu eliminacji tych różnic konieczne jest stworzenie procesu niezależnego od czynnika ludzkiego lub procesu, w którym czynnik ten będzie sprowadzony do niezbędnego minimum. Efekt taki można uzyskać, tworząc dedykowane narzędzia, które wykorzystując zapisaną w nich wiedzę i doświadczenie inżynierów, pozwolą na automatyzację procesu na wszystkich jego etapach. Możliwości stworzenia narzędzi oraz ich wpływ na efektywność całego procesu zostały przedstawione w tabl. II.

TABLICA II. Definicja raportowanych parametrów z wykorzystaniem dedykowanych narzędzi

	Pre-Processing	[godz]		Post-Processing	[godz]	
Integralność konstrukcji	-	-	-	Automatyczna analiza wg stworzonej procedury	4	0,5
Pomiar sił w pasach	Dedykowane narzędzie	0,5	0,1	Automatyczny odczyt	0,5	0
Pomiar sił w śrubach	Dedykowane narzędzie Automatyczna definicja karty już na etapie modelowania połączeń	5	0	Automatyczna analiza wg stworzonej procedury	8	0
Kryteria biomechaniczne	-	-	-	Automatyczny odczyt	5	0
Kinematyka zjawiska	Dedykowane narzędzie	1	0,1	Automatyczny odczyt	2	0
Pomiar sił w kontakcie	Dedykowane narzędzie	1	0,1	Automatyczny odczyt	1	0

Wyznaczając ponownie czasy potrzebne na przygotowanie raportów R0, R1 i R2 zgodnie ze wzorem 8, otrzymuje się:

$$T_0 = 0,5, \quad T_1 = 0,6, \quad T_2 = 0,8 \quad (9)$$

Zauważalne są znacznie mniejsze różnice między poszczególnymi wartościami, nastąpiło również zmniejszenie całkowitego czasu potrzebnego do wykonania danego raportu. Widoczne różnice między poszczególnymi czasami wynikają nadal z konieczności wykonania przez inżyniera odpowiedniej pracy. Inżynier musi zainicjować cały proces, korzystając z odpowiedniego narzędzia. Zadaniem użytkownika jest jedynie wskazanie punktów, miejsc, które należy sprawdzić, natomiast cała wiedza na temat tego, jak dany parametr powinien być zdefiniowany i zrealizowany, jest już zapisana w narzędziu.

LITERATURA

- Pokojski J., Woźnicki Ł., Dębniak M. „Budowa aplikacji wspomagającej proces generowania siatki MES”. *Mechanik*, 7, 2014, s. 615-622.
- Pokojski J., Woźnicki Ł., Dębniak M. „Budowa aplikacji wspomagającej wprowadzanie zmian w modelach MES”. *Mechanik*, 7, 2015, s. 701-708.
- Stark J., „*Product Lifecycle Management*”. Springer-Verlag, 2005.
- Stark J., „*Global Product*”. Springer-Verlag, 2007. ■