

Optymalizacja konstrukcji naczep z zastosowaniem symulatora drogi MTS

Optimization of semi-trailer design as a result of using the MTS road simulator

MACIEJ KACZOR
MARCIN JANUSZKA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2019.1.10>

W procesie opracowania nowego środka technicznego standardem powinno być usystematyzowane podejście, aby zapewnić wysoką jakość, funkcjonalność i trwałość tworzonych rozwiązań. Artykuł prezentuje opracowaną na potrzeby firmy Wielton SA – producenta naczep i przyczep – metodykę optymalizacji konstrukcji naczep z zastosowaniem nowoczesnego stanowiska badawczego – symulatora drogi. W wyniku optymalizacji konstrukcji z zastosowaniem symulatora drogi naczepa jest dostarczana szybko, jako produkt nowy, wolny od wad konstrukcyjnych i przeznaczony do sprzedaży.

SŁOWA KLUCZOWE: symulator drogi, projektowanie naczep, optymalizacja, badania trwałości

The systematized approach in the process of developing a new technical product should constitute a standard for ensuring high quality, functionality and durability of modern products. This paper presents a methodology used by Wielton company – a manufacturer of trailers and semi-trailers – for the optimization of semi-trailer's construction, supported by a modern test stand – a road simulator included as part of the methodology. As a result of the optimization of the construction with the use of the road simulator, the semi-trailer as a new product for sale is delivered quickly and it is free from any construction defects.

KEYWORDS: road simulator, semi-trailer design, optimization, durability test

Problemem optymalizacji złożonych środków technicznych, jakimi są pojazdy użytkowe, w tym naczepy, jest skomplikowany i wymaga usystematyzowania. Metod optymalizacji jest wiele, stosuje się je na różnych etapach pracy (od określenia potrzeby przez proces projektowo-konstrukcyjny, badania walidacyjne itd.) [6]. Zazwyczaj pod koniec procesu opracowania środka technicznego buduje się prototypy, które poddaje się badaniom walidacyjnym na zaawansowanych stanowiskach badawczych [3, 4]. Dopiero te badania pozwalają potwierdzić poprawność przyjętych rozwiązań, zwłaszcza pod kątem kryterium trwałości.

Powstają coraz bardziej innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne pojazdów użytkowych do transportu (w tym przyczep i naczep), które jednocześnie muszą spełniać szereg wymagań, przede wszystkim związanych z bezpieczeństwem, trwałością i niezawodnością. Aby wyeliminować ewentualne wady, prototypy takich pojazdów poddaje się wielu badaniom, zanim rozpocznie się ich produkcję seryjną i trafią do klientów.

Do niedawna producenci prowadzili badania walidacyjne wyłącznie na rzeczywistych drogach i w terenie. Były one kosztowne, a przede wszystkim długotrwałe i opóźniały wprowadzanie produktów na rynek. Rozwiązaniem tego problemu są stanowiska badawcze – symulatory drogi, które z wysoką dokładnością odtwarzają w sposób powtarzalny rzeczywiste warunki drogowe.

Zastosowanie symulatorów drogi w trakcie wprowadzania pojazdów na rynek jest dziś popularne, jednak głównie wśród producentów samochodów osobowych. Dzięki tym urządzeniom producenci pojazdów testują: trwałość pojazdu (testy zmęczeniowe), jakość na etapie zakończenia produkcji (tzw. pierwsza droga), komfort jazdy, głośność i dynamikę pojazdów.

Niniejszy artykuł przedstawia opracowaną na potrzeby działu badań i rozwoju w firmie Wielton metodykę optymalizacji konstrukcji pod względem maksymalizacji trwałości, w wyniku zastosowania zaawansowanego stanowiska badawczego – symulatora drogi MTS [1, 2, 5].

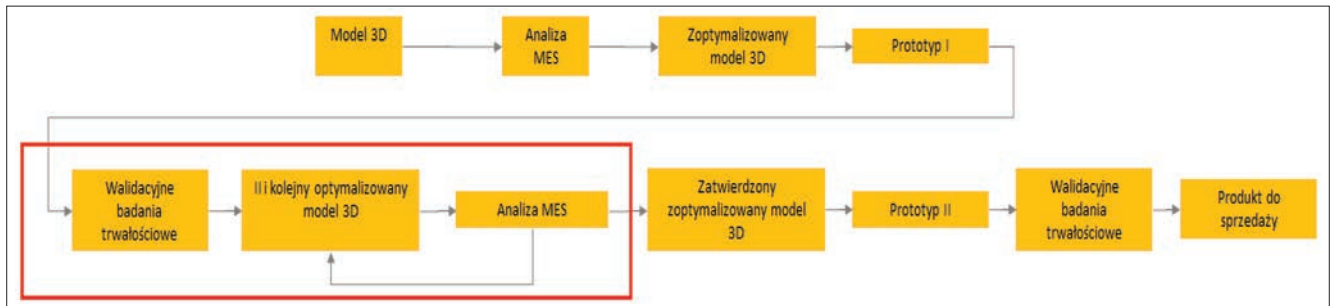
Metodyka optymalizacji konstrukcji

Opracowano wstępną koncepcję metodyki optymalizacji konstrukcji nowych i istniejących naczep firmy Wielton. Celem badań było zoptymalizowanie procesu opracowania środka technicznego pod kątem skrócenia czasu wdrażania nowych produktów z jednoczesnym zagwarantowaniem wysokiej trwałości oraz funkcjonalności produktów. Opracowano schemat postępowania przy wdrażaniu produktów do sprzedaży.

Metodyka zakłada następujące etapy procesu opracowania środka technicznego – naczepy (rys. 1):

- określenie danych wejściowych do procesu (np. wymagania, założenia – funkcjonalne, ekonomiczne, wytrzymałościowe, trwałościowe),
- opracowanie modelu 3D nowego środka technicznego lub modyfikacja istniejącego,
- numeryczne analizy wytrzymałościowe MES (statyczne oraz dynamiczne),
- opracowanie zoptymalizowanego modelu 3D na podstawie numerycznych analiz wytrzymałościowych,
- budowa pierwszego prototypu,
- badania walidacyjne prototypu (z wykorzystaniem stanowiska do badania trwałościowego naczep – symulatora drogi MTS oraz innych stanowisk badawczych, np. maszyny wytrzymałościowej, fotogrametrycznego systemu pomiarowego),
- optymalizacja modelu 3D na podstawie wyników badań walidacyjnych pierwszego prototypu,

* Mgr inż. Maciej Kaczor (m.kaczor@wielton.com.pl), dr inż. Marcin Januszka (marcin.januszka@polsl.pl) – Politechnika Śląska, Wielton SA



Rys. 1. Etapy opracowania nowej naczepy w firmie Wielton

- analizy numeryczne wytrzymałościowe MES podzespołów wchodzących w skład naczepy,
- przygotowanie zatwierdzonego modelu 3D przyszłego środka technicznego,
- budowa drugiego prototypu,
- badania walidacyjne drugiego prototypu (z wykorzystaniem stanowiska do badania trwałościowego naczep – symulatora drogi MTS).

Metodyka optymalizacji konstrukcji na podstawie badań trwałościowych pojazdów użytkowych, zwłaszcza naczep, zakłada zastosowanie metod, które pozwolą na ograniczenie błędów konstrukcyjnych, wpływających na parametry naczepy. Obejmuje trzy etapy procesu opracowania naczepy: etap walidacji pierwszego prototypu z wykorzystaniem stanowiska do badania trwałościowego (symulatora drogi MTS) oraz iteracyjnie realizowane etapy optymalizacji konstrukcji na podstawie wyników badania walidacyjnego pierwszego prototypu i analiz numerycznych MES. Efektem zastosowania tej metodyki jest eliminacja wszystkich błędów (w założeniach na poziomie 98% błędów) konstrukcyjnych i technologicznych w opracowywanym środku technicznym, a zwłaszcza związanych z jego trwałością i niezawodnością. Błędy te dotyczą nie tylko z kluczowych części naczepy, tj. ramy i stelaża, lecz także mniej liczących się podzespołów, tj. mocowania zbiorników i skrzyń, drabinki, kosza koła zapasowego, mocowania gaśnic.

Stanowisko do badania trwałościowego

Firma Wielton jako jedna z dwóch firm w branży producentów naczep i przyczep opracowała i zbudowała we współpracy z firmą MTS Systems/CFM Schiller [5] własne stanowisko – MTS 320 Road Simulator – do prowadzenia badań trwałościowych w symulowanych warunkach drogowych i terenowych (tablica). Symulator drogi MTS 320 umożliwia odwzorowanie ruchu pojazdu obserwowanego podczas jazdy tego pojazdu po różnych drogach, bez względu na jakość ich powierzchni. Możliwości techniczne stanowiska pozwalają z dużą wydajnością symulować skrajnie różne warunki drogowe – od małych drgań do bardzo silnych uderzeń spowodowanych przez wyboje drogowe.

Stanowisko składa się z ośmiu siłowników hydraulicznych (sześciu dla kół oraz dwóch dla siodła), sterowanych poprzez serwozawory z głównego cyfrowego kontrolera elektronicznego, umieszczonych na aktywnej masie tłumiącej. Siłowniki umożliwiają wytworzenie pionowej siły działającej na wszystkie opony oraz płytę siodłową naczepy. Pozwala to na realizację dowolnych przebiegów przemieszczenia, prędkości lub przyspieszenia, jakie wynikają z obciążeń pojazdu. Układ sterowania zapewnia pełny zestaw przebiegów funkcyjnych do badania charakterystyk statycznych i dynamicznych.

Konfiguracja stanowiska umożliwia testowanie pojazdów jednoosiowych ze sprzęgiem, dwuosiowych (samochodów osobowych, przyczep rolniczych) i trzyosiowych (autobusów, naczep, pojazdów wojskowych). Aktywna masa tłumiąca, przekraczająca 500 ton, jest zawieszona na 26 poduszkach pneumatycznych. Taka konstrukcja stanowiska umożliwia ograniczenie drgań do samego pola badawczego, tłumiąc wibrację badanego obiektu, którego masa może przekraczać 40 ton.

Proces badań trwałościowych (zmęczeniowych) rozpoczyna się jeszcze przed instalacją naczepy na stanowisku badawczym. W pierwszej fazie – przygotowawczej – w pojeździe instalowane są przetworniki (czujniki), które pozwalają rejestrować odkształcenia i drgania konstrukcji, ciśnienie w miechach i przemieszczenie osi w trakcie eksploatacji naczepy oraz zapisywać dane z EBS. Dane są analizowane i przetwarzane w taki sposób, aby symulacja drogi była jak najbardziej efektywna. Przygotowanie naczepy do badań, zbieranie danych oraz same badania trwałościowe zajmują ok. dwóch miesięcy.

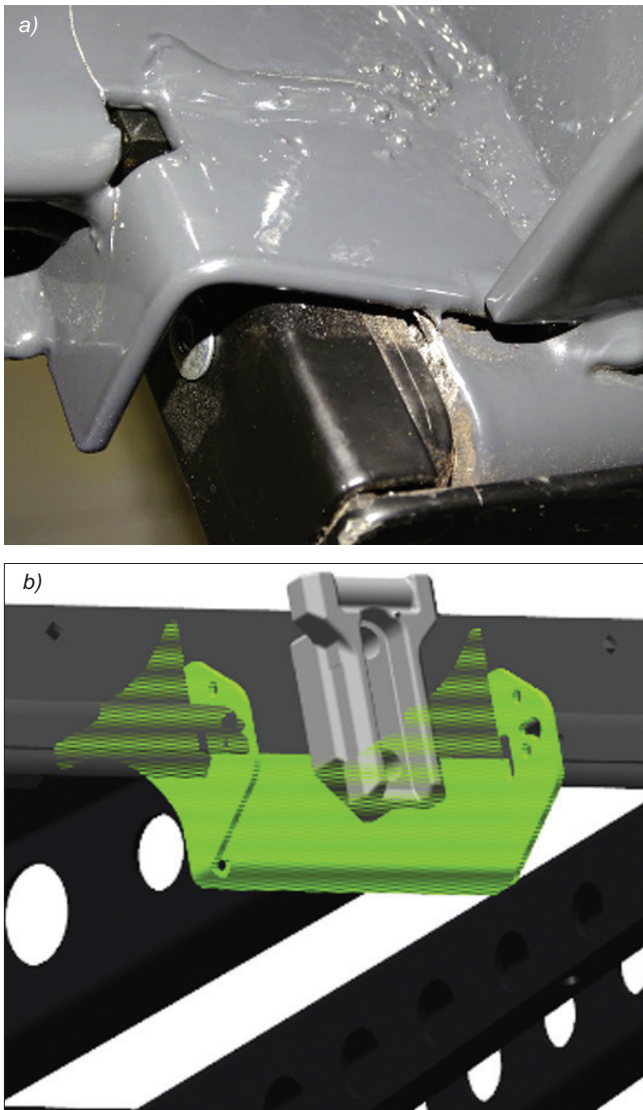
Zastosowanie podczas badania na stanowisku nowoczesnych kart pomiarowych z rodziny QuantumX umożliwia jednoczesną rejestrację dziesiątek wielkości

TABLICA. Charakterystyka dróg, po których porusza się naczepa, odwzorowywanych podczas badania z użyciem symulatora drogi

Rodzaj drogi	Przebieg referencyjny, km	Założona liczba kilometrów na symulatorze, km	Udział, %
Lokalna	487	80 000	20
Krajowa	428	200 000	50
Autostrada	268	120 000	30
Σ	1183	400 000	100



Rys. 2. Symulator drogi MTS 320 Road Simulator w firmie Wielton podczas badania trwałościowego naczepy kurtynowej



Rys. 3. Wzmocnienie kieszeni słupka środkowego w naczepie kurtynowej w wyniku badania trwałościowego: a) uszkodzenie widoczne po badaniu, b) wynik optymalizacji konstrukcji pod kątem zwiększenia trwałości

fizycznych, określających zachowanie pojazdu w trakcie eksploatacji. Podejście dostosowuje się do pojazdu i jego przeznaczenia. Na ramie pojazdu umieszcza się m.in. tensometry. Kilkadziesiąt tensometrów pozwala rzetelnie ocenić stan wyężenia ramy po jej obciążeniu, a także odnieść się do przeprowadzonych na wcześniejszym etapie analiz strukturalnych.

Badania na stanowisku umożliwiają szybką walidację pojazdu i wykrycie uszkodzeń, które mogłyby powstać w trakcie długotrwałej (wieloletniej) eksploatacji. W wyniku optymalizacji eliminuje się z konstrukcji wykryte uszkodzenia (rys. 3). Możliwe jest określenie trwałości pojazdu w trakcie przebiegu wielu setek tysięcy kilometrów w ciągu ok. 200–300 godzin pracy stanowiska. Kilkuletnia eksploatacja pojazdu jest symulowana podczas kilkumiesięcznej symulacji. Analizuje się zarejestrowane w trakcie badań trwałościowych obciążenia pojazdu w różnych warunkach drogowych lub terenowych, a następnie na ich podstawie doskonalą się konstrukcję pojazdu. Efektem prac jest lekka, ale ciągle bardzo wytrzymała konstrukcja.

W dobie dynamicznego wprowadzania nowych produktów na rynek zastosowanie tego typu stanowisk badawczych staje się niezbędne i pozwala uzyskać przewagę konkurencyjną.

Podsumowanie

Zastosowanie zaawansowanych stanowisk badawczych w procesie opracowania środków technicznych istotnie wpływa na ich trwałość. Stworzona na potrzeby firmy Wielton metoda optymalizacji konstrukcji, bazująca na zastosowaniu symulatora drogi, obejmuje weryfikację zmęzeniową całych pojazdów oraz ich pojedynczych podzespołów (np. elementów zawieszenia, systemów mocowania ładunku, elementów konstrukcyjnych ramy podwozia czy dodatkowego wyposażenia naczep). W krótkim czasie czterech tygodni możliwe jest przeprowadzenie symulacji zachowania naczepy odpowiadającej ok. czteroletniej rzeczywistej eksploatacji.

Metodyka stosowana w Wielton oraz wykorzystywane w niej stanowiska badawcze, stanowiące istotny element badań walidacyjnych, mają wiele zalet takich jak:

- ograniczenie ryzyka związanego z wprowadzaniem na rynek przełomowych rozwiązań;
- szybszy wzrost konkurencyjności pojazdów;
- zoptymalizowanie konstrukcji pojazdów;
- ograniczenie czasu produkcji i kosztów, a w konsekwencji – szybsze wdrażanie nowych produktów;
- ograniczenie liczby reklamacji i kosztów serwisowania;
- zwiększenie wartości i prestiżu marki Wielton.

Klienci oczekują, że w krótkim czasie otrzymają produkt niezawodny, sprawdzony i odpowiadający ich potrzebom. Przyjęcie usystematyzowanego podejścia do opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz ich optymalizacja w wyniku zastosowania nowoczesnych, mechatronicznych stanowisk badawczych wychodzą naprzeciw tym oczekiwaniom. Należy więc założyć, że w przyszłości tego typu podejście do rozwoju nowych produktów będzie coraz powszechniejsze nie tylko wśród dużych producentów.

Badania finansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy nr 12/DW/2017/01/1 z dnia 07.11.2017 r. w kwocie: 4433 520,00 zł

LITERATURA

1. Azrulhisham E., Asri Y.M., Dzuraidah A.W., Nik Abdullah N.M., Che Hassan C.H., Shahrom A. "Application of road simulator service loads in automotive component durability assessment". *The Open Industrial & Manufacturing Engineering Journal*. 4 (2011): s. 1–7.
2. Dilip M., Gangwani G. "Design optimization of truck body". *IJIRST – International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. 3, 2 (2016): s. 383–385.
3. Dodds C., Plummer A. "Laboratory road simulation for full vehicle testing: a review". *SAE Technical Paper 2001-26-0047* (2001).
4. Medepalli S., Rao R. "Prediction of road loads for fatigue design-sensitivity study". *International Journal of Vehicle Design*. 23, 1–2 (2000): s. 161–175.
5. MTS. Model 320 Tire-Coupled Road Simulators, https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev_002219.pdf, (dostęp: 25.11.2018 r.).
6. You S., Joo S. "Virtual testing and correlation with spindle coupled full vehicle testing system". *SAE Technical Paper 2006-01-0993* (2006).