

Zbigniew BARSZCZ, Jakub LISIECKI, Szymon LISIECKI, Krzysztof PODKOWSKI, Jarosław SEŃKO, Dariusz WIĘCKOWSKI

## CIĘŻKI, WIELOFUNKCYJNY POJAZD DO ZADAŃ SPECJALNYCH „FUNTER”

*W artykule omówione zostały szczególne cechy funkcjonalne, ze względu na zastosowane innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne, wielofunkcyjnego pojazdu do zadań specjalnych „FUNTER”. Opisany w artykule pojazd bazuje na opracowanej w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji (PIMOT) przestrzennej ramie nośnej pojazdu, o odpowiedniej sztywności, zweryfikowanej poprzez analizy wytrzymałościowe jej konstrukcji metodą elementów skończonych (MES).*

### WSTĘP

W Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie powstał pojazd, który dzięki nowatorskim rozwiązaniom konstrukcyjnym łączy w sobie siłę pojazdów ciężarowo-terenowych i zwrotność samochodów sportowych.



**Rys. 1.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER

Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych (FUNTER) jest wynikiem wspólnej pracy polskich inżynierów, specjalistów ze świata sportu jak i ludzi nauki z polskich uczelni technicznych. Podstawowym celem konstruktorów było zbudowanie nowej, innowacyjnej i modułowej platformy podwozowej stanowiącej bazę do budowy całej rodziny pojazdów przez zestawianie odpowiednich modułów pojazdu przystosowanego do jazdy w ekstremalnych warunkach (pojazdy 2 miejscowe – jak na zdjęciach, pojazdy 5 miejscowe, pojazdy 7 miejscowe, pojazdy 9 miejscowe oraz pickupy z pojedynczą lub podwójną kabiną).

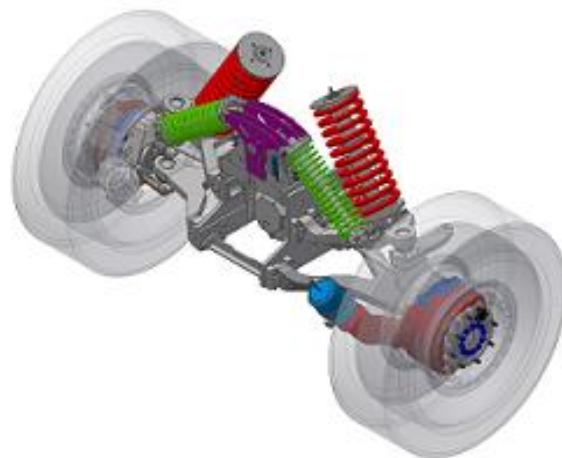
Tereny góryste, piaszczyste, bagienne, nieutwardzone czy warunki zimowe (głęboki śnieg, zaspasy, roztopy, rynnny lodowe) nie stanowią dla FUNTERA żadnej przeszkody. Zaproponowane rozwiązania pozwalają na użytkowanie pojazdu przez służby cywilne i mundurowe. W zależności od oczekiwań i założeń, opracowana platforma podwozowa może mieć zastosowanie: militarne (wojsko, służby specjalne, antyterrorystyczne, Straż Graniczna, Policja), dla służb ratowniczych (m.in. Straż Pożarna, GOPR/TOPR, ratownictwo medyczne w trudnym terenie, usuwanie skutków klęsk żywiołowych, usuwanie skutków klęsk ekologicznych), dla użytkowników komercyjnych (m.in. budownictwo górskie, energetyka, gazownictwo, leśnictwo, przemysł wydobywczy) oraz cywilno – rekreacyjne (m.in.

penetrowanie czy zwiedzanie terenów trudno dostępnych na całym świecie) czy nawet sportowe (m.in. rajdy przeprawowe/trial i rajdy szybkościowe typu Dakar).

### 1. CECHY SZCZEGÓLNE WYRÓZNIAJĄCE POJAZD

Co sprawia, że FUNTER jest innowacyjną konstrukcją w skali świata?

Zawieszenie o regulowanej sztywności kątowej.



**Rys. 2.** Zawieszenie o regulowanej sztywności kątowej



**Rys. 3.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER w fazie projektowania



**Rys. 4.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER w czasie badań - wyrzóż

Zaprojektowany i opatentowany przez polskich inżynierów układ unikalnego zawieszenia niezależnego – portalowego, pozwala na swobodne przemieszczanie się pojazdem w skrajnie ciężkich warunkach terenowych. Bardzo duży skok kół ponad 600 mm, zmienna sztywność kątową i specjalna kinematyka, są rozwiązaniami wyróżniającymi opracowany układ na świecie, pozwalając doskonale dostosować pojazd do zmieniającego się podłoża.



**Rys. 5.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER w czasie badań – przechylt poprzeczny

### **Układ kierowniczy 4WS**

Nowoczesny system skrętu 4WS umożliwia sterowanie równocześnie przednimi i tylnymi kołami, a także każdą osią oddzielnie. Kierowca ma do dyspozycji kilka trybów pracy: sterowanie kołami może być realizowane kierownicą (jedna lub obie osie), kierownicą i joystickiem (przednia oś kierowana kierownicą, a tylna joystickiem z trybem nawrotnym lub nienawrotnym - kół do pozycji zerowej) lub tylko joystickiem (z trybem nawrotnym lub nienawrotnym). Pojazd dzięki wymienionym funkcjonalnościom ma możliwość między innymi skrętu kół obu osi w tę samą stronę i jazdy bokiem tzw. „psi chód”, bądź skrętu kół obu osi w przeciwne strony w celu znaczącego zmniejszenia promienia zawracania.

### **Układ CTIS**

Pojazd wyposażony został w specjalne 20 calowe, aluminiowe obręcze, z wkładką BEADLOCK aby można było zastosować, niezastąpiony w trudnym terenie, układ centralnego pompowania kół (CTIS). Układ CTIS w ramach zaprogramowanych trybów pracy i warunków obciążenia pojazdu, umożliwia kontrolowaną zmianę ciśnienia w oponach. Jazda drogowa, terenowa po twardych nawierzchniach jak i terenowa po bardzo miękkich nawierzchniach (m.in. piasek i błoto) nie stanowią dla pojazdu żadnej przeszkody.



**Rys. 6.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER - koła skręcone do jazdy bokiem tzw. „psi chód”



**Rys. 7.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER - koła skręcone z przeciwną stroną w celu zmniejszenia promienia skrętu

### **Układ hamulcowy**

Aby zwiększyć zwrotność, kierowność, mobilność i poprawić trakcję pojazdu oraz zagwarantować bezpieczeństwo przewożonych w nim osób, konstruktorzy zmodyfikowali klasyczny, pneumatyczny układ hamulcowy posiadający hamulce tarczowe, wentylowane na wszystkich kołach oraz system ABS z możliwością częściowej i pełnej dezaktywacji. Daje to możliwość selektywnego hamowania każdym kołem osobno. Aktywacja trybu selektywnego hamowania podczas jazdy w ciężkim terenie pozwala zahamować każdym kołem oddzielnie, osobno kołami na osi przedniej, osi tylnej lub kołami po danej stronie pojazdu, dzięki czemu manewrowanie w ciężkim terenie jest jeszcze łatwiejsze.

### **Układ napędowy**

Dobry układ napędowy charakteryzuje się przede wszystkim wysokimi parametrami technicznymi, umożliwiającymi danej klasie pojazdu sprawnie poruszać się w ciężkim terenie. Sercem układu jest silnik doładowany Diesel, o pojemności skokowej około 7000 cm<sup>3</sup>, mocy około 210 kW i momencie obrotowym około 1000 Nm. Zastosowane zostały: automatyczna 6 biegowa skrzynia z przełożeniami zapewniającymi optymalną pracę układu, skrzynia rozdzielczo-redukcyjna - posiadająca przełożenie drogowe i terenowe oraz centralny mechanizm różnicowy, symetryczny - umożliwiający stały napęd w proporcji 50:50% z 100% blokadą. Zastosowane mechanizmy różnicowe na przedniej i tylnej osi posiadają również 100% blokady.

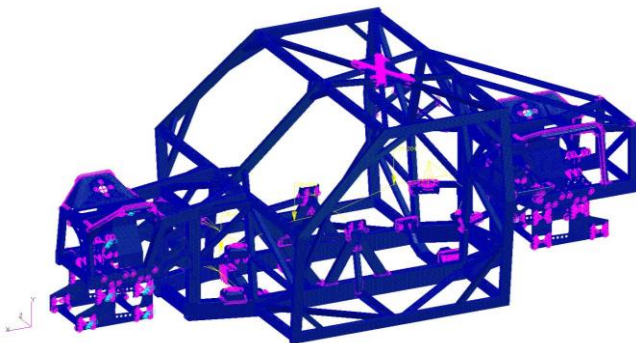


**Rys. 8.** Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych FUNTER w czasie badań – trudne warunki terenowe

### Rama nośna

W Przemysłowym Instytucie Motoryzacji została skonstruowana specjalna, przestrzenna rama nośna. Inspiracją dla konstruktorów były najnowsze samochody terenowe SUV i terenowe pojazdy sportowe, w których szczególnie ważne jest zapewnienie odpowiedniej sztywności całego nadwozia i zagwarantowanie bezpieczeństwa dla kierowcy i pasażerów pojazdu, zarówno przy zderzeniach czołowych, bocznych jak i dachowaniu.

## 2. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE WYKONANE METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH (MES)



**Rys. 9.** Model numeryczny MES pojazdu FUNTER

Analizy zostały podzielone na trzy części:

1. Analiza całej ramy
2. Analiza modułu przedniego ramy
3. Analiza modułu tylnego ramy

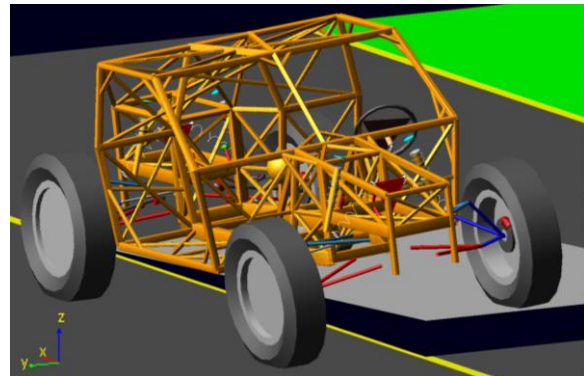
Uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

1. Zjazd z rampy lewą stroną z prędkością 25 km/h
2. Przejazd przez garb z prędkością 25 km/h
3. Wykryż
4. Obciążenie pionowe - Hopka
5. Obciążenie boczne
6. Obciążenie wzdłużne

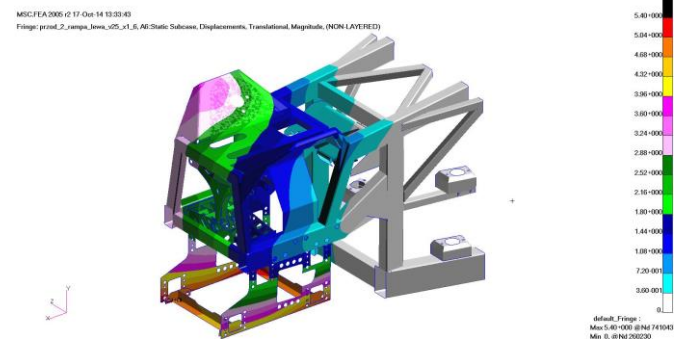
Wartości sił dla wymienionych powyżej przypadków obciążeń zostały zwiększone o 60%. Modele zostały utworzone w programie MSC.FEA (MSC.Patran + MSC.Nastran). Do analiz ramy zostały użyte wymuszenia określone w programie do obliczeń MBD.

## 3. PRZYKŁADOWE WYNIKI OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH MES

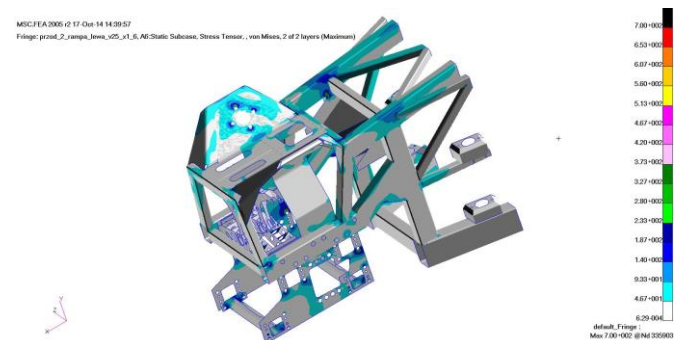
### 3.1. Zjazd z rampy lewą stroną z prędkością 25 km/h



**Rys. 10.** Model numeryczny pojazdu wykorzystywany do analiz sił działających na pojazd w czasie ruchu – zjazd z rampy lewą stroną z prędkością 25 km/h

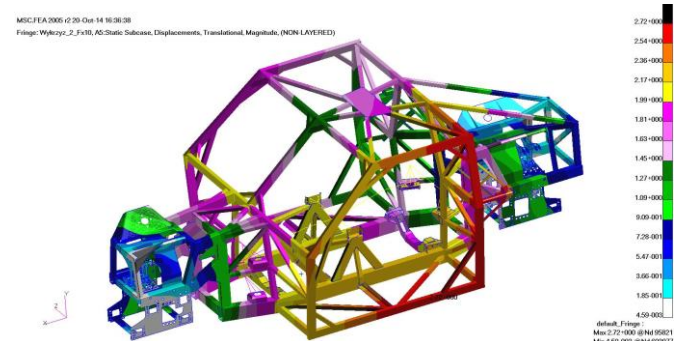


**Rys. 11.** Odkształcenia przedniego modułu ramy pojazdu [mm]



**Rys. 12.** Naprężenia zredukowane w przednim module ramy [MPa]

### 3.2. Wykryż



**Rys. 13.** Odkształcenia konstrukcji ramy pojazdu [mm]

## PODSUMOWANIE

Wielofunkcyjny pojazd do zadań specjalnych zdobył uznanie Jury podczas krajowych i zagranicznych wydarzeń, m.in. otrzymał: tytuł „Lidera Bezpieczeństwa Państwa – 2016” podczas konkursu pod patronatem Sekretarza Stanu w Ministerstwie Obrony Narodowej, główną nagrodę na Międzynarodowych Targach Innowacji Gospodarczych i Naukowych INTARG 2016 w Katowicach, złoty medal na 64. Targach Innowacyjności i Wynalazczości BRUSSELS INNOVA w Brukseli, nagrodę przyznaną przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na XXIII Gieldzie Wynalazków w Warszawie, brązowy medal na Targach Wynalazczości "Concours Lépine 2016" w Paryżu i złoty medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków iENA 2016 w Norymberdze. FUNTER był prezentowany na Targach Pro Defense w Ostródzie i podczas manewrów NATO – Anakonda 16 w Drawsku Pomorskim, a także na XXIV Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego MSPO 2016 w Kielcach.

FUNTER jest innowacyjną konstrukcją polskich inżynierów, przystosowaną do przewozu ludzi i ładunków w skrajnie ciężkich warunkach. Wykorzystane do budowy pojazdu zespoły i podzespoły, w większości wypadków uzyskane bezpośrednio od producentów krajowych i zagranicznych, umożliwiają rozpoczęcie seryjnej produkcji.

## BIBLIOGRAFIA

1. Nowak J., *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, WKiŁ, Warszawa 2004.
2. Rusiński E., *Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
3. Borkowski W., Konopka S., Prochowski L., *Dynamika maszyn*, WNT, Warszawa 1996.
4. Cannon R. H., *Dynamika układów fizycznych*, WNT, Warszawa 1973.
5. Żółtowski B., *Badania dynamiki maszyn*, Wyd. Markar-BZ, Bydgoszcz 2002.
6. Pawłowski J., *Nadwozia samochodowe*, WKiŁ, Warszawa 1964.
7. Pawłowski J., *Nadwozia samochodowe. Funkcja użytkowa i struktura nośna*, WKiŁ, Warszawa 1978.
8. Instytut Pojazdów PW, *Badanie sztywności skrętnej nadwozia (instrukcja do ćwiczenia)*.
9. Toni Seidel, *Rozwój konstrukcji nadwozi*.
10. Reński A., *Zastosowanie pomiaru sztywności skrętnej nadwozia do oceny jego jakości*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 4(47)/2002, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
11. Barszcz Z., Podkowski K., Seńko J., *Analizy numeryczne MES ramy samochodu Syrenka S201*, Autobusy 6/2016, ISSN 1509-5878.
12. Barszcz Z., Podkowski K., Seńko J., Zielonka K., *Analiza wytrzymałościowa wojskowego pojazdu opancerzonego podczas pokonywania różnych przeszkód terenowych*, TTS Technika transportu szynowego 9/2012, ISSN 1232-3829.

### Heavy, special-tasks, multifunctional vehicle "Funter"

*The article discusses the specific functional features, from the perspective of the innovative construction solutions applied to the multifunctional special-task vehicle "FUNTER". The vehicle described in the article bases on a space frame, developed at the Automotive Industry Institute (PIMOT), featuring the required stiffness verified with use of the finite element method (FEM).*

#### Autorzy:

- dr inż. **Zbigniew Barszcz** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji  
mgr inż. **Jakub Lisiecki** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji  
mgr inż. **Szymon Lisiecki** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji  
mgr inż. **Krzysztof Podkowski** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji  
dr inż. **Jarosław Seńko** – Politechnika Warszawska, Instytut Pojazdów  
dr hab. inż. **Dariusz Więckowski**, prof. nadzw. PIMOT – Przemysłowy Instytut Motoryzacji