

---

# WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

ZESZYTY NAUKOWE  
INSTYTUTU AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH  
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

---

## STANOWISKO DO BADAŃ DRZWI WAGONU TOWAROWEGO

Krzysztof Kubas<sup>1</sup>, Andrzej Baier<sup>2</sup>

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Wydział  
Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska,

ul. Konarskiego 18A 44-100 Gliwice.

<sup>1</sup>kris.0@wp.pl, <sup>2</sup>andrzej.baier@polsl.pl.

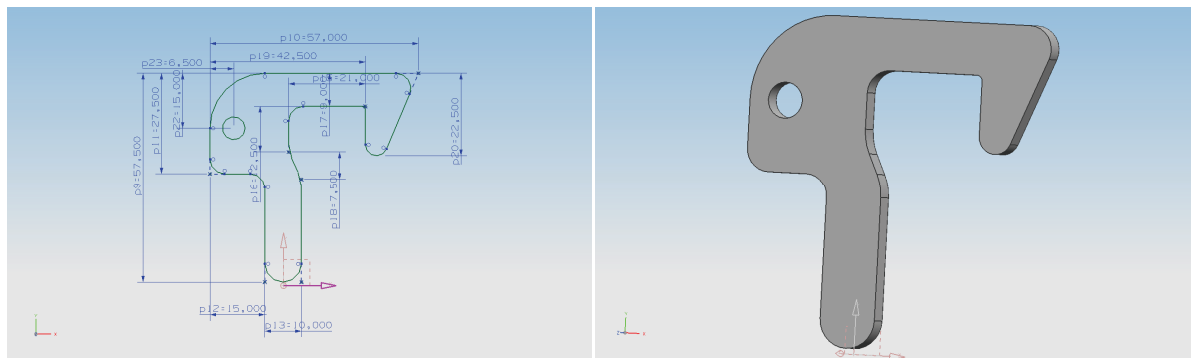
**Streszczenie:** Zaprojektowano oraz wykonano komputerowy model stanowiska do badań drzwi wagonu towarowego za pomocą programu NX. Następnie przeprowadzono analizę wytrzymałościową metodą elementów skończonych. Ponadto utworzono model drzwi wagonu wraz z fragmentem ściany oraz model stanowiska. Przeprowadzono symulację.

### 1. Wstęp

W artykule wyszczególniono wszystkie etapy wykonania projektu. Opisano sposób utworzenia elementów oraz złożeń, a także warunki przeprowadzania poszczególnych analiz wytrzymałościowych.

### 2. Wykonanie modelu drzwi wagonu wraz z elementami ściany bocznej

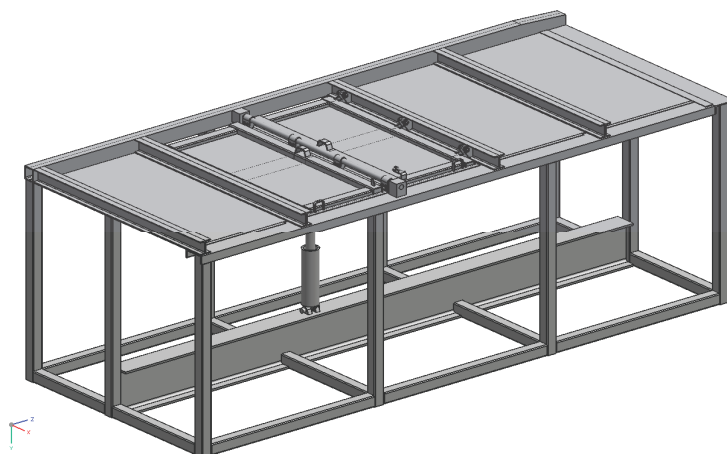
Z pełnej dokumentacji technicznej wagonu towarowego wybrano tylko rysunki elementów konstrukcji przeznaczonych do modelowania. Na ich podstawie, za pomocą modułu MODELING programu NX, opracowano podzespoły, a następnie złożenie fragmentu wagonu, który poddano badaniu. Modele w większości zaprojektowano przy pomocy narzędzia SKETCH oraz funkcji EXTRUDE lub, w przypadku elementów obrotowych, funkcji REVOLVE. Natomiast elementy znormalizowane, jak np. kształtowniki, śruby, nakrętki itp. zaimportowano z programu INVENTOR w formacie STEP. W celu wykonania złożeń wykorzystano moduł ASSEMBLIES, który umożliwia nadawanie odpowiednich więzów elementom.



Rys.1. Przykładowo wykonany element: a) szkic, b) wyciągnięcie

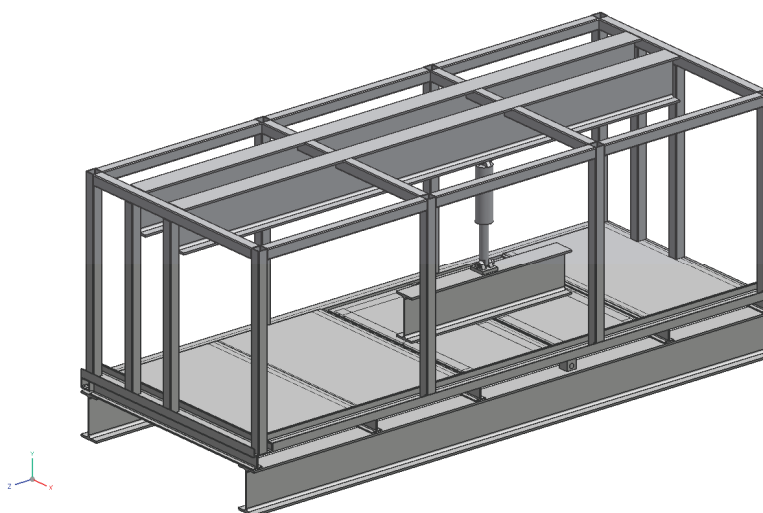
### 3. Zaprojektowanie oraz zamodelowanie stanowiska do badań utworzonego fragmentu wagonu

Na podstawie utworzonego modelu oraz otrzymanych wskazówek opracowano stanowisko pomiarowe, służące do badania wytrzymałości drzwi wagonu. Zapewniało ono łatwy dostęp w celu np. mocowania aparatury pomiarowej w postaci tensometrów. Do wykonania stanowiska wykorzystano ogólnodostępne elementy znormalizowane w postaci profili kwadratowych oraz profilu dwuteowego. Aby zapobiec zastosowaniu kłopotliwego układu hydraulicznego w celu wywierania siły na drzwi, wykorzystano siłownik hydrauliczny, zasilany przez pompę ręczną. Na stanowisku wykonano pomiary wytrzymałości drzwi.



Rys.2. Model stanowiska badawczego

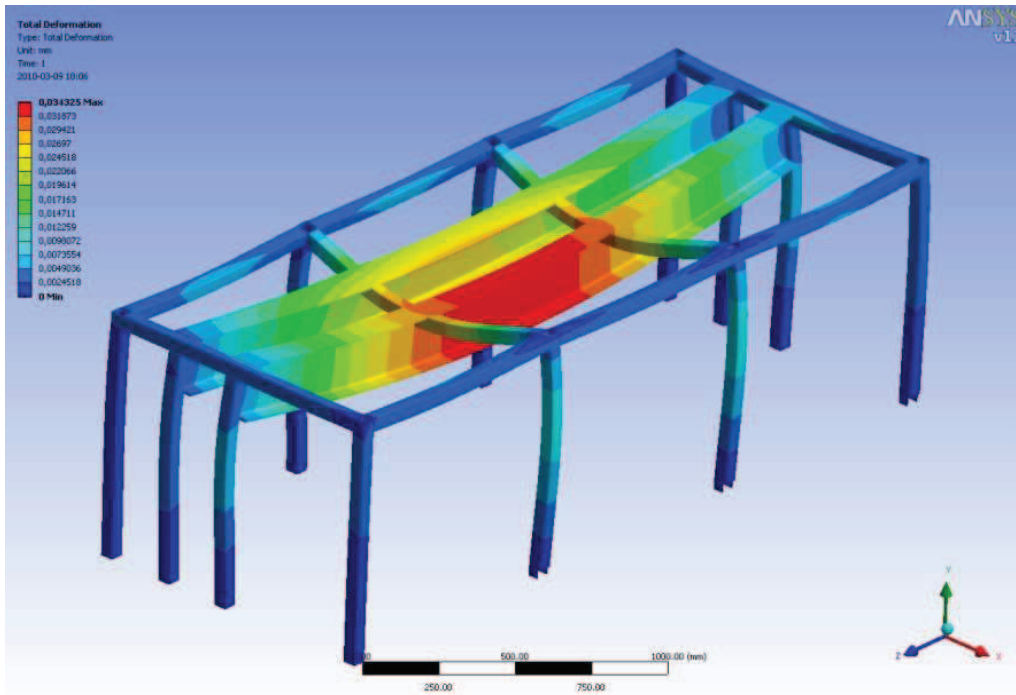
W obawie, że pod wpływem przyłożonej siły drzwi mogą „wystrzelić” do góry, zaprojektowany oraz zamodelowany został nowy wariant stanowiska, które swoją konstrukcją zapobiegało takiemu zdarzeniu, poprzez skierowanie drzwi do dołu. Dodatkowo uwzględniono możliwość pomiaru całej ściany wagonu, a nie samych drzwi. Drugie stanowisko również wykonano z elementów znormalizowanych. I w tym wypadku zastosowano to samo rozwiązanie do obciążania drzwi, z możliwością zamontowania siłownika w położeniu do wykonywania pomiarów całej ściany wagonu.



Rys.3. Drugi wariant stanowiska badawczego

#### 4. Analiza wytrzymałościowa elementów stanowiska

W celu weryfikacji sztywności oraz wytrzymałości konstrukcji stanowiska przeprowadzono analizę wytrzymałościową metodą elementów skończonych jej górnej części.

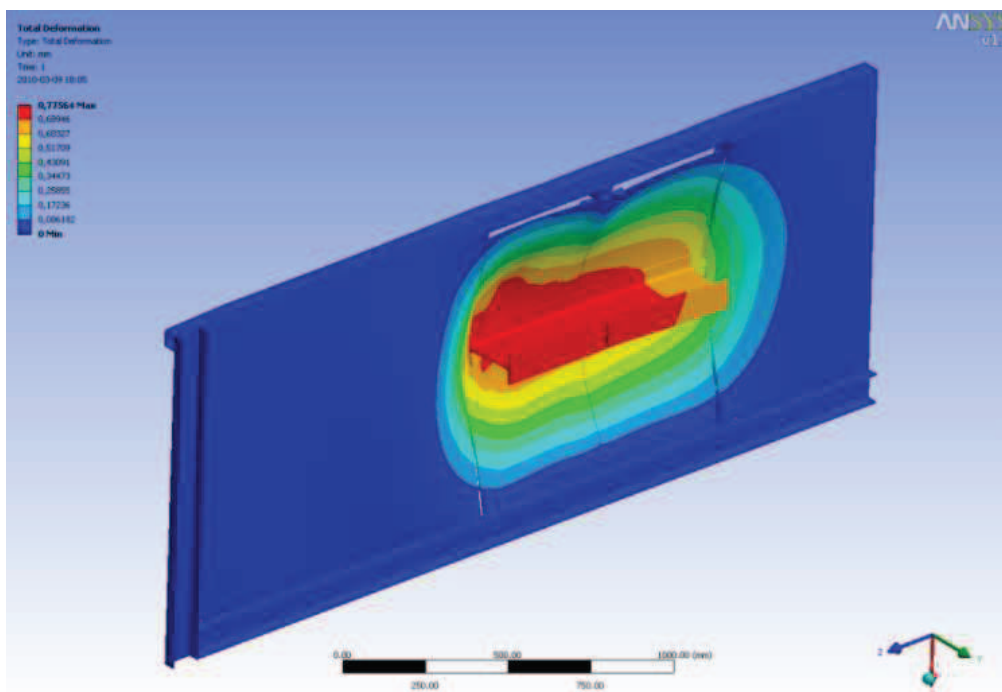


Rys.4. Analiza MES stanowiska (przemieszczenia)

Analizę przeprowadzono za pomocą programu ANSYS. Jako warunki brzegowe zastosowano sztywne utwierdzenie profili pionowych w miejscach, gdzie byłyby one przyspawane do ściany wagonu. Stanowisko poddano działaniu siły grawitacji w celu sprawdzenia jego wytrzymałości ze względu na własny ciężar. Analiza wykazała, że wytrzymałość konstrukcji jest wystarczająca i naprężenia w niej powstałe są dużo mniejsze od krytycznych, a przemieszczenia maksymalne nie przekraczają 0,4mm. Ostatecznie wykonano analizę drzwi wagonu.

#### 5. Analiza wytrzymałościowa drzwi wagonu

Po zweryfikowaniu wytrzymałości stanowiska przeprowadzono analizę drzwi wagonu, które zostały obciążone siłą 20kN zgodnie z wymogami badania. Jako warunki brzegowe zastosowano stałe utwierdzenie w miejscach, gdzie ściana opiera się na profilach dwuteowych. Do belki pomiarowej została przyłożona siła, której wartość jest określona przez normę kolejową. Wyniki wykazały, że drzwi spełniają wymogi w niej zawarte, co w późniejszych badaniach będzie stanowić punkt odniesienia, ponieważ analizie wytrzymałościowej poddane zostały drzwi seryjnie montowane w wagonach towarowych.



Rys.5. Analiza MES drzwi wagonu (przemieszczenia)

## 6. Podsumowanie

Jedynie problemy napotkane podczas pracy nad projektem wynikały z posiadania niekompletnej lub fragmentami błędnej dokumentacji wagonu towarowego. Skutkowało to poświęceniem dodatkowego czasu na dopasowanie poszczególnych elementów. Następnym etapem prac może być analiza drzwi wykonanych z laminatów oraz ich różnych wariantów konstrukcyjnych.

## Literatura

1. Ming M.C., Akul J.: NX5 for Engineering Design. Missouri University of Science and Technology, Missouri 65409.
2. Gąsowski W., Nowak R.: Badania wagonów kolejowych. Poznań : Pol. Pozn., 1989.

## TEST UNIT FOR RESEARCH OF WAGON'S DOOR

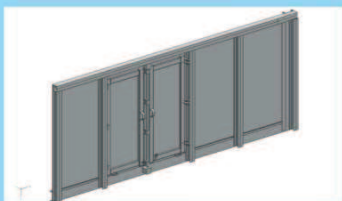
**Summary:** The computer model of a test unit for wagon's door research by using NX software was designed and executed. Furthermore, stress analysis by the finite element method was performed. Afterwards, a model of the wagon door with a part of the wall, as well as test unit model were created. The final step was to make a simulation.

## STANOWISKO DO BADAŃ DRZWI WAGONU TOWAROWEGO

KRZYSZTOF KUBAS<sup>1</sup>, ANDRZEJ BAIER<sup>2</sup>

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

<sup>1</sup>kris.0@wp.pl, <sup>2</sup>andrzej.baier@polsl.pl



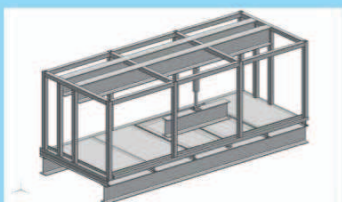
Rys1. Model ściany wagonu.

Na podstawie dokumentacji technicznej wykonano model drzwi wagonu wraz z fragmentem ściany.

W oparciu o wcześniej utworzony model zaprojektowano stanowisko do badań drzwi wagonu towarowego.



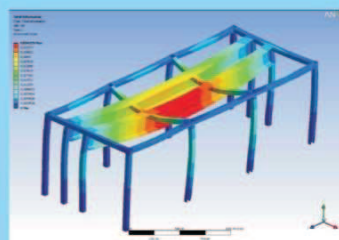
Rys2. Model pierwszego stanowiska.



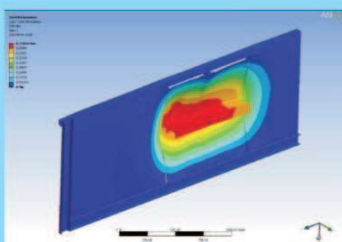
Rys3. Model drugiego stanowiska.

W celu zapewnienia większego bezpieczeństwa oraz funkcjonalności powstało drugie stanowisko umożliwiające również badania całej ściany wagonu.

Następnie przeprowadzona została analiza wytrzymałościowa stanowiska z wykorzystaniem metody elementów skończonych.



Rys4. Analiza wytrzymałościowa stanowiska.



Rys5. Analiza wytrzymałościowa drzwi wagonu.

Po zweryfikowaniu wytrzymałości stanowiska przeprowadzona została analiza drzwi wagonu towarowego.

### Podsumowanie:

Symulacje wykazały, że zarówno stanowisko jak i drzwi posiadają odpowiednią wytrzymałość. W obu przypadkach jako materiału użyto stali St3SQu. Analiza stanowiska, które zostało obciążone jedynie siłą grawitacji wykazała, że maksymalne przemieszczenia wynoszą 0,034325mm, odkształcenia 4,5841e-5mm/mm a naprężenia 9,1681MPa. Siatka elementów skończonych składała się z 33576 elementów. Natomiast druga analiza, w której drzwi zostały obciążone siłą 10kN wykazała, że maksymalne przemieszczenia wynoszą 0,38782mm, odkształcenia 0,0012653mm/mm a naprężenia 253,05MPa. Siatka składała się z 59398 elementów.

### Literatura

1. M.C. Ming, J. Akul: NX5 for Engineering Design. Missouri University of Science and Technology, Missouri 65409
2. W. Gąsowski, R. Nowak: Badania Wagonów kolejowych. Politechnika Poznańska, Poznań 1989