

Możliwości badawcze górki rozbiegowej Instytutu Kolejnictwa

Ryszard SKÓRA¹, Jacek KUKULSKI²

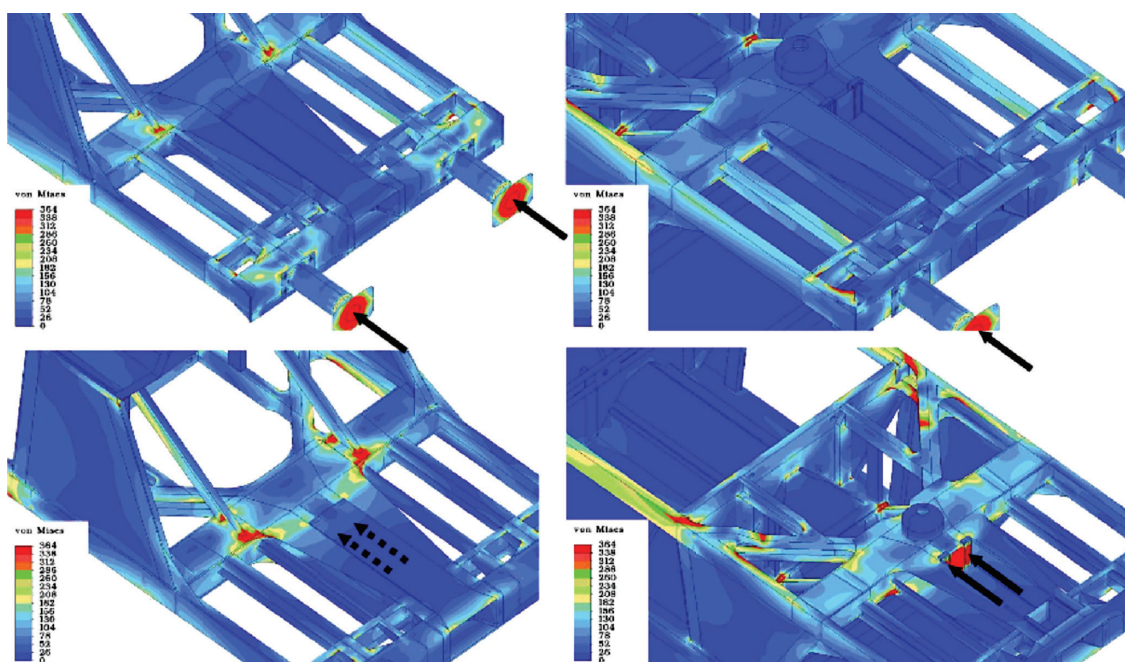
W artykule przedstawiono możliwości badawcze górki rozbiegowej Instytutu Kolejnictwa, wykorzystywanej do badań zachowania się pojazdu szynowego w chwili zderzenia. Na górcie rozbiegowej są wykonywane kompleksowe badania wytrzymałościowe konstrukcji wagonów towarowych i osobowych oraz ich podzespołów podczas nabiegów z określoną prędkością. W artykule przedstawiono również zakres badawczy i parametry techniczne górki rozbiegowej.

Słowa kluczowe: pomiary naprężeń podczas zderzeń, zderzak kolejowy, wagon kolejowy

1. Wstęp

Jednym z podstawowych badań homologacyjnych (dopuszczeniowych) nowych wagonów pasażerskich lub towarowych są badania wytrzymałościowe konstrukcji. Badania mogą być wykonywane metodą symulacyjną z wykorzystaniem aplikacji wykorzystujących MES (Metoda Elementów Skończonych), a także metodami doświadczalnymi, m.in.

podczas nabiegów z określoną prędkością na badawczej górcie rozbiegowej. Badania doświadczalne wymagają większego nakładu pracy, przygotowań obiektu, a następnie wykonania badań i obróbki wyników pomiarowych. Stanowią one istotny czynnik do oceny wytrzymałości konstrukcji wagonu oraz mogą być narzędziem walidacji modeli symulacyjnych MES. Przykładowe wyniki badań symulacyjnych czołownicy wagonu towarowego przedstawiono na rysunku 1.

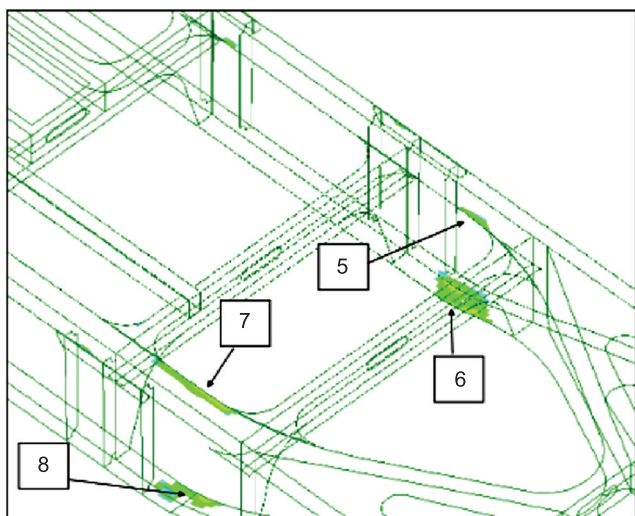


Rys. 1. Przykładowe wyniki obliczeń symulacyjnych ściskania strefy czołownicy wagonu [6]

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Taboru; e-mail: rskora@ikolej.pl.

² Dr hab. inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Taboru; e-mail: jkukulski@ikolej.pl.

Na podstawie analizy MES, w miejscach wytypowanych jako krytyczne (rys. 2), ustala się plan rozmieszczenia miejsc do naklejenia czujników tensometrycznych. Plan ten przenosi się następnie na konstrukcję wagonu i zaznacza punkty. Na badanym obiekcie wykonuje się instalację tensometryczną. W tym celu używa się folii tensometrycznych typu 1-LY11-10/350 ($R = 350 \Omega \pm 0,35\%$), połączonych w układ ćwierćmostka. Posiadanie takiego unikalnego stanowiska badawczego jest cennym uzupełnieniem kompleksowych badań pojazdów szynowych.



Rys. 2. Przykładowe miejsca krytyczne konstrukcji wagonu [6]

2. Rys historyczny

Zaczątkiem Instytutu Kolejnictwa był Instytut Naukowo-Badawczy Kolejnictwa, który powstał w 1951 roku. W 1957 roku podjęto decyzję o budowie nowoczesnego ośrodka badawczego w Warszawie na Olszynie Grochowskiej. W połowie 1958 roku Instytut przekształcono w Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa, będący jednostką organizacyjną PKP. W tamtym czasie powstały plany, aby na nowym terenie wybudować górkę rozbiegową z estakadą. Początkowo stanowisko pomiarowe miało umożliwić realizację dwóch podstawowych programów badań:

- sprzęgów samoczynnych,
- hamulców torowych.

Wraz z budową głównego budynku i późniejszą budową nowych obiektów, powstawał układ torowy. Na terenie obecnej góry usypano ziemną estakadę, wzmacniając ją konstrukcją betonowo-stalową. Z czasem uzupełniono ją w urządzenia stosowane w kopalniach i zaadaptowano do wciągania wagonów na pochylnię. Napęd zakupiono w kopalni węgla Mortimer – Porąbka. Na rysunku 3 przedstawiono badawczą górkę rozbiegową wraz z budynkiem systemu sterowania.

Obecny budynek, z nowym systemem sterowania, oddano do użytku na przełomie lat 1974–1975. Zastosowany

układ mechaniczny, po licznych modernizacjach i naprawach pracuje do dziś.



Rys. 3. Badawcza górkę rozbiegową wraz z budynkiem systemu sterowania [fot. archiwum IK]

3. Parametry techniczne

Podstawowe parametry techniczne badawczej góry rozbiegowej przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Parametry góry rozbiegowej

Parametr	Wielkość
Wysokość całkowita estakady H [m]	9,4
Długość pochylenia L [m]	51,7
Szerokość estakady S [mm]	6080
Szerokość maszynowni S [mm]	9300
Całkowita długość stanowiska badawczego L [m]	215
Dopuszczalne obciążenie G [t]	180

[Opracowanie własne]

Wyszczególnione parametry obiektu góry umożliwiają osiągnięcie przez staczany wagon prędkości do 40 km/h. Na rysunkach 4–6 przedstawiono podstawowe konstrukcyjne elementy wyposażenia badawczej góry rozbiegowej.



Rys. 4. Badawcza górkę rozbiegową, widok ogólny [fot. archiwum IK]



Rys. 5. Badawcza górka rozbiegowa – pochylnia [fot. J. Kukulski]



Rys. 6. Badawcza górka rozbiegowa – przeciągarka [fot. R. Skóra]

4. Zakres badawczy

Badawcza górka rozbiegowa umożliwia rozszerzenie i uzupełnienie badań związanych z zachowaniem się pojazdu szynowego w chwili zderzenia. Wyposażona jest w pochylnię (estakadę) oraz urządzenia sterujące, umożliwiające rozpędzanie jednego z wagonów do różnych zadanych, ściśle określonych i kontrolowanych prędkości. Stanowisko umożliwia zderzenie wagonów w punkcie znajdującym się na prostym, poziomym odcinku toru. W celu ułatwienia przygotowania prowadzenia zderzeń, stanowisko wyposażono w urządzenia umożliwiające przemieszczanie i hamowanie zderzanych wagonów. Badania tego rodzaju są niezbędne do przeprowadzenia właściwej oceny wytrzymałości oraz trwałości taboru i jego podzespołów. Badania i pomiary są wykonywane w Laboratorium Badań Taboru Instytutu Kolejnictwa na prototypowych i modernizowanych wagonach oraz prototypowych urządzeniach amortyzujących, za pomocą aparatury pomiarowej uzupełnianej na bieżąco w miarę potrzeb pomiarowych.

Dzięki niej można przeprowadzać kompleksowe badania wytrzymałościowe konstrukcji wagonów towarowych i osobowych oraz ich podzespołów podczas nabiegań z określoną prędkością, obejmujące:

- pomiary naprężeń i odkształceń taboru kolejowego,
- pomiary przemieszczeń, sił, przyśpieszeń, charakterystyk dynamicznych zderzaków i sprzęgów samoczynnych,

- badania trwałościowe urządzeń ciągnowo-zderznych,
- elementy badań homologacyjnych podzespołów tabo-
rowych,
- badania hamulców torowych.

Jednym z dominujących badań, objętych zakresem akredytacji (Nr AB 742) jest wykonanie prób nabiegania wagonu towarowego z pomiarem wartości naprężeń oraz odkształceń w konstrukcji wagonu. Procedura Badawcza nr PB-LW-S01 [4] określa sposób wykonania pomiaru naprężeń i odkształceń w konstrukcji wagonu towarowego podczas zderzeń, symulujących zachowanie się wagonu w trakcie formowania składów na górkach rozrządowych podczas 16-letniego okresu jego eksploatacji. Procedura obowiązuje w zakresie badań wytrzymałości wagonów towarowych na dynamiczne obciążenia udarowe, zgodnie z metodyką podaną w następujących dokumentach:

1. Karta UIC 577 [3],
2. Raport ERRI B 12/RP 17 [2],
3. Normy EN 12663-2 [1],
4. TSI WAG (UE321/2013) [5], Dodatek C, p. 3.

Przeprowadzenie badań odbywa się zgodnie z wymienionymi dokumentami normatywnymi. Na próżny lub załadowany, niezahamowany wagon stojący na poziomym, prostym torze, nabiega wagon załadowany do masy brutto 80 t i wyposażony w zderzaki boczne o zdolności pochłaniania energii ≥ 30 kJ. Dopuszcza się różnicę w wysokości zderzaków nabieganych wagonów, wynoszącą co najwyżej 50 mm. Próby nabiegania z wagonami próżnymi należy przeprowadzać przy prędkościach wzrastających do 12 km/h, przy liczbie zderzeń do 10. W tych próbach należy rejestrować przebieg krzywej przyspieszenia ($x = f(v)$). Próby nabiegania z wagonami załadowanymi należy przeprowadzić przy wzrastającej prędkości nabiegania. Próby wstępne kontynuuje się aż do chwili, gdy jeden z dwóch parametrów (prędkość albo siła) osiągnie ustaloną wartość graniczną: 12 km/h lub siłę na jeden zderzak 1500 kN przy prędkości nabiegania ≤ 12 km/h. Następnie przeprowadza się 40 identycznych prób nabiegania z zachowaniem obowiązujących ograniczeń. W celu przeprowadzenia tej próby, wagon powinien być załadowany do maksymalnej ładowności, a miejsce jego zatrzymania, kontrolowane po każdym zderzeniu. Badania zderzeniowe wagonów-platform przeprowadza się z prędkością 7 km/h.

Wymienione różne warianty prób nabiegania nie powinny spowodować żadnych widocznych trwałych odkształceń. Należy zarejestrować naprężenia występujące w krytycznych miejscach na połączeniu wózka z podwoziem, podwozia z pudłem i nadbudówkami. Po wykonaniu badań nabiegań, wagon podlega ocenie wytrzymałościowej. Z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji uwzględnia się następujące kryteria (zgodnie z metodyką podaną w dokumentach normatywnych):

- w żadnym miejscu pomiarowym nie może dojść do przekroczenia naprężeń dopuszczalnych dla wytrzymałości zmęczeniowej,

- w żadnym punkcie konstrukcji nie może wystąpić trwałe odkształcenie,
- skumulowane wydłużenia resztkowe z prób wstępnych i 40 zderzeń zasadniczych, muszą osiągać wartość poniżej 2‰ i ustabilizować się przed 30. zderzeniem,
- zmiany podstawowych wymiarów wagonu nie powinny obniżać jego przydatności eksploatacyjnej.

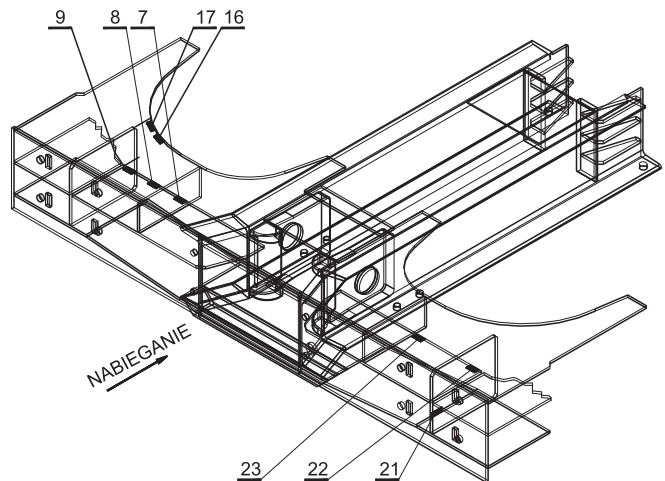
Miejsca pod tensometry są wyznaczane na podstawie analizy MES (zgodnie z mapą rozmieszczenia punktów, np. według rysunku 7), a następnie tensometry są naklejane w wyznaczonych miejscach na rzeczywistym wagonie.

Przykładowe tensometry w instalacji pomiarowej przedstawiono na rysunku 8. W celu uzyskania jak najszerszej informacji o wytrzymałości konstrukcji w tych miejscach, w których wyznaczono znacznie więcej miejsc pod tensometry, przeprowadza się uderzenia eliminacyjne. Są to nabiegnięcia przeprowadzane przy podobnej prędkości. Uzyskane w ten sposób wyniki pomiarów naprężeń w punktach tensometrycznych umożliwiają wyeliminowanie miejsc najmniej obciążonych. Pełne próby, tzw. nabiegnięcia zasadnicze, wykonuje się w punktach, które wykazały największe naprężenia i mogą być miejscami krytycznymi w konstrukcji. Takie miejsce przedstawiono na rysunku 8.

Rysunek 9 pokazuje miejsce naklejenia tensometru nr 21, w którym w dziewiątej próbie zderzeniowej uzyskano naprężenie $-697,9$ MPa. Uzyskana wartość przekroczyła granicę plastyczności $R_e \geq 355$ MPa oraz granicę wytrzymałości $R_m = 490 - 630$ MPa dla badanego w tej próbie materiału. W przypadkach, gdzie uzyskiwane wartości naprężeń są na niższym poziomie, a po wykonanej próbie zderzeniowej nie ma pozostałości odkształceń w mierzonych miejscach, uznaje się że wytrzymałość konstrukcji spełnienia kryterium pomiarowe.

Laboratorium Badań Taboru Instytutu Kolejnictwa jest wyposażone w nowoczesną aparaturę pomiarową ESAM

Traveller 1CF (ESAM CF). Wszystkie czujniki / urządzenia w ustalony sposób są łączone przewodami pomiarowymi do wzmacniacza ESAM CF, który jest bezpośrednio podłączony przez port USB do komputera. Są to pomiary wielkości nieelektrycznych przy zastosowaniu metod elektrycznych.

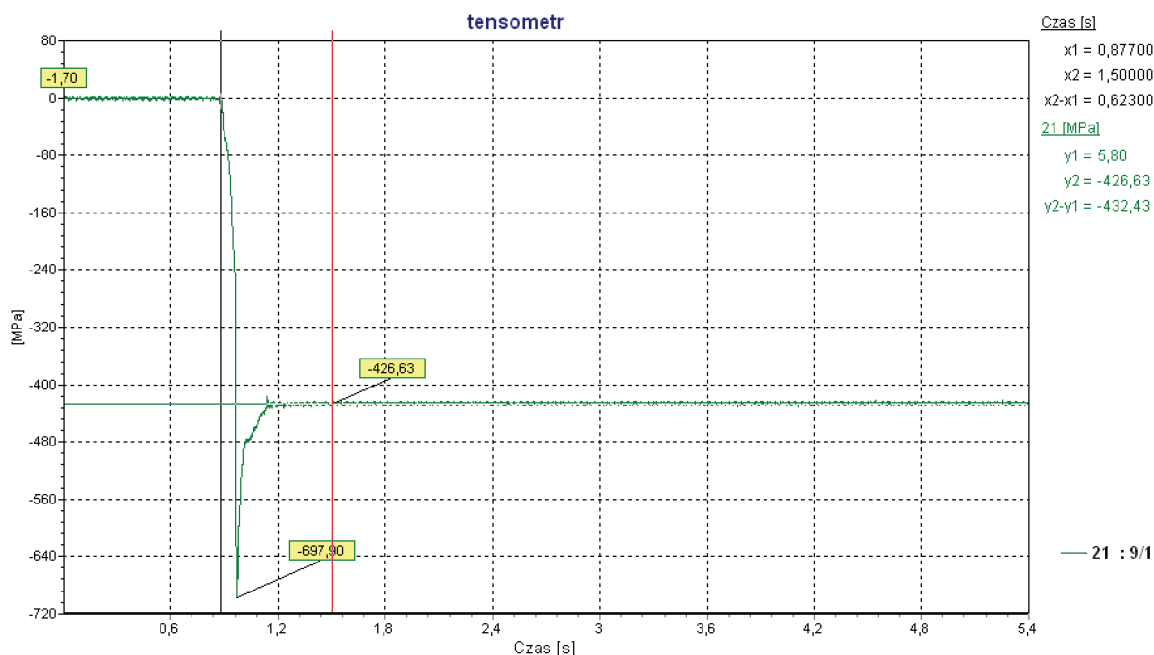


Rys. 7. Przykładowa mapa rozmieszczenia tensometrów w czołownicy do badań nabiegnięcia [opracowanie własne]

Specjalistyczne oprogramowanie pomiarowo-analizujące umożliwia zbieranie i rejestrowanie sygnałów na komputerze. Dostęp do żądanych parametrów z prób badawczych jest natychmiastowy, co daje możliwość gromadzenia danych pomiarowych i śledzenia kształtu i wartości sygnałów oraz zapewnia możliwość prowadzenia dalszej analizy zarejestrowanych przebiegów: np. wyliczenia wartości skutecznych sygnałów, widm częstotliwości, autokorelacji i korelacji wzajemnej oraz parametrów statystycznych sygnałów. Na rysunku 10 przedstawiono badany obiekt na stanowisku pomiarowym.



Rys. 8. Widok przyklejonych tensometrów do pomiaru naprężeń / odkształceń wagonu [fot. R. Skóra]



Rys. 9. Przykładowy zrzut z ekranu przebiegu naprężeń mierzonych tensometrem nr 21 na wagonie ładownym w próbie zderzeniowej nr 9 [opracowanie własne]



Rys. 10. Badany obiekt na stanowisku pomiarowym [fot. R. Skóra]

7. Podsumowanie

W artykule opisano badawczą górkę rozbiegową, będącą stanowiskiem badawczym, eksploatowanym w Instytucie Kolejnictwa. Jest to unikatowe stanowisko, wykorzystywane do kompleksowych badań wytrzymałościowych w skali 1:1 konstrukcji wagonów kolejowych oraz ich podzespołów. Przedstawiono podstawowe parametry

techniczne stanowiska oraz możliwości i zakres badawczy, realizowany zgodnie z regulacjami prawnymi wymienionymi w artykule. Zamieszczono również przykładowe wyniki pomiaru naprężeń w określonym przekroju pomiarowym podczas badań podczas nabiegania.

Bibliografia

1. EN 12663-2:2010 (PN-EN 12663-2:2010): Kolejnictwo – Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudel kolejowych pojazdów szynowych – Część 2: Wagony towarowe.
2. ERRI B 12/RP 17: Wagony towarowe. Program badań wagonów towarowych z pudłem ze stali oraz program badań stalowych ram wózków. Wyd. 8 z 01.04.1997 r.
3. Karta UIC 577: Wagony towarowe – Obciążenia, wyd. 5 z 01.2012 r.
4. Procedura badawcza PB-LW-S01: Pomiar poziomu naprężeń i odkształceń konstrukcji wagonu towarowego podczas zderzeń na Badawczej Górze Rozbiegowej.
5. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 321/2013 z dnia 13 marca 2013 r. dotyczące technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – wagony towarowe” systemu kolei w Unii Europejskiej i uchylające decyzję 2006/861/WE.
6. www.ikolej.pl/fileadm/Sanecki_luty.pdf [dostęp 25.03.2018].