

*dr hab. inż. Marian Medwid prof. nadzw.  
mgr inż. Krzysztof Łukaszewski  
mgr inż. Karol Bryk  
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”*

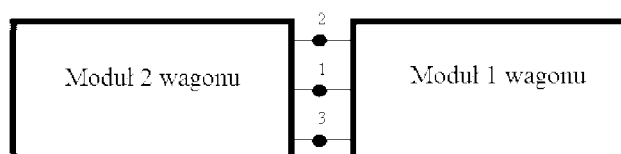
## **Analiza bezpieczeństwa jazdy modułowego pojazdu do transportu kombinowanego, kolejowo-drogowego w oparciu o symulację komputerową**

*Niniejszy artykuł zawiera wyniki analizy bezpieczeństwa jazdy nowej konstrukcji pojazdu do transportu kombinowanego, kolejowo-drogowego w oparciu o symulację komputerową. Bezpieczeństwo jazdy rozumiane jest jako wpływy wzdłużnych sił ściskających powstających podczas przyjazdu przez tory wchrowate jak również podczas przepychania pojazdu na łuku S. Przeprowadzone badania oparte są o wymagania zawarte w karcie UIC 530-2.*

*Scenariusze badań oraz wyniki odnoszące się do pojazdu modułowego do transportu kolejowo-drogowego, prezentowane w artykule, są wynikiem prac badawczych przeprowadzonych w ramach realizacji projektu rozwojowego nr R10-0065-10 „System transportu naczeep drogowych na wózkach kolejowych w kombinowanym ruchu kolejowo-drogowym”.*

### **1 PREZENTACJA BADANEGO MODELU**

Badania symulacyjne zostały przeprowadzone dla trzech wariantów składu pociągów określonych na podstawie wytycznych zawartych w karcie [1]. Zasadniczą częścią każdego z omawianych wariantów pociągu jest badany zestaw pojazdów do transportu kombinowanego składający się z dwóch kompletnych platform (dwóch modułów jednego wagonu), schematycznie przedstawionych na rysunku 1.1. Pierwsza platforma (moduł 1) jest obrócony o 180° w porównaniu do platformy drugiej (moduł 2).

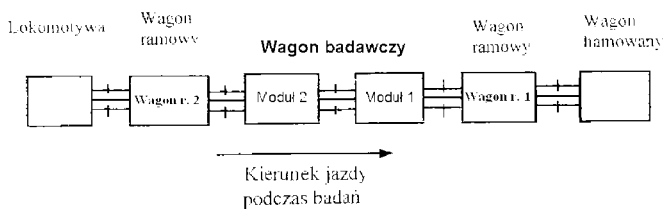


Rys. 1.1 - Schemat połączeń pomiędzy modułami wagonu:  
1- element modelujący sprzęg (dwa szeregowo połączone amortyzatory sprzęgu), 2,3 – element modelujący zderzak

Współczynnik tarcia przyjęty dla tarcz zderzaków wynosi  $\mu = 0,1$   
Z racji specyficznej konstrukcji omawianych

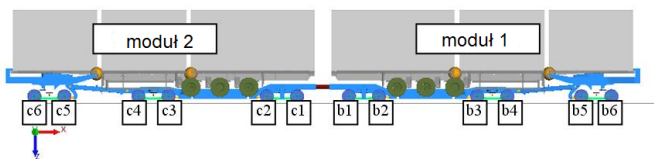
platform do transportu kombinowanego konieczne jest sprzęgnięcie dwóch takich pojazdów (tak jak przedstawiony na rys. 1), w innym przypadku nie było by możliwe skonfigurowanie pociągu w skład którego wchodzi inne wagony. Pociąg składający się tylko z wagonów omawianego typu wymaga również tworzenia wspomnianych par modułów.

Ogólny schemat składu pociągu wykorzystywanego w badaniach bezpieczeństwa jazdy wraz z opisami przedstawiono na rys. 1.2. Rysunek 1.2 jest zgodny z rysunkiem 1.1 na którym przez moduł 1 i 2 oznaczono wagonu do transportu kombinowanego.



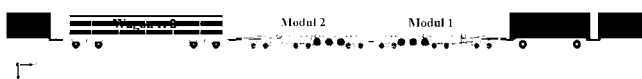
Rys. 1.2 - Schemat pociągu wykorzystywanego w badaniach bezpieczeństwa jazdy opracowany na podstawie karty UIC 530-2

Analogicznie do opisanego powyżej modelu mechanicznego w programie SIMPACK 9.3.1 opracowano model w którego skład wchodzi dwa moduły wagonu badawczego przedstawione na rysunku 1.3.

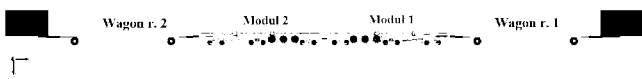


Rys. 1.3 - Widok modelu składu pojazdów do transportu kombinowanego (dwa wagony badane) wraz z oznaczeniami wagonów i zestawów kołowych w programie SIMPACK

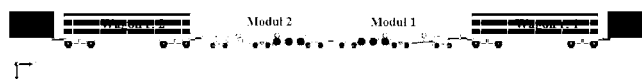
Na podstawie wytycznych zawartych w karcie UIC 530-2 zbudowano trzy warianty pociągów wykorzystanych w badaniach omawianego pojazdu i przedstawiono je na rysunkach 1.4, 1.5 i 1.6.



Rys. 1.4 - Konfiguracja standardowa pociągu badawczego, gdzie: H – wagon hamowany, A – lokomotywa, W. r. 1 – dwuosioowy wagon towarowy (Fcs), W. r. 2 – platforma towarowa (Rs)



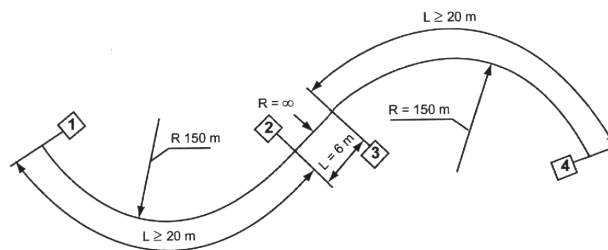
Rys. 1.5 - Konfiguracja uzupełniająca pociągu badawczego, gdzie: H – wagon hamowany, A – lokomotywa, W. r. 1 – W. r. 2 – długi dwuosioowy wagon towarowy



Rys. 1.6 - Konfiguracja uzupełniająca pociągu badawczego, gdzie: H – wagon hamowany, A – lokomotywa, W. r. 1 – W. r. 2 – platforma towarowa

## 2 TOR BADAWCZY

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w karcie UIC 530-2 i normie PN-EN-14363 zbudowano w programie SIMPACK tor doświadczalny w kształcie litery S o promieniu  $R = 150$  m, posiadającym odcinek prosty toru wynoszący 6 m, tak jak na rysunku 2.1.



Rys. 2.1 - Tor doświadczalny w kształcie litery S [1]

Tor badawczy nie posiada przechyłek a jego średni prześwit wynosi od 1450 do 1465 mm.

W przeprowadzonych badaniach symulacyjnych przyjęto długość łuku wynoszącą  $L = 25$  m oraz zastosowano tor o prześwicie 1460 mm na całym odcinku badawczym.

Karta UIC 530-2 zawiera również opis toru doświadczalnego składającego się z pełnego łuku o promieniu  $R = 150$  m i długości wynoszącej co najmniej 50 m. W przypadku przeprowadzenia badań na torze w kształcie litery S nie jest wymagane przeprowadzenie badań na omawianym łuku o promieniu  $R = 150$  m.

## 3 KRYTERIA OCENY

Do oceny wyników badań przyjęto kryteria zawarte w karcie UIC 530-2:

Przenoszona siła wzdłużna jest osiągnięta wtedy, gdy jest przekroczona jedna z następujących wartości granicznych:

- uniesienie koła nieprzewodzącego  $d_{zi} \leq 50$  mm na odcinku  $? \geq 2$  m;
- wspinanie przewodzących kół  $d_{zi} \geq 5$  mm przy pionowych naciskach kół  $Q_{ij} < 0$ ; koła prowadzące są kołami 11 i 12 dla wagonów towarowych dwuosioowych (kryterium należy sprawdzać tylko dla pociągów próbnych w konfiguracji uzupełniającej);
- obciążenie przymocowanego toru  $H_{lim} (2 \text{ m}) \geq 25 + 0,6 \times 2 \times Q_0$  (kN);
- $Q_0$  – średni statyczny pionowy nacisk koła na szynę;
- poziome minimalne pokrycie tarcz zderzakowych  $d_{yp1}$  i  $d_{yp2} \leq 25$  mm.

Dla każdej próby należy wyznaczyć:

- $H_{yi}$  i  $d_{zij}$  jako wartość mierzoną na odcinku toru o długości 2 m;

- $d_{zij}$  jako wspinanie się kół prowadzących (ocenę należy sprawdzić tylko w pociągach badawczych w konfiguracji uzupełniającej);
- $F_{Lx}$  – wzdłużna siła ściskająca;
- $d_{ypi}$  – pokrycie tarczy zderzaków.

Dla wagonów towarowych wózkowych wyposażonych w sprzęgi śrubowe i zderzaki boczne, należy udokumentować możliwość przeniesienia wzdłużnej siły ściskającej na poziomie 240 kN, poprzez próby pchania na łuku w kształcie litery S. Minimalna wzdłużna siła ściskająca wynosząca 240 kN dla wagonów towarowych z wózkami dwuosioowymi powinna być przekroczona o około 10% [1].

Badania symulacyjne pojazdu do transportu kolejowo-drogowego zostały przeprowadzone na łuku w kształcie litery S z prędkością 8 km/h.

#### 4 UZYSKANE WYNIKI DLA KONSTRUKCJI WYJŚCIOWEJ

Konstrukcję wyjściową przedstawiono na rysunku 5.1.

Wybrane maksymalne wartości uzyskanych wyników dla konfiguracji standardowej z siłą ściskającą która wynosi **198 kN** przedstawiono w tabeli 4.1, 4.2 i 4. 3.

**Tabela 4.1 – Maksymalne uzyskane wartości wspinania i unoszenia się kół analizowanego pojazdu w konfiguracji standardowej – siła ściskająca 198 kN**

L.p.	Zestaw kołowy	Wspinanie $d_z$ [mm]			Unoszenie $d_z$ [mm]		
		$d_{zlim}$	Koło lewe	Koło prawe	$d_{zlim}$	Koło lewe	Koło prawe
1	b6	5,0	0,9	1,7	50,0	7,7	1,5
2	b5		1,0	1,6		8,8	0,5
3	b4		1,0	1,0		-	-
4	b3		0,5	0,4		-	-
5	b2		1,1	1,1		-	-
6	b1		1,1	1,0		-	-
7	c1		0,35	0,89		-	-
8	c2		1,0	1,1		-	-
9	c3		0,4	0,4		-	-
10	c4		0,9	1,0		-	-
11	c5		1,1	1,1		-	-
12	c6		1,1	1,1		-	-

**Tabela 4.2 – Maksymalne uzyskane wartości poprzecznej siły łożyskowej na zestawie kołowym – siła ściskająca 198 kN**

L.p.	Zestaw kołowy	$Q_0$ [kN]	$H_{lim}$ [kN]	H [kN]
1	b6	20,0	±49	-12,1
2	b5	20,0	±49	17,9
3	b4	16,6	±45	10,0
4	b3	16,6	±45	-14,1
5	b2	19,1	±48	-15,5
6	b1	19,1	±48	-32,0
7	c1	19,1	±48	20,0
8	c2	19,1	±48	17,0
9	c3	16,6	±45	11,0
10	c4	16,6	±45	-12,7
11	c5	20,0	±49	15,1
12	c6	20,0	±49	-37,4

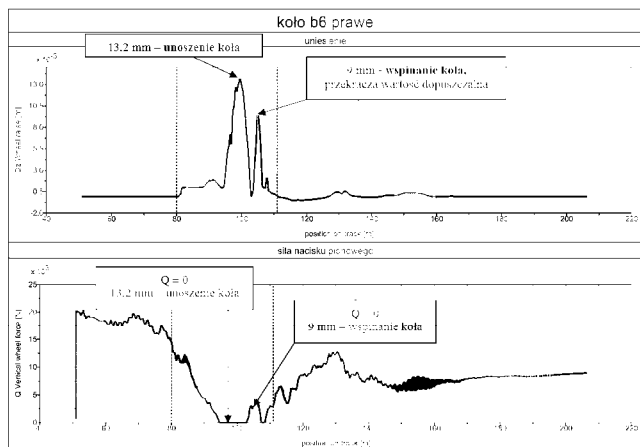
**Tabela 4.3 – Maksymalne uzyskane wartości przemieszczenia poprzecznego pomiędzy zderzakami – siła ściskająca 198 kN**

Zderzaki	Przemieszczenie poprzeczne zderzaków $d_{zp}$ [mm]
przednie	7,5
tylne	190,0

Wybrane maksymalne wartości uzyskanych wyników dla konfiguracji standardowej z siłą ściskającą która wynosi **231 kN** przedstawiono w tabeli 4.4, 4.5 i 4. 6 oraz na rysunkach 4.1.

**Tabela 4.4 – Maksymalne uzyskane wartości wspinania i unoszenia się kół analizowanego pojazdu w konfiguracji standardowej – siła ściskająca 231 kN**

L.p.	Zestaw kołowy	Wspinanie $d_z$ [mm]			Unoszenie $d_z$ [mm]		
		$d_{zlim}$	Koło lewe	Koło prawe	$d_{zlim}$	Koło lewe	Koło prawe
1	b6	5,0	3,0	9,0	50,0	31	13,2
2	b5		1,0	4,5		35	15
3	b4		1,1	1,0		-	-
4	b3		0,5	0,5		-	-
5	b2		1,1	1,1		-	-
6	b1		1,1	1,0		-	-
7	c1		1,1	1,0		-	-
8	c2		0,5	0,8		-	-
9	c3		1,0	1,0		-	-
10	c4		0,4	0,4		-	-
11	c5		1,1	1,0		-	-
12	c6		1,1	1,1		-	-



Rys. 4.1 – Pionowe unoszenie koła względem główki szyny – siła ściskająca 231 kN

L.p.	Zestaw kołowy	$Q_0$ [kN]	$H_{lim}$ [kN]	H [kN]
1	b6	20,0	±49	12,0
2	b5	20,0	±49	17,0
3	b4	16,6	±45	10,0
4	b3	16,6	±45	12,0
5	b2	19,1	±48	-16,0
6	b1	19,1	±48	-34,0
7	c1	19,1	±48	22,0
8	c2	19,1	±48	20,0
9	c3	16,6	±45	10,0
10	c4	16,6	±45	-13,0
11	c5	20,0	±49	-20,0
12	c6	20,0	±49	-39,0

**Tabela 4.5 – Maksymalne uzyskane wartości poprzecznej siły łożyskowej na zestawie kołowym – siła ściskająca 231 kN**

**Tabela 4.6 – Maksymalne uzyskane wartości przemieszczenia poprzecznego pomiędzy zderzakami – siła ściskająca 231 kN**

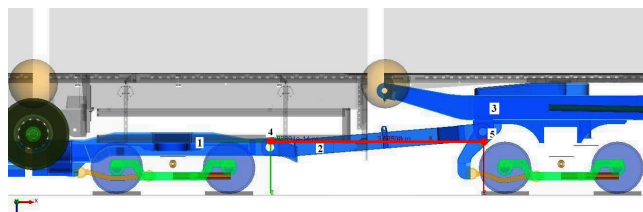
Zderzaki	Przemieszczenie poprzeczne zderzaków $d_{vp}$ [mm]
przednie	6,4
tylne	180,0

Przedstawione powyżej wyniki odnoszące się do początkowych założeń konstrukcyjnych które nie spełniają przyjętych wymagań odnośnie przenoszenia wzdłużnej siły ściskającej. Uzyskana maksymalna wartość siły ściskającej dla przejazdu przez tor w kształcie litery S w kombinacji standardowej wynosi 198 kN i jest niższa od wymaganej dla wagonów towarowych wózkowych minimalnej siły ściskającej, która wynosi 264 (240+10%) kN. W przypadku kombinacji uzupełniających uzyskane wartości ocenianych parametrów nie przekroczyły wartości krytycznych. Przenoszenie sił wyższych niż 198 kN powoduje nadmierne wspinanie się koła na główkę szyny a więc zgodnie z [1] taki przejazd należy uznać za niebezpieczny. Omawianą negatywną tendencję ilustruje rysunek 4.1 na którym przedstawiono zachowanie się koła względem szyn pod wpływem wzdłużnej siły ściskającej która wynosi 231 kN. Widoczne jest nadmierne wspinanie się koła na wysokość 9 mm, które znacznie przekracza wartość graniczną która wynosi 5 mm.

## 5 UZYSKANE WYNIKI DLA KONSTRUKCJI ALTERNATYWNEJ

Z racji nie spełnienia przez analizowany model pojazdu wytycznych zawartych w karcie UIC 530-2 przeprowadzono dodatkowe badania mające na celu zapewnienia możliwości przenoszenia minimalnej wzdłużnej siły ściskającej która wynosi 264 kN (240 kN + 10%).

Elementem który został poddany modyfikacji przedstawiono schematycznie na rysunku 5.1: element łączący 2 platformę pod koła naczepy drogowej 1 z ramą pod siódło naczepy 3. Po wprowadzeniu zmian element łączący znajduje się w położeniu poziomym co zapobiega odciążaniu wózka znajdującego się pod siódłem naczepy drogowej podczas przenoszenia wzdłużnej siły ściskającej. Przegub łączący 4 po modyfikacji jest o 7 cm wyżej od swojego położenia pierwotnego a sworznie 5 zostały opuszczone o 12 cm. Z przeprowadzonych badań wynika że przegub 4 podczas przejazdu przez tor badawczy przenosi duże siły poprzeczne które w znaczący sposób zwiększają wzdłużny moment skręcający w naczepie co za tym idzie tendencję wózka znajdującego się pod gniazdem naczepy do unoszenia jego kół. Alternatywne położenie rozpatrywanego węzła zmniejsza opisane wyżej niekorzystne tendencje.



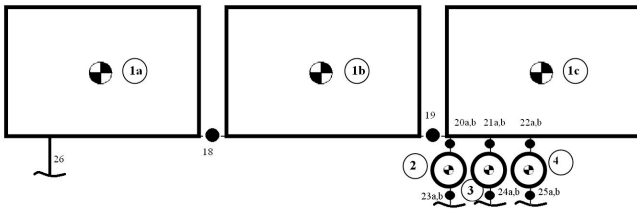
Rys. 5.1 - Miejsce poddane modyfikacji, zmiana położenia elementu łączącego oznaczona czerwoną linią: 1 – platforma pod koła naczepy drogowej; 2 – element łączący; 3 – rama pod gniazdo naczepy drogowej; 4 – przegub; 5 – sworznie

W celu dalszej poprawy zastosowano naczepę o zwiększonej poprzecznej sztywności skrętnej o około 50% co daje odpowiednio dla elementu 18  $c_{\alpha} = 1050$  [kNm/rad] i  $c_{\alpha} = 840$  [kNm/rad] dla elementu 19 (rys. 5.2), omawiany wariant naczepy był również realizowany w pracach konstrukcyjnych.

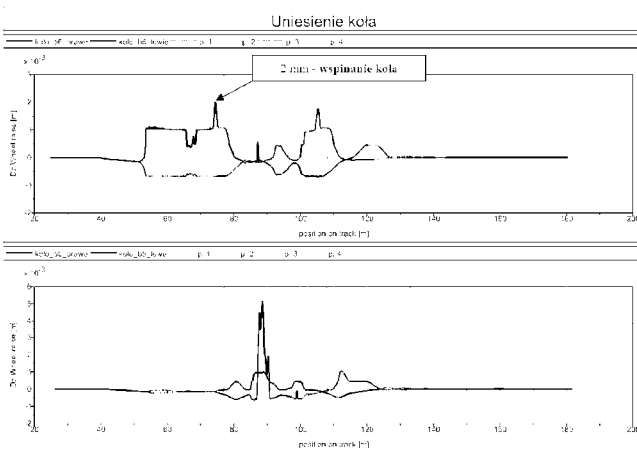
Wyniki uzyskane podczas przejazdu konfiguracji standardowej pociągu badawczego z siłą ściskającą wynoszącą 264 (240 + 10%) kN przedstawiono w tabelach 5.1, 5.2 i 5.3 oraz na rysunkach 5.3, 5.4 i 5.5.

**Tabela 5.1 – Maksymalne uzyskane wartości wspinania i unoszenia się kół analizowanego pojazdu po modyfikacji w konfiguracji standardowej – siła ściskająca 264 (240 + 10%) kN**

L.p.	Zestaw kołowy	Wspinanie $d_z$ [mm]			Unoszenie $d_z$ [mm]		
		$d_{zim}$	Koło lewe	Koło prawe	$d_{zim}$	Koło lewe	Koło prawe
1	b6	5,0	1,7	2,0	50,0	-	-
2	b5		0,8	1,0		5,0	-
3	b4		1,1	1,1		-	-
4	b3		0,5	0,4		-	-
5	b2		1,1	1,1		-	-
6	b1		1,1	1,0		-	-
7	c1		1,1	1,1		-	-
8	c2		0,8	0,5		-	-
9	c3		1,0	1,0		-	-
10	c4		0,4	0,4		-	-
11	c5		1,1	1,1		-	-
12	c6		1,1	1,1		-	-



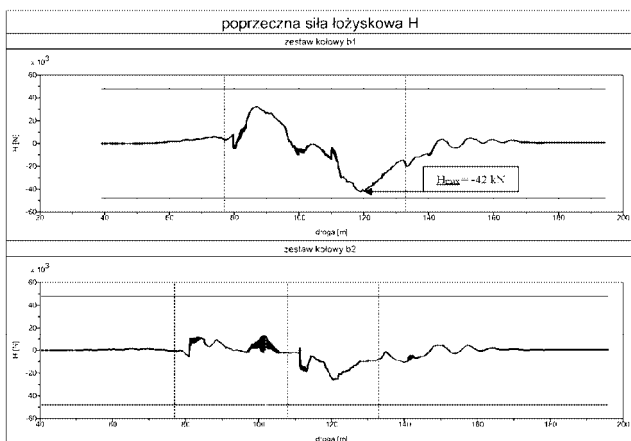
Rys. 5.2 - Model mechaniczny naczepy: 1a, 1b, 1c, 2, 3, 4 – bryły sztywne naczepy; 18, 19, 20ab, 21ab, 22ab, 23ab, 24ab, 25ab – elementy podatne naczepy; 26 – element realizujący połączenie naczepy z platformą



Rys. 5.3 – Pionowe unoszenia koła względem główki szyny – siła ściskająca 264 (240 + 10%) kN

Tabela 5.2 – Maksymalne uzyskane wartości poprzecznej siły łożyskowej na zestawie kołowym – siła ściskająca 264

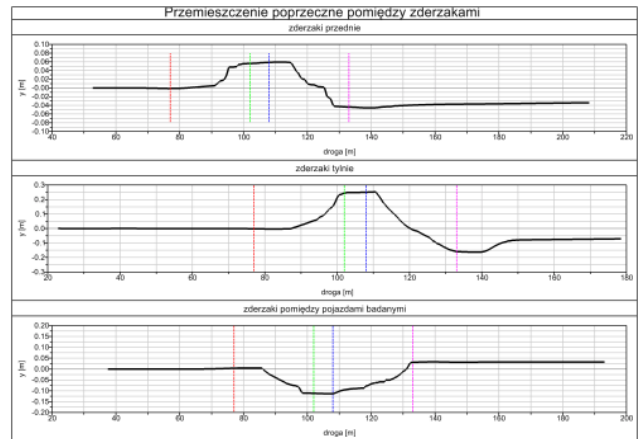
L.p.	Zestaw kołowy	$Q_0$ [kN]	$H_{lim}$ [kN]	H [kN]
1	b6	20,0	±49	-12,7
2	b5	20,0	±49	25,0
3	b4	16,6	±45	11,7
4	b3	16,6	±45	13,7
5	b2	19,1	±48	-25,0
6	b1	19,1	±48	<b>-42,0</b>
7	c1	19,1	±48	19,1
8	c2	19,1	±48	18,9
9	c3	16,6	±45	11,1
10	c4	16,6	±45	13,0
11	c5	20,0	±49	11,5
12	c6	20,0	±49	-33,4



Rys. 5.4 – Maksymalna poprzeczna siła łożyskowa (H) na zestawie kołowym – siła ściskająca 264 (240 + 10%) kN

Tabela 5.3 – Maksymalne uzyskane wartości przemieszczenia poprzecznego pomiędzy zderzakami – siła ściskająca 264 (240 + 10%) kN

Zderzaki	Przemieszczenie poprzeczne zderzaków $d_{vp}$ [mm]
przednie	60,0
tylne	250,0



Rys. 5.5 – Przemieszczenie poprzeczne pomiędzy zderzakami zmodyfikowanego modelu pojazdu – siła ściskająca 264 (240 + 10%) kN

W tabeli 5.4 i 5.5 przedstawiono wybrane wyniki uzyskane podczas przejazdu konfiguracji uzupełniających pociągu badawczego z siłą ściskającą wynoszącą 264 (240+10%) kN

Wyniki przedstawione w tym rozdziale dla alternatywnej konstrukcji elementu łączącego wyszczególnionego na rysunku 5.1 są satysfakcjonujące. Tak zmodyfikowany pojazd przenosi wzdłużną siłę ściskającą na poziomie 264 (240+10%) kN, co zapewnia spełnienie kryteriów określonych w karcie UIC 530-2.

## 6 PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione w artykule scenariusze badań opracowano na podstawie karty UIC 530-2 dla wagonów towarowych ze względu na bezpieczeństwo jazdy. Omówiono odpowiednie symulacje komputerowe badanego zestawu pojazdów do transportu kombinowanego (kolejowo-drogowego) po torze doświadczalnym w kształcie litery S z prędkością wynoszącą 8 km/h. Przez zestaw rozumie się tutaj dwa pojazdy kolejowo-drogowe, w innym przypadku nie jest możliwe sprzęgnięcie badanych pojazdów z pojazdami wyposażonymi w standardowe urządzenia ciągnowo-zderzne, wynika to z specyficznej budowy badanych pojazdów (niestandardowe zderzaki i sprzęg z jednej strony pojazdu). W skład trzech przewidzianych w karcie [1] wariantów pociągu badawczego wchodzi jedna kombinacja standardowa i dwie uzupełniające. Pierwszy z omawianych składów

Tabela 5.4 - Wyniki uzyskane podczas przejazdu konfiguracji uzupełniającej pociągu badawczego z długimi wagonami dwuosiowymi - siła ściskającą wynoszącą 264 (240+10%) kN

L.p.	Zestaw kołowy	Wspinanie $d_z$ [mm]			Unoszenie $d_z$ [mm]		
		$dz_{lim}$	Koło lewe	Koło prawe	$dz_{lim}$	Koło lewe	Koło prawe
1	b6	5,0	0,9	1,0	50,0	-	2
2	b5		0,9	1,0		2	4
3	b4		1,0	1,1		-	-
4	b3		0,4	0,3		-	-
5	b2		1,1	1,1		-	-
6	b1		1,1	1,0		-	-
7	c1		1,1	1,1		-	-
8	c2		0,6	0,8		-	-
9	c3		1,1	1,0		-	-
10	c4		0,4	0,3		-	-
11	c5		1,1	1,1		-	-
12	c6		1,1	0,8		-	-

Tabela 5.5 - Wyniki uzyskane podczas przejazdu konfiguracji uzupełniającej pociągu badawczego z platformami towarowymi - siła ściskającą wynoszącą 264 (240+10%) kN

L.p.	Zestaw kołowy	Wspinanie $d_z$ [mm]			Unoszenie $d_z$ [mm]		
		$dz_{lim}$	Koło lewe	Koło prawe	$dz_{lim}$	Koło lewe	Koło prawe
1	b6	5,0	0,7	1,0	50,0	4,0	-
2	b5		1,0	1,0		5,7	2,5
3	b4		1,1	1,0		-	-
4	b3		0,4	0,3		-	-
5	b2		1,1	1,1		-	-
6	b1		1,0	1,1		-	-
7	c1		1,1	1,1		-	-
8	c2		0,7	0,8		-	-
9	c3		1,0	1,0		-	-
10	c4		0,4	0,5		-	-
11	c5		1,1	1,1		-	-
12	c6		1,0	1,0		-	-

pociągu badawczego zestawiony w konfiguracji standardowej zawiera poza badanymi pojazdami kolejowo-drogowymi dwa wagony, z przodu wagon typu FCS a z tyłu wagon typu RS. Kolejne składy zestawione w konfiguracjach uzupełniających, pierwszy wariant pociągu zawiera z przodu i tyłu wagon dwuosiowy o długości pomiędzy zderzakami 16 m i bazie wagonu 11 m, drugi wariant pociągu badawczego z tyłu i przodu składa się z wagonów o takich samych parametrach geometrycznych, co badane pojazdy tzn. ta sama całkowita długość wagonu oraz taka sama baza wagonu. Podczas przeprowadzania symulacji pojazd do transportu kombinowanego był wyposażony w próżne naczepy drogowe, badania zostały wykonane przy współczynniku tarcia na zderzakach  $\mu = 0,1$ .

Podczas badań przeanalizowano wpływ wzdłużnej siły ściskającej powstającej podczas przejazdu przez tor badawczy w kształcie litery S na zachowanie się całego składu pociągu w trzech konfi-

guracjach. W celu zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa zwiększono wartość wymaganej wzdłużnej siły ściskającej o 10% z 240 kN na 264 kN zgodnie z kartą [1].

Dla przejazdu w kombinacji standardowej maksymalna wartość wzdłużnej siły ściskającej zapewniającej bezpieczny przejazd przez tor badawczy w kształcie litery S wynosi 198 kN i jest niższa od wymaganej dla wagonów towarowych wózkowej minimalnej wzdłużnej siły ściskającej, która wynosi 264 (240+10%) kN. Obie konfiguracje uzupełniające okazały się mniej wrażliwe na wzdłużną siłę ściskającą, składy pociągów w tych konfiguracjach są w stanie w sposób bezpieczny przejechać przez tor badawczy w kształcie litery S przy wzdłużnej sile ściskającej wymaganej dla wagonów towarowych wyposażonych w wózki, czyli 240 kN (przejazd został wykonany przy sile wyższej o 10% czyli 264 kN). Dla konfiguracji standardowej przy sile wzdłużnej

przekraczającej 198 kN występuje nadmierne wspinanie się kół prowadzących pierwszego wózka pierwszego wagonu. Jedną z przyczyn takiego zachowania jest specyficzna budowa pojazdu powodująca stosunkowo duże odciążenie wózka znajdującego się pod przodem naczepy podczas przenoszenia przez wagon dużych wartości wzdłużnej siły ściskającej.

W przypadku zastosowania alternatywnej konstrukcji elementu łączącego platformę pod koła naczepy z ramą pod siodło naczepy oraz sztywniejszego wariantu naczepy wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych wskazują, iż pojazd do transportu kombinowanego jest w stanie przenieść wzdłużną siłę ściskającą na poziomie 264 (240+10%) kN, co zapewnia spełnienie wytycznych zawartych w karcie UIC 530-2.

Podsumowując można stwierdzić, iż badana podstawowa konstrukcja pojazdu do transportu kombinowanego jest w stanie bezpiecznie przenieść wzdłużną siłę ściskającą do poziomu 198 kN a więc nie spełnia wytycznych zawarte w karcie UIC 530-2 natomiast konstrukcja alternatywna opisana w rozdziale 5 przenosi siłę 264 (240+10%) kN, więc spełnia wymagania zawarte w karcie UIC 530-2 dotyczącymi bezpieczeństwa przed wykolejenie pod wpływem siły wzdłużnej na łukach odwrotnych.

## Bibliografia

- [1] *Kodeks UIC 530-2: Wagony towarowe - Bezpieczeństwo jazdy, Międzynarodowy Związek Kolei UIC, 2011*
- [2] *PN-EN 14363: Kolejnictwo. Badania własności dynamicznych dla dopuszczenia (homologacji) pojazdów szynowych. Badania własności biegowych i próby stacjonarne. PKN, Warszawa 2007*
- [3] *Medwid M.: Polski system transportu kolejowo-drogowego (bimodalnego) typu TABOR, Wydawnictwo IPS "TABOR", Poznań 2006*
- [4] *Madej J., Medwid M.: Modułowy system transportu naczep siodłowych na wózkach kolejowych w ruchu kombinowanym kolejowo-drogowym, Pojazdy Szynowe, IPS "TABOR", Poznań 02/2013*
- [5] *Tomaszewski F., Medwid M., Nowaczyk T., Czerwiński J., „Cechy charakterystyczne „modułowego systemu transportu naczep drogowych” w odniesieniu do znanych systemów transportowych w ruchu intermodalnym kolejowo-drogowym”, Materiały konferencyjne: XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2014, Wrocław, Wojanów 2014*
- [6] *Madej J., Medwid M., Cichy R., Nowaczyk T., „Wybrane aspekty procesu tworzenia modelu modułowego systemu transportu naczep drogowych w ruchu kombinowanym”, Materiały konferencyjne: XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2014, Wrocław, Wojanów 2014*
- [7] *Madej J., Medwid M., Stawecki W., „Konstrukcja newralgicznych węzłów krańcowego wózka w module kolejowego uformowania naczep drogowych”, Materiały konferencyjne: XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2014, Wrocław, Wojanów 2014*
- [8] *Medwid M., Łukaszewski K., Bryk K., „Symulacyjne komputerowe badania dynamiczne modułowego pojazdu do transportu kombinowanego, kolejowo-drogowego”, Materiały konferencyjne: XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2014, Wrocław, Wojanów 2014*