

Radostaw Kapusta

Wpływ wymagań TSI Hałas na obliczenia hamulców wagonów towarowych

Każdy wagon towarowy musi posiadać układ hamulca, który będzie gwarantował zatrzymanie pojazdu zgodnie z przepisami ruchu kolejowego. I dlatego konieczne jest zaprojektowanie układu hamulca pneumatycznego i układu mechanicznego, według nowych wymagań TSI Hałas.

Wchodzące w życie przepisy TSI Hałas nakazują ściśle wymagania dotyczące ograniczenia hałasu przez przejeżdżające wagony towarowe. W związku z tym jednym ze sposobów ograniczeniu ciśnienia akustycznego jest zastosowanie wstawek typu K, które we współpracy z kołem „szlifują” jej profil i tym samym powierzchnia toczna staje się mniej chropowata, a jak wiemy jest to przyczyną redukcji hałasu. Dlatego jest potrzeba stosowania w wagonach towarowych wstawek typu K oraz wykonywania wstępnych obliczeń dla hamulca pneumatycznego i układu mechanicznego.

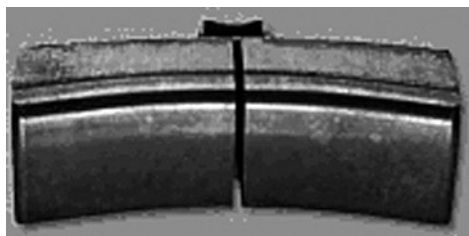
Konstrukcja i projektowanie wagonów towarowych z wstawkami hamulcowymi wykonanymi z materiałów kompozytowych o wysokim współczynniku tarcia k_k [1]

Przybliżone obliczenia sił hamowania na wstawkach hamulcowych są dokonywane jako obliczanie wstępne metodą:

- podziałów czasowych według karty UIC 544-1, zał. I;
- wartości k na podstawie karty UIC 544-1, rozdział 2.2.2.1 (tab. 1).

Projektowanie wagonów z uwzględnieniem techniki hamowania powinno uwzględniać następujące wymagania:

- przekładnia hamulcowa układu mechanicznego hamulca zależnie od reżimu S lub SS – zaleca się stosowanie przekładni 60 kN;
- w stanie odhamowania wstawki hamulcowe muszą wykazywać odstęp w stosunku do wszystkich powierzchni koła – co najmniej 7 mm;
- obsady i wstawki hamulcowe muszą być oznakowane w sposób niepozwalający na ich zamianę, zgodnie z kartą UIC 541-1 (obsady) oraz UIC 541-4 (wstawki rys. 1);



Rys. 1. Wstawka hamulcowa typu K

- przy wyposażeniu wagonów w reżimie SS obowiązuje stosowanie zaworów z łamaną charakterystyką (rys. 2).

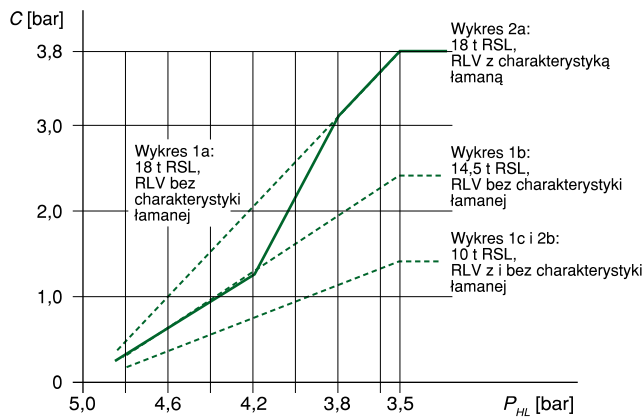
Zestawy kołowe i wymagania dla nich:

- zaleca się stosowanie zmniejszonej grubości obrzeży kół (np. 30 mm),
- koła bezobrzęczowe według EN 13979-1 / UIC-MB510-5,
- przy zastosowaniu wstawek typu K niedopuszczalne jest stosowanie kół obręczowanych.

Tabela 1

Wartości liczbowe krzywej k , przy ułożeniu wstawek w konfiguracji Bg i Bgu (tylko dla przybliżonych obliczeń wstępnych)

Wstawka hamulcowa Bg						Wstawka hamulcowa Bgu					
F_{dyn} [kN]	k_k	B [t]	F_{dyn} [kN]	k_k	B [t]	F_{dyn} [kN]	k_k	B [t]	F_{dyn} [kN]	k_k	B [t]
3,2	3,549	1,158	10,6	2,754	2,975	3,2	3,804	1,241	10,6	3,009	3,251
3,4	3,510	1,217	10,8	2,745	3,022	3,4	3,775	1,308	10,8	2,995	3,297
3,6	3,473	1,275	11,0	2,738	3,070	3,6	3,747	1,375	11,0	2,982	3,344
3,8	3,437	1,331	11,2	2,730	3,117	3,8	3,719	1,440	11,2	2,969	3,390
4,0	3,403	1,387	11,4	2,723	3,164	4,0	3,691	1,505	11,4	2,956	3,436
4,2	3,369	1,442	11,6	2,716	3,212	4,2	3,664	1,569	11,6	2,944	3,482
4,4	3,336	1,496	11,8	2,710	3,260	4,4	3,637	1,631	11,8	2,933	3,527
4,6	3,305	1,550	12,0	2,704	3,308	4,6	3,611	1,693	12,0	2,921	3,573
4,8	3,274	1,602	12,2	2,698	3,356	4,8	3,585	1,754	12,2	2,910	3,619
5,0	3,245	1,654	12,4	2,693	3,404	5,0	3,559	1,814	12,4	2,900	3,666
5,2	3,216	1,705	12,6	2,688	3,453	5,2	3,534	1,873	12,6	2,890	3,712
5,4	3,188	1,755	12,8	2,683	3,501	5,4	3,509	1,932	12,8	2,880	3,758
5,6	3,162	1,805	13,0	2,679	3,550	5,6	3,485	1,989	13,0	2,871	3,805
5,8	3,136	1,854	13,2	2,675	3,599	5,8	3,461	2,046	13,2	2,862	3,851
6,0	3,112	1,903	13,4	2,671	3,648	6,0	3,437	2,102	13,4	2,854	3,898
6,2	3,088	1,951	13,6	2,667	3,697	6,2	3,414	2,158	13,6	2,846	3,945
6,4	3,065	1,999	13,8	2,663	3,746	6,4	3,391	2,213	13,8	2,838	3,992
6,6	3,043	2,047	14,0	2,660	3,795	6,6	3,369	2,267	14,0	2,831	4,040
6,8	3,021	2,094	14,2	2,656	3,845	6,8	3,347	2,320	14,2	2,824	4,088
7,0	3,001	2,141	14,4	2,653	3,894	7,0	3,326	2,373	14,4	2,818	4,136
7,2	2,982	2,188	14,6	2,650	3,943	7,2	3,305	2,425	14,6	2,812	4,185
7,4	2,963	2,235	14,8	2,647	3,993	7,4	3,284	2,477	14,8	2,806	4,234
7,6	2,945	2,281	15,0	2,644	4,042	7,6	3,264	2,529	15,0	2,801	4,283
7,8	2,927	2,328	15,2	2,640	4,091	7,8	3,244	2,579	15,2	2,796	4,333
8,0	2,911	2,374	15,4	2,638	4,140	8,0	3,225	2,630	15,4	2,792	4,383
8,2	2,895	2,420	15,6	2,635	4,189	8,2	3,205	2,679	15,6	2,788	4,433
8,4	2,880	2,466	15,8	2,632	4,238	8,4	3,187	2,729	15,8	2,784	4,485
8,6	2,865	2,512	16,0	2,629	4,287	8,6	3,169	2,778	16,0	2,781	4,536
8,8	2,852	2,558	16,2	2,625	4,336	8,8	3,151	2,826	16,2	2,779	4,588
9,0	2,839	2,604	16,4	2,622	4,384	9,0	3,133	2,875	16,4	2,776	4,641
9,2	2,826	2,650	16,6	2,619	4,432	9,2	3,116	2,923	16,6	2,774	4,695
9,4	2,814	2,696	16,8	2,616	4,479	9,4	3,100	2,970	16,8	2,773	4,749
9,6	2,803	2,743	17,0	2,612	4,527	9,6	3,084	3,018	17,0	2,772	4,803
9,8	2,792	2,789	17,2	2,608	4,573	9,8	3,068	3,065	17,2	2,771	4,859
10,0	2,782	2,835	17,4	2,605	4,620	10,0	3,053	3,112	17,4	2,771	4,915
10,2	2,772	2,882	17,6	2,601	4,666	10,2	3,038	3,158	17,6	2,771	4,971
10,4	2,762	2,929	17,8	2,596	4,711	10,4	3,023	3,205	17,8	2,772	5,029



Rys. 2. Wykres zaworu z łamaną charakterystyką

Wagony towarowe wyposażone we wstawki typu K muszą być oznaczone literą K (w kole), umieszczoną bezpośrednio z prawej strony napisu określającego konstrukcję hamulca.

Obliczenia hamulców na przykładzie wagonów serii Falns [2] oraz Sgnss [3] przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Korzyści z zastosowania wstawek kompozytowych typu K w wagonach towarowych

Analizując obliczenia wagonów serii Falns oraz Sgnss z wykorzystaniem wstawek typu K w stosunku do wstawek typu P10 docho-

dzimy do istotnych zmian. W tabeli 2 zestawiono porównanie najważniejszych elementów armatury hamulcowej.

Tabela 2

Zestawienie wybranych elementów armatury hamulcowej

Wybrane podzespoły i elementy układu hamulcowego	Falns		Sgnss		
	P10	K	P10	K	
Cylinder hamulcowy	["]	16	12	2×16	12
Zbiornik powietrza	[l]	150	100	2×150	100
Nastawiacz klocków hamulcowych		1	1	2	1
Układ mechaniczny hamulca		1	1	2	1
Zabudowa na wózku					
Przekładnia	[kN]	60	60	120	60
Wstawka 250×80	[kg]	~8,	~3,7	~8,5	~3,7
Masa wózka	[kg]	4700	4550	4800	4550
		±3%	±3%	±3%	±3%
Masa własna układu hamulcowego	[kg]	~563	~500	~870	~500
Masa własna wagonu towarowego	[kg]	~25 500	~25 200	~20 000	~19 400

Zmiany w układzie hamulca w reżimie S lub SS przyczyniły się do uzyskania następujących korzyści:

- mniejszej masy własnej na wagonie,
- mniejszych gabarytów armatury hamulcowej,
- mniejszej liczby sztuk armatury hamulcowej (reżim SS),
- oszczędności finansowych.

Obliczenia hamulca wg V-BKS (K) wyd. 3 z dnia 15.05.2006r

Hamulec pneumatyczny		Masa wagonu									
		t	25	30	40	50	58	60	70	80	90
Masa wagonu	G	t	25	30	40	50	58	60	70	80	90
Zawór wazy	T	Bar	0,930	1,180	1,670	2,160	2,650	2,700	3,160	3,630	4,120
Ciśnienie w cylindrze	C	Bar	1,500	1,730	2,270	2,960	3,700	3,800	3,800	3,800	3,800
Podział dźwigni przycylindrowej	a i b		a= 471				b= 369				
Całkowite przełożenie	i=B * a / b		10,211								
Działająca siła tłokowa	Ft=(A*C)-Fc	kN	9,20	10,83	14,65	19,67	24,76	25,46	25,46	25,46	25,46
Całkowita siła klocków ham.	Fdyn = (Ft * i - B Fr) * η	kN	64,72	78,50	110,86	153,39	196,53	202,52	202,52	202,52	202,52
Siła dynamiczna na pojedynczej osiedzie kl. ham.	Fj = Fdyn / 16	kN	4,045	4,906	6,929	9,587	12,283	12,658	12,658	12,658	12,658
Współczynnik	k		3,691	3,572	3,37	3,084	2,91	2,89	2,89	2,89	2,89
Masa hamulcowa	B=Fdyn*k/9,81	t	24,352	26,585	38,082	48,223	58,299	59,663	59,663	59,663	59,663
Procent masy hamującej	λ=(B*100)/G	%	97,41	95,28	95,21	96,45	100,51	99,44	85,23	74,58	66,29
Nacisk jednost. na kl. hamulcowy	Pb=(Fj/Ab)*1000	N/cm2	10,11	12,27	17,32	23,97	30,71	31,64	31,64	31,64	31,64

Wymiary konstrukcyjne		
Słok tłoka	ładowy [mm]	max. 165
Długość rozpiętej	Az [mm]	~28
Wymiary zabudowy	X [mm]	222
	Y [mm]	10
Ujednolicone parametry		
Sprawność mechanizmu hamulcowego	η=0,83	
Siły przeciwdziałające		
Spręż. powietrza cylindra hamulca	Fc=1,4 kN	
Nastawiacz mech. hamulca	Fr=2 kN	

SIŁY WCIĘGLACH	
Dane techniczne	
a [m]	0,471
b [m]	0,369
l [m]	1,55
g [mm]	665
h [m]	0,012
Df2 [m]	0,236
z1	12
z2	18
η	0,83
ηr	0,19
Ft [N]	300
Fj	2562
Wartości sił [kN]	
P1	5796,23
P2	3260,03
P3	3260,03
P4	2112,53

Ciężar hamujący hamulca pneumatycznego	
KE-GP-A (K)	
MAX.	59,5 [t]

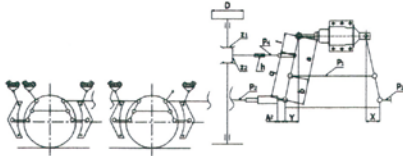
Dane techniczne	
Masa własna wagonu	t 25,0
Ciężar własny wagonu	kN 246,25
Masa całkowita wagonu	t 90
Masa całkowity ciężar wagonu	kN 882,9
Masa nieusprężynowana	t 5,86
Ciężar nieusprężynowany	kN 57,48
Ilość zestawów klockowych	4
w tym hamowane pneumatycznie	4
hamowane ręcznie	4
Typ hamulca	KE-GP-A
Typ zaworu sterowniczego	KEZVSL-ALBQ
Typ przekładnia ciśnienia	RLV-11d721
Typ zaworu wazy	WM10
Cylinder hamulcowy	cm2 12, A=706,9
Typ nast. mech. hamulcowego	DR2A-800
Materiał wstawki	- Cosid 810
Typ obcady kłoka hamulcowego	mm Bgu 2x250
Pow. ciemia kl. Hamulcowego "Ab"	cm2 400
Typ wózka	Y25Ld1
Średnica kręgu tocznego	mm 900

HAMULEC RĘCZNY	
Wznios wrzeciona hamulca	h [mm] 12
Siła na korbie	Fk [kN] 0,5
Przełożenie	i 1400
Całkowita siła klocków	Ft [kN] 118,05
Sprawność ham.	ηr 0,19
Sprawność ham.	ηr 4
Sprawność ham.	ηr 0,8
Sprawność ham.	ηr 0,9
Siła spr. powrotnej nast. kl. ham.	Fr [kN] 1,5
Współ. tarcia	μ 0,2
Ciężar hamujący	B [t] 23,37

SCHEMAT OBLICZENIOWY HAMULCA	
454V	
080000-1	
Kopiewanie, powielanie i udostępnianie osobom trzecim bez zgody właściciela jest zabronione. Wszelkie prawa zastrzeżone dla firmy TABOR SZYNOWY OPOLE S.A ZAMK ZIELONA GÓRA	

Rys. 3. Obliczenia hamulca dla wagonu serii Falns

Obliczenia hamulca wg V-BKS wyd.3 z dnia 15.05.2006r



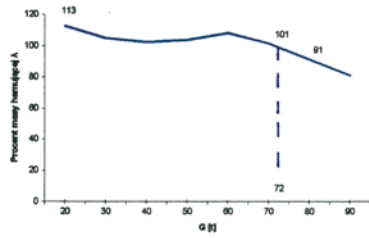
Hamulec na sprężone powietrze		Masa własna wagonu									
Masa wagonu	G	t	20	30	40	50	60	70	72	80	90
Zawór wazący	T	bar	0,720	1,210	1,700	2,190	2,800	3,170	3,270	3,660	4,150
Ciśnienie w cylindrze	C	MPa	0,116	0,155	0,202	0,262	0,338	0,370	0,380	0,380	0,380
Podział dźwigni przycylindrowej	a i b		a= 517				b= 323				
Całkowita przełożenie	i=8 * a / b		12,805								
Działająca siła tłokowa	$F_t=(A \cdot C) \cdot F_c$	kN	6,800	9,557	12,879	17,121	22,493	24,755	25,462	25,462	25,462
Całkowita siła kłocków ham.	$F_{dyn} = (F_t \cdot i \cdot \beta \cdot Fr) \cdot \eta$	kN	58,992	88,292	123,603	168,682	225,780	249,822	257,335	257,335	257,335
Siła dynamiczna na pojedynczej osi ham.	$F_j = F_{dyn} / 16$	kN	3,687	5,518	7,725	10,543	14,111	15,614	16,083	16,083	16,083
Współczynnik wg V-BKS wyd.3	k	-	3,747	3,497	3,254	3,019	2,821	2,788	2,781	2,781	2,781
Masa hamująca	$B=F_{dyn} \cdot k / 9,81$	t	22,532	31,474	41,000	51,911	64,826	70,999	72,951	72,951	72,951
Procent masy hamującej	$\lambda=B \cdot 100 / G$	%	112,66	104,91	102,50	103,82	108,21	101,43	101,32	91,19	81,06
Nacisk jednost. na kl. hamulcowy	$P_b=(F_j / A_b) \cdot 1000$	N/cm ²	9,22	13,80	19,31	26,36	35,28	39,03	40,21	40,21	40,21

Wymiary konstrukcyjne	
Średnica koła	max. 165
Średnica rozprężalnej	-28
Wymiary zabudowy	X [mm] 180 Y [mm] 48
Ujednostkowione parametry	
Sprężyność mechanizmu hamulcowego	$\eta < 0,83$
Siły przodochwytujące	
Spręż. pow. mech. hamulc.	$F_c = 1,4 \text{ MN}$
Nastawiacz mech. hamulc.	$F_s = 2 \text{ MN}$

SIŁY W CIĘGLACH	
Dane techniczne	
a [m]	0,517
b [m]	0,323
l [m]	0,23
q [m]	0,57
h [m]	0,012
D ₂ [m]	0,235
z1	12
z2	18
η	0,83
η _p	0,19
F _t [N]	500
F ₁ [N]	25462
Wartości sił [daN]	
P1	6621,70
P2	4075,50
P3	4075,50
P4	2112,53

Ciężar hamujący hamulca pneumatycznego	
KE-GP-A (k)	
MAX.	72,5 [t]

Dane techniczne	
Masa własna wagonu	t 20,0
Ciepły własny wagonu	kN 198,2
Maks. całkowita masa wagonu	t 90
Maks. całkowity ciężar wagonu	kN 682,9
Masa niesprężynowana	t 5,86
Ciepły niesprężynowany	kN 57,49
Łożo zestawów łokowych	4
w tym hamowane pneumatycznie	4
hamowane ręcznie	4
Typ hamulca	KE-GP-A
Typ zaworu sterowniczego	KE320VSL-ALSD+KRV
Typ przełącznika ciśnienia	RLV11d112V 1
Typ zaworu wazącego	WM10
Cylinder hamulcowy	mm cm ² 12" A=708,9
Typ nast. mech. hamulcowego	DRV2A-600
Typ klocka hamulcowego	mm sigu 2x250
Pow. ciema kl. hamulcowego "Ab"	cm ² 400
Typ wałka	Y2SLd1
Średnica łęgu łozowego	mm 920
HAMULCOWE REZERWY	
Wzrost wierzchołka hamulca	h [mm] 12
Siła na klockie	F _k [kN] 0,5
Przełożenie	i= 14,6
Całkowita siła kłocków	F _k [kN] 123,47
Sprężyność ham.	η _p 0,19
Sprężyność ham.	η _p 4
Sprężyność ham.	η _p 0,8
Sprężyność ham.	η _p 0,9
Siła spr. powietrznej nast. kl. ham.	F _c [kN] 1,5
Współ. tarcia	μ 0,2
Ciężar hamujący	B [t] 71,40



454V		Zmiana		Data		Opis zmiany		Podpis	
Tabor Szynowy OPOLE S.A. Zakład Zielona Góra		Wykonał		9.2006		Kapusta			
		Sprawdził		9.2006		Kuluc			
		Norm		9.2006		Ogiętko			
		Zatwierdził		9.2006		Kapusta			
						SCHEMAT OBLICZENIOWY HAMULCA			
						445Z			
						08000-1			
						Kopierownia, powielanie i udostępnianie osobom trzecim bez zgody właściciela jest zabronione. Wszelkie prawa zastrzeżone dla firmy TABOR SZYNOWY OPOLE S.A. Zakład ZIELONA GÓRA		Aktualizacja 01/01	

Rys. 4. Obliczenia hamulca dla wagonu serii Sgnss

Wnioski

Wpływ wymagań Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności Hałas w projektowanie wagonów towarowych jest znaczący i niepodważalny. Niewątpliwie korzyści i zalety zastosowania wstawek typu K pozwolą zmniejszyć cenę wagonu oraz koszty wynikające z ich eksploatacji.

Podsumowując należy dodać, że obliczenia hamulców wagonów towarowych serii Falns oraz Sgnss były wykonane jako wstępne przed badaniami ruchowymi, które potwierdzą założenia i słuszność przełożeń dźwigni przycylindrowych, nacisków wstawa na koło oraz określą masę hamującą.

Literatura:

- [1] UIC-SG5, wg V-BKS (K). Wyd. 3 z 15.05.2006 r.
- [2] Dokumentacja konstrukcyjna wagonu 454V.
- [3] Dokumentacja konstrukcyjna wagonu 445Z.

Autor
mgr inż. Radosław Kapusta
Główny konstruktor
TABOR SZYNOWY OPOLE S.A. Zakład Zielona Góra