

МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ БЕЗОПАСНОСТТА СРЕЩУ ДЕРАЙЛИРАНЕ ПРИ ЖЕЛЕЗОПЪТНО ПРОИЗШЕСТВИЕ

Добринка Атнаджова
atmadzhova@abv.bg

**ВТУ „Тодор Каблешков”,
гр. София, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: *Подвижен железопътен състав, безопасност, железопътно произшествие, дерайлиране.*

Резюме: *Динамичните параметри, които са пряко свързани с безопасността срещу дерайлиране, са силите в контактната зона между железопътното превозно средство и релсовия път. Установяването на тези взаимоотношения е резултат от редица проучвания, които установяват, че дерайлирането, може да възникне, когато съотношението на страничните и вертикалните сили в контакта колело-релса надхвърля определена гранична стойност. Тази стойност зависи от ъгъла на реборда, геометрията на контакта и коефициента на триене. Състоянието на безопасност срещу дерайлиране въз основа на критерия "Надал", но изменено чрез отчитане на продължителността на импулса на взаимодействие „колело-релса” (или разстоянието, през което се извършва действителното дерайлиране) е съществен елемент при оценката на динамичните свойства на железопътните превозни средства и тяхното одобрение за експлоатация в съответствие с действащите разпоредби. В статията е разгледан експериментално-изчислителен метод за определяне на критерия на безопасност срещу дерайлиране при квазистатични условия. Експерименталното определяне на критерия на безопасност срещу дерайлиране при квазистатични условия се извършва чрез пряко измерване на хоризонталната и вертикална сили в контактната точка „колело-релса” на атакуващото колело, чрез непосредствено измерване на лагерната сила на колооста, вертикалните сили върху буксите и статичното вертикално натоварване на колелата, и по зависимости на Евро норми и фишове на UIC. Метода е приложен за определяне критерия на безопасност срещу дерайлиране при железопътно произшествие.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Безопасността при движение е една от основните теми в изследванията на динамиката на железопътните превозни средства. Предотвратяването на дерайлирането на железопътните превозни средства е основното изискване за експлоатацията на подвижния състав. Това изискване се изразява количествено чрез критериите, които се съдържат в националните и международните правила относно изпитването и одобрението на железопътните превозни средства. Предмет на тези критерии са силите,

които действат в контактните точки колело-релса, и граничните стойности, които се налагат върху коефициента на дерайлиране и страничното натоварване върху коловоза, които се изразяват и в двете посоки. Ускорението на коша на превозното средство също е предмет на ограничаване на техните максимални стойности, което е друг критерий, чието удовлетворение е необходимо, за да се гарантира безопасността при движение.

2. КРИТЕРИЙ ЗА БЕЗОПАСНОСТ СРЕЩУ ДЕРАЙЛИРАНЕ

Динамичните параметри, които са пряко свързани с безопасността срещу дерайлиране, са силите в контактната зона между железопътното превозно средство и релсовия път. Установяването на тези взаимоотношения е резултат от проучвания на Nadal [1], които установяват, че дерайлирането, може да възникне, когато съотношението на страничните (Y) и вертикалните (Q) сили в контакта колело-релса надхвърля определена гранична стойност. Тази стойност зависи от ъгъла на реборда, геометрията на контакта и коефициента на триене. Състоянието на безопасност срещу дерайлиране въз основа на критерия "Надал", но изменено чрез отчитане на продължителността на импулса Y/Q (или разстоянието, през което се извършва действителното дерайлиране) е съществен елемент при оценката на динамичните свойства на железопътните превозни средства и тяхното одобрение за експлоатация в съответствие с действащите разпоредби. Тези регламенти включват стандарта EN 14363 [2], в сила в Европейския съюз, и UIC 518 [3], публикуван от Международния съюз на железниците. Критерият за дерайлиране е включен и в техническите стандарти, използвани в САЩ [4] и Япония [5].

Стандартите UIC 518 и EN 14363 включват допустимата дължина на участъка на коловоза, на която може да бъде нарушено условието, посочено в критерия Nadal, без риск от дерайлиране. Трябва да се отбележи обаче, че въпреки модификациите, които в значителна степен отчитат динамичния аспект на феномена дерайлиране, критерият "Надал" се основава предимно на квазистатични условия на движение на превозното средство, които водят до риск от дерайлиране с изкачване на реборда върху релсата. Обаче, феноменът на дерайлирането при изкачване на колело е в действителност динамичен по характер и е обект на по-нататъшни интензивни изследвания. Целта на тези изследвания е да се определят динамичните условия, водещи до такъв тип дерайлиране, и да се разработят нови критерии за оценка на безопасността на движение.

Критерият за дерайлиране по Nadal определя максималната (лимитираната) стойност на съотношението на страничната сила Y и вертикалната сила Q , действаща върху колелото в точката на контакт между колело и релса. Тъй като може да възникне дерайлиране на превозното средство, ако стойността на това съотношение надвиши пределно допустимата стойност за достатъчно дълъг период от време или разстояние от коловоза, оценката на безопасността срещу дерайлиране, следвайки посочените стандарти, се извършва, като се използва средна стойност $(Y/Q)_{2m}$, изчислени чрез осредняване на отношението Y/Q в прозореца с ширина $2m$ около всяка точка на трасето. Съгласно UIC 518 и стандарта EN 14363 рискът от дерайлиране е висок, ако $(Y/Q) > (Y/Q)_{lim} = 0,8$. Тази гранична стойност, приета в тези два стандарта, съответства на коефициент на триене „колело-релса” $\mu = 0,6$ и за максималната стойност на ъгъл на реборда на колело $\gamma = 70^\circ$ при профили, съответно на колелата и релсите - **S1002/UIC60**, които обикновено се използват в европейските държави. Трябва да се отбележи, че при нормални условия на работа коефициентът на триене μ обикновено е много по-нисък, особено върху страничната повърхност на релсовата глава (в точката на контакт „колело-реборд”) [6]. При приетата стойност - $\mu = 0,36$ за профилите на колело/релса - **S1002/UIC60** отношението се приема $(Y/Q)_{2m} \leq 1,2$.

Последното условие се разглежда в стандарта EN 14363 за критерий за безопасност срещу дерайлиране при квазистатични условия, съответстващи на скорости под **40 km/h**.

Възникването на риска от дерайлиране зависи силно не само от продължителността на импулса на взаимодействие (т.е. голяма стойност на Y/Q в кратък интервал от време), но и от ъгъла на атака на атакуващата колоос - α , тъй като превишаването на граничната стойност на това съотношение може да доведе до дерайлиране само при големи ъгли на атака. Когато ъгълът на атака не надвишава **5 mrad** (приблизително 3°) или става отрицателен, граничните стойности на отношението Y/Q са много по-високи, отколкото получените директно от критерия Nadal [7, 8]. Такива са заключенията от изпитване на дерайлиране в условията на движение, проведени от Асоциацията на американските железопътни линии (AAR, САЩ) [9] и резултатите от симулационните проучвания, извършени с програмата NUCARS от Транспортния технологичен център (ТТСЦ, САЩ) [8]. Предложената гранична стойност на коефициента на дерайлиране от Elkins и Wu [7] е $(Y/Q)_{2m} = 1,0$ за ъгли на атака $\alpha > 5 \text{ mrad}$ и $(Y/Q)_{2m} = 12/(\alpha + 7)$ за $\alpha < 5 \text{ mrad}$.

Експерименталното определяне на критерия на безопасност срещу дерайлиране при квазистатични условия се извършва или чрез пряко измерване на силите Y_1 и Q_1 , или чрез непосредствено измерване с изчисление на същите.

Първият подход (чрез непосредствено измерване), който може да бъде назван пряк експериментален, *изискващ използване на специална измерителна колоос* [10, 11, 12]. Поради тази причина, от UIC се допуска прилагането на **втория подход** (*чрез опосредствено измерване с изчисление*), който може да бъде назван експериментално-изчислителен и се характеризира с използване далече по-прости и по-евтини традиционни измерителни средства, използването му е целесъобразно и оправдано дори и в онези страни и институти, които разполагат с измерителни колооси.

2. ПОСТАНОВКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА И ОСНОВНИ ЗАВИСИМОСТИ

Критерият на безопасност срещу дерайлиране при квазистатични условия Y_1/Q_1 по представения тук метод се определя на базата на експериментално получени данни и последващи изчисления. Атакуващата колоос, за която се регистрират данните, е колоостта с букси №№ 1 и 2.

През време на изпитанието едновременно се регистрират: H – хоризонтална лагерна сила на атакуващата колоос; $F_{\beta 1}$, $F_{\beta 2}$ - изменението (спрямо статичната стойност) на вертикалната сила върху букса №1 и №2 (динамични сили).

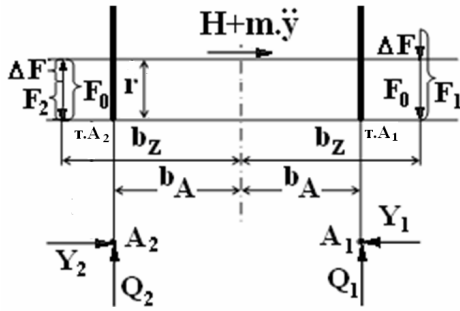
При тези експериментални данни и при данните за статичните натоварвания на колелата се определят чрез изчисления силите Y_1 и Q_1 , а оттам и отношението Y_1/Q_1 , където: Y_1 - направляващото усилие, т.е. хоризонталната реакция на релсата на атакуващото колело; Q_1 - вертикална реакция на релсата и атакуващото колело.

Изхождайки от силовото взаимодействие между колооста и релсите, имаме:

$$(1) [H + m \cdot (-\ddot{y})] = Y_1 - Y_2; \quad Y_1 = Q_1 \cdot \text{tg}(\beta_1 - \rho_1) \text{ и } Y_2 = Q_2 \cdot \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2)$$

където: m - масата на атакуващата колоос; \ddot{y} - хоризонтално напречно ускорение на атакуващата колоос; Y_1 и Y_2 - хоризонталните реакции на релсите; Q_1 и Q_2 - вертикалните реакции на колелата от колооста; ρ_1 и ρ_2 - ъглите на триене в контактните точки A_1 и A_2 ; β_1 - наклонът (спрямо хоризонталата) на образуващата на реборда на атакуващото колело в т. A_1 ; γ_2 - наклонът (спрямо хоризонталата) на образуващата на повърхнината на търкаляне в т. A_2 (фиг.1).

Изразяваме силите Q_1 и Q_2 от изрази (1) чрез средното натоварване Q_m , хоризонталната сила H и силите F_1 и F_2 върху буксите на атакуващата колоос:



Фиг.1

$$(2) Q_1 = Q_{m1} + \frac{[H + m(-\ddot{y})].r}{2b_A} + \frac{(F_1 - F_2).b_Z}{2b_A} \quad \text{и}$$

$$Q_2 = Q_{m2} - \frac{[H + m(-\ddot{y})].r}{2b_A} - \frac{(F_1 - F_2).b_Z}{2b_A}$$

където: r - радиуса на колелата в кръга на търкаляне; b_A , b_Z - полуразстоянията между кръговете на търкаляне, респ. между средите на буксите.

Откъдето за търсения критерий Y_1/Q_1 , се получава израза:

$$(3) \frac{Y_1}{Q_1} = \frac{[H + m(-\ddot{y})].[1 - \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2)] \frac{r}{2b_A} + Q_{m2} \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2) - (F_1 - F_2) \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2) \frac{b_Z}{2b_A}}{Q_{m1} + [H + m(-\ddot{y})] \frac{r}{2b_A} + (F_1 - F_2) \frac{b_Z}{2b_A}}$$

Чрез регистриране на магнитна лента едновременно на четири величини: H , \ddot{y} , $F_{\partial 1}$ и $F_{\partial 2}$ ($F_1 - F_2 = F_{\partial 1} + F_{\partial 2} = \Delta F$), по израз (3) може да бъде изчислен търсения критерий Y_1/Q_1 .

Критерия за дерайлиране по UIC се определя по следната формула-неравенство:

$$(4) \frac{\ddot{H} + m(-\ddot{y})}{Q_m} \leq \frac{\text{tg}(\beta_1 - \rho_1) - \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2) + (\Delta Q_F / Q_m) \cdot [\text{tg}(\beta_1 - \rho_1) + \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2)]}{1 - (r / 2b_A) \cdot [\text{tg}(\beta_1 - \rho_1) - \text{tg}(\gamma_2 + \rho_2)]}$$

при което

$$\frac{\Delta Q_F}{Q_m} = \frac{b_Z}{2b_A} \cdot \frac{F_{\partial 1} - F_{\partial 2}}{Q_m} + \sum_{i=1}^n \frac{Q_{1i} - Q_{2i}}{Q_m}$$

където: ΔQ_F - разлика между натоварването на дерайлиралото (атакуващото) колело и другото колело от същата колоос; ($F_{\partial 1} - F_{\partial 2}$) - разлика между вертикалните сили на буксите, предизвикана от динамиката на вагона; ($Q_{1i} - Q_{2i}$)_i - разлика между вертикалните натоварвания на съответните колела, предизвикана от различни фактори (с номер i); β_1 и ρ_1 - наклон на образуващата на реборда и съответния ъгъл на триене ($\beta_1 = 70^\circ$, $\rho_1 = 14^\circ$ за профил на колело S1002) за атакуващо колело; γ_2 и ρ_2 - наклон на образуващата в контактната точка на повърхността на търкаляне и съответно ъгъл на триене за неатакуващо колело ($\gamma_2 \approx 0^\circ$ и $\rho_2 = 14^\circ$); $2b_Z$ и $2b_A$ - разстояние между буксите, респективно между кръговете на търкаляне ($2b_Z = 2 \text{ m}$ и $2b_A = 1,5 \text{ m}$); r - радиус на колелото в кръга на търкаляне; Q_m - средно натоварване на колело.

Коефициентът на сигурност срещу дерайлиране се изразява със съотношението между критичната стойност на израза $[H + m(-\ddot{y})]/Q_m$, т.е. дясна част на (4), и неговата действителна стойност (лява част на (4)):

$$(5) \eta = \frac{[H + m(-\ddot{y})]/Q_m}{[H + m(-\ddot{y})]/Q_m} \quad (\eta \geq 1)$$

Критерият по UIC за гранично натоварване на ходовата част (колооста) се изразява с емперично установеното неравенство:

$$(6) [H + m(-\ddot{y})]_{\max(2m)} \leq 0,85(10 + 2Q_m / 3), \text{ kN}$$

След заместване на величините в дясната част на (4) се получава:

$$(7) [H + m(-\ddot{y})]/Q_m \leq [1,233 + (\Delta Q_F / Q_m) \cdot 1,732] / (1 - r \cdot 0,822),$$

$$\text{като } (\Delta Q_F / Q_m) = 1,5^{-1} \cdot (F_{\partial 1} - F_{\partial 2}) / Q_m + \sum_{i=1}^n [(Q_{1i} - Q_{2i}) / Q_m]$$

При железопътно произшествие – дерайлиране, определянето на критерия на безопасност срещу дерайлиране се осъществява по формула (7), като радиуса на колелото r , средното натоварване на колело Q_m и разликата между натоварването ΔQ_F на дерайлиралото (атакуващото) колело и другото колело от същата колоос, предизвикана от различни фактори (с номер i) се измерва или определя за ПЖПС претърпял железопътното произшествие.

3. ОПРЕДЕЛЯНЕ КРИТЕРИЯ НА БЕЗОПАСНОСТ СРЕЩУ ДЕРАЙЛИРАНЕ ПРИ ЖЕЛЕЗОПЪТНО ПРОИЗШЕСТВИЕ

На 03.09.2013 г. в 21:22 часа при транзитно преминаване – дерайлира един вагон от международен бърз влак (МБВ) № 465 пред стрелка № 3 в гара Радунци по направление Букурещ – Инстанбул [13].

След произшествието са извършени измервания на железния път по методика [14] и са констатирани: междурелсие **1435 + 13 mm**; флеш хорда **65 mm** и надвишение на външна релса – **41 mm**.

На 11.09.2013 г. във Вагоноремонтно депо Горна Оряховица комисия за разследване по Заповед на Министъра на ТРАНСПОРТА, ИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЪОБЩЕНИЯТА извърши измервания на параметрите на пътнически вагон № 51 75 5040 012-4, серия Всм, собственост на TCDD (Република Турция), относно техническото му състояние и констатира следното: последна ревизия REV Ada на 04.11.11; разстоянието между вътрешните челни повърхнини на колелата, диаметрите на колелата в кръга на търкаляне и параметрите на ребордите са в допустимите норми в съответствие с изискванията на „Наредба № 58” на МТ [15], „Споразумение за размяната и използването на пътнически вагони в международно съобщение” – RIC [16] и „Инструкция за колооси на вагоните” – 1977 г.[17, 18]. По констативен протокол радиуса на колелото в кръга на търкаляне е $r = 461,5\text{mm}$ и средното натоварване на колело е $Q_m = 5125 \text{ kgf}$.

След заместване на величините в дясната част на (7) се получава:

$$(8) [H + m(-\ddot{y})] / Q_m \leq 1,9866 - 0,000338 \cdot [(Q_1 - Q_2)_{i=1} + (Q_1 - Q_2)_{i=4} + (Q_1 - Q_2)_{i=5}]$$

където индексът „ $i = 1$ ”, „ $i = 4$ ” и „ $i = 5$ ” след скобите означават номерата на факторите съгласно следващата таблица 1.

Таблица 1

№	Фактори, предизвикващи различия между натоварването на дерайлиралото и другото колело от дерайлиралата колоос.	Отклонение ΔQ_i , kgf	Разлика $(Q_1 - Q_2)_i$, kgf
1	От неравномерно разположение на товара (интериор и пътници)	± 50	-100
2	От динамиката на вагона – вследствие главно на хоризонтални напречни инерционни сили при колебанията, пораждащи вертикални сили на буксите $F_{\theta 1}$ и $F_{\theta 2}$. Пояснение: приемаме по-неблагоприятния случай – $(F_{\theta 1} - F_{\theta 2}) = 0$	0	0
3	От неравности на релсовия път на база вагон	0	0
4	От неравности на релсовия път на база талига Пояснение: при база на талигата 2500 mm и измерено пропадане на джонта $h_s = 8 \text{ mm}$, от което при заместване във формулата $\Delta Q = (h_s/4) \cdot (b_z/b_A)^2 \cdot c_z \cdot \xi$ се получава $\Delta Q = 1076 \text{ kgf}$, където: b_z и b_A – разстояния между ресорите респ. кръговете на търкаляне; $c_z = 388 \text{ kgf/mm}$ – вертикална коравина за 1 буксов ресорен комплект; $\xi = 0,78$ – коефициент, отчитащ еластичността на рамата.	± 1076	-2152
5	От надвишение нивото на дясната релсова нишка спрямо лявата Пояснение: Установено е, че центъра на тежестта за пътнически вагони от ниво глава релса е $h_{нт} = 1,4 \text{ m}$ и измерено надвишение на дясната релсова нишка 0,041 m , напречно изместване на Ц.Т. на ляво в равнината на релсите е $41,1,4/1,5 = 38,266 \text{ mm}$, от което при $Q_m = 5125 \text{ kgf}$ /кол. се получава $\Delta Q = 38,266 \cdot 2 \cdot 5125 / 1500 = 261,484 \text{ kgf}$.	$\pm 261,484$	- 522,968

Тъй като критичното натоварване се отнася за конструктивната скорост на вагона ($V_k = 140 \text{ km/h}$), при дерайлирането скоростта е била 26 km/h , може да се счита (въз основа на експериментални данни), че числителят на лявата част на формула (4) е намален спрямо критичната стойност (дясната част на формула (6) = $2912,666 \text{ kgf}$) в съотношение между скоростите на степен $1,5$, т.е. $(140/26)^{1,5} = 12,495$ пъти, при което той се получава $233,106 \text{ kgf}$, а лявата част (при $Q_m = 5125 \text{ kgf}$) $-0,04548$. При тази стойност, ако дясната част на (4) е изчислена по формулата-неравенство (4) и може да се представи във вида: $[H + m(-\ddot{y})]/Q_m \leq f(Q_1 - Q_2)_i$ - съгласно формула (8), или:

$$(9) \quad 0,04548 \leq 1,9866 - 0,0338 - 0,7274 - 0,1767 \text{ т.е. } 0,04548 \leq 1,0487$$

Където първият член от дясната част на (9) е независим от натоварванията на колелата Q_1 и Q_2 , вторият член е обусловен от разликата между колесните натоварвания вследствие неравномерното разположение на товара във вагона, а третият и четвъртият членове – вследствие косите неравности на база талига и разликата между нивата на релсовите нишки.

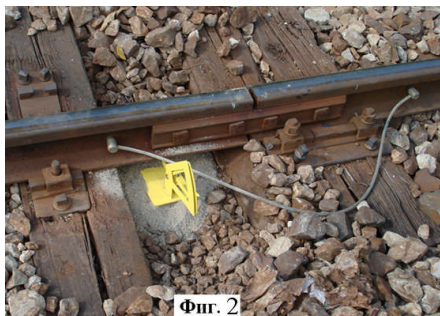
От неравенство (9) се вижда, че:

А) При действие на трите гореупоменати фактора, разтоварващи дясното колело, неравенството е удовлетворено, коефициентът на сигурност η се получава над 1 -ца (т.е. $\eta = \text{дясна част/лява част} = 1,0487/0,04548 = 23,06$) и следователно, дерайлирането не следва да настъпи.

Б) При пропадане на джонта над $h_s = 20 \text{ mm}$, се получава $\Delta Q = 5380,26 \text{ kgf}$, третият член на дясната част на неравенство (9) е $1,8185$, при което се получава:

$$(10) \quad 0,04548 \leq 1,9866 - 0,0338 - 1,8185 - 0,1767 \text{ т.е. } 0,04548 \leq 0,0424$$

неравенството не е удовлетворено, коефициентът на сигурност η се получава под 1 -ца (т.е. $\eta = 0,9323$) и следователно, дерайлирането следва да настъпи.



Фиг. 2

Факторите от страна на вагона, не са причина за дерайлирането, т.е. то е резултат от неблагоприятното съчетание на косите неравности на пътя на база талига и разликата в нивата на двете релсови звена в джонтовата връзка.

При полагането на (фиг.2) подпърния настав, преди точката на възкачване, оста на топлинната междина не съвпада с оста на сдвоенния дървен траверс. Съвързането на двете релси е осъществено в края на двойната реброва подложка и оттам на сдвоенния траверс. Това е създавало предпоставка за нееднакво слягане в натоварено състояние (над 20 mm) на едната релсова нишка спрямо другата при челата във вертикална равнина.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложеният в настоящата статия експериментално-изчислителен метод за определяне на критерия на безопасност срещу дерайлиране (Y_1/Q_1) при квазистатични условия се основава на пряко измерване (регистриране) за лагерната сила на колооста, измерването на вертикалните динамични сили върху буксите и статичното вертикално натоварване на колелата.

Представен е метод за определяне критерия на безопасност срещу дерайлиране при железопътно произшествие. Методът отчита разликата между колесните натоварвания, косите неравности на база талига и разликата между нивата на релсовите нишки.

Методът за определяне безопасността срещу дерайлиране е приложен за определяне критерия на безопасност срещу дерайлиране при реално железопътно произшествие.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Nadal M. J.: Theorie de la stabilite des locomotives, Movement de Lacet, Annales des Mines, vol. 10, 1896, str. 232
- [2] EN 14363: Railway applications - Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles - Testing of running behaviour and stationary tests. European Committee For Standardization, 2005
- [3] UIC Code 518 OR: Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - Safety – Track fatigue-Ride quality, International Union of Railways, 2nd ed., April 2003
- [4] M1001, AAR Mechanical Division, Manual of standards and recommended practices, section C – Part II, Volume 1, Chapter XI, Section 11. 5.2 Track- Worthiness Criteria, Adopted 1987, Revised 1993
- [5] Technical Standard for Japanese Railway, available at <http://www.mlit.go.jp/english>
- [6] Sobaś M.: Stan i doskonalenie kryteriów bezpieczeństwa przed wykojeniem pojazdów szynowych, Pojazdy Szynowe nr 4, 2005, str. 1-13, Pojazdy Szynowe nr 2, 2006, str. 37-48
- [7] Elkins J., Wu H.: New criteria for flange climb derailment, Railroad Conference, 2000. Proceedings of the 2000 ASME/IEEE Joint Volume , 1-7, 2000
- [8] Wu H., Shu X., Wilson N.: TCRP Report 71, Track-Related Research, Volume 5: Flange Climb Derailment Criteria and Wheel/Rail Profile Management and Maintenance Guidelines for Transit Operations, Transportation Research Board of the National Academies, 2005
- [9] Shust W., Elkins J., Kalay S., El-Sibaie: Flange climb derailment tests using AAR's Track Loading Vehicle, Research Report R-910, AAR, December 1997
- [10] Milan Bižić, Dragan Petrović, Dušan Stamenković BASICS OF EXPERIMENTAL DETERMINATION OF WHEEL-RAIL CONTACT FORCES USING INSTRUMENTED WHEELSETS, FACTA UNIVERSITATIS SERIES: Mechanical Engineering Vol. 1, N^o 10, 2003, PP. 7 - 2
- [11] Milan BIŽIĆ, Dragan PETROVIĆ, METHODOLOGIES OF EXPERIMENTAL DETERMINATION OF WHEEL-RAIL CONTACT FORCES The XVI Conference RAILCON '14, Niš, Serbia, 2014
- [12] Milan B Bižić, Dragan Z Petrović, Miloš C Tomić and Zoran V Djinović Development of method for experimental determination of wheel–rail contact forces and contact point position by using instrumented wheelset, Published 19.06.2017 Measurement Science and Technology, Vol. 28, No 7, 2018
- [13] Скорбански Б. ОКОНЧАТЕЛЕН ДОКЛАД от техническо разследване на железопътно произшествие - дерайлиране на вагон от международен бърз влак № 465 при транзитно преминаване по трети коловоз в гара Радунци на 03.09.2013 г. - МТИТС, 2013 <https://www.mtitc.government.bg>
- [14] Костов К., Мирчева Ц. Експертна оценка на техническото състояние на железния път след дерайлиране на жп возило, том 14, брой 3/3, 2016 г. Научно списание <http://www.mtc-aj.com>
- [15] „Наредба № 58” на МТ, от 2.08.2006 г. за правилата за техническата експлоатация, движението на влаковете и сигнализацията в железопътния транспорт, в сила от 15.08.2014 г.
- [16] „Споразумение за размяната и използването на пътнически вагони в международно съобщение” – RIC, в сила от 1 януари 2001 г.
- [17] „Инструкция за колооси на вагоните” – 1977 г.
- [18] NIKOLOV V., MODELING AND STRENGTH ANALYSIS OF THE AXLES OF BOGIE WITH VARIABLE-GAUGE WHEELSETS, The Fourth International Symposium for Students CPMA 2015 , 2015г.

METHOD FOR DETERMINING SAFETY AGAINST DERAILING AT RAILWAY ACCIDENT

Dobrinka Atmadzhova
atmadzhova@abv.bg

*Todor Kableshkov University of transport,
Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA*

Key words: *Rolling stock, safety, railway accident, derailment.*

Abstract: *Dynamic parameters that are directly related to derailment are forces in the contact area between the rail vehicle and the track. The relationship between the lateral and vertical forces in the wheel-rail contact exceeds a certain limit value. This value depends on the angle of the flange, the contact geometry and the friction coefficient. The state of safety against derailment based on the "Nadal" criterion but modified by considering the duration of the wheel-rail interaction pulse (or the distance through which the actual derailment is performed) is an essential element in the assessment of the dynamic properties of the rail vehicles and their approval for operation in accordance with the provisions in force. The article examines an experimental-calculation method for determining the safety criterion against derailment under quasi-static conditions. The experimental determination of the criteria of safety against derailment in quasi-static conditions is carried out by direct measurement of the horizontal and vertical forces at the wheel-rail attackers wheel, by direct measurement of the bearing force of the wheelset, the vertical forces on the axle-box and the static vertical wheel load, as well as the dependence of Euro norms and UIC codes. The method is applied to determine the safety criterion against derailment in a railway accident.*