

Упражнение

№ 5

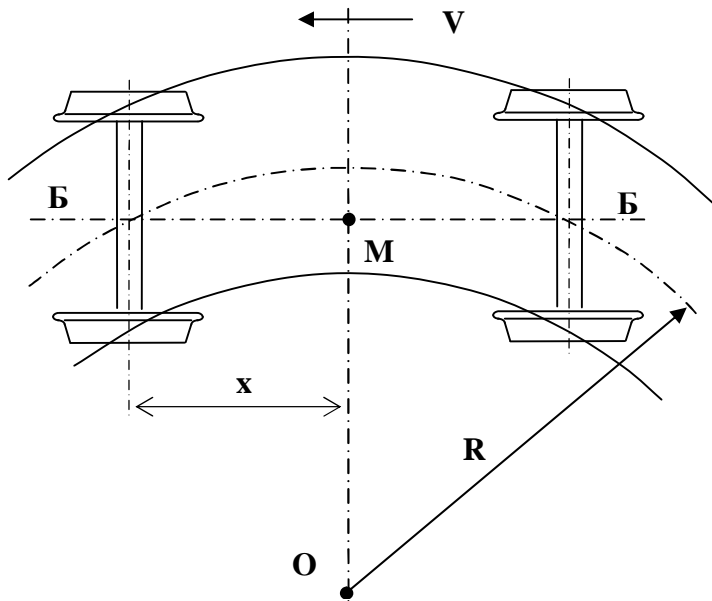
“ХОРИЗОНТАЛЕН
ДИНАМИЧЕН ПАСПОРТ НА
ДВУОСНА ТАЛИГА ”

5.1. Общи сведения

При движение на двуосна талига в крив участък от пътя колоосите чрез ребордите на една или повече колооси атакуват релсите и под действието на възникващите сили се завърта около ос, перпендикулярна на равнината на пътя. Съответните колооси и сили се наричан направляващи, тъй като направляват движението на талигата в кривия участък от пътя.

Методът на изследване движението в крива се основава на следните опростяващи приемания:

- пътят се приема, че е абсолютно корав в хоризонтална равнина;
- кривата е част от окръжност с радиус R ;
- хоризонталните сили, натоварващи и възприемани от талигата, действуват в равнина, минаваща през допирните точки на ребордите с релсите;
- вертикалното натоварване на релсите от колелата и от отделните колооси е еднакво;
- трептенията на талигата и коша, и спирачните сили не се отчитат.



Фиг. 5.1 Схема на двуосна талига в крива

от атакуващата колоос с външната релса и вътрешното колело на втора колоос с вътрешната релса, при което направляващите сили са съответно Y_1 и Y_2 (разнопосочни);

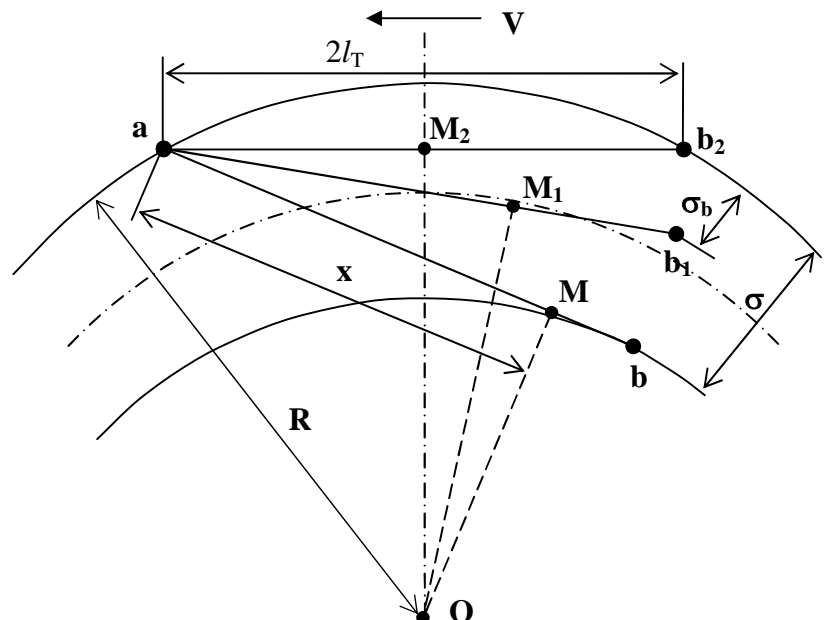
- положение “свободно установяване” – положение “ ab_1 ”, при което положение контактува реборда на външното колело от атакуващата колоос с външната релса, а ребордът на вътрешното колело на втора колоос не контактува с вътрешната релса, при което направляваща сила е само Y_1 а $Y_2 = 0$;

- положение “максимално изместване” – положение “ ab_2 ”, характерно за по-големи скорости на движение, при което положение контактуват ребордите на външното колело от атакуващата колоос и външното колело на втора колоос с външната релса, при което направляващите сили са съответно Y_1 и Y_2 (еднопосочни).

Приема се, че талигата се движи в крива с радиус R и център т. O (фиг. 5.1). Поради транслационното и ротационното си движение талигата се завърта около моментния център т. M (наречен полюс), представляващ петата на перпендикуляра, спуснат от центъра на кривата т. O към надлъжната ос на рамата $B - B'$ (т.е. $OM \perp BB'$). Разстоянието от геометричната надлъжна ос на предната (атакуваща) колоос до т. M се нарича полюсно разстояние.

В зависимост от скоростта на движение талигата може да заеме следните положения в кривата (фиг. 5.2):

- положение “максимално прекосяване”
- положение “ ab ”, характерно за малките скорости на движение, при което положение контактуват ребордите на външното колело



Фиг.5.2 Схема на възможните положения на талигата в крива

Полусното разстояние x се изменя в зависимост от положението на талигата в кривата и се определя с достатъчна точност по следната зависимост:

$$(5.1) \quad x = l_T + \frac{\sigma_b \cdot R}{2l_T}$$

където: $2l_T$ - база на талигата; R - радиус на кривата; σ_b - разстоянието между външната релса и реборда на задната колоос.

Величината σ_b може да приема стойности в интервала $0 \leq \sigma_b \leq \sigma$, като граничните стойности $\sigma_b = \sigma$ и $\sigma_b = 0$ отговарят на положенията “максимално прекосяване” и “максимално изместване”.

Граничната стойност на сумарната хлабина е сума от хлабината в прав участък - Δ и допълнителното уширение в кривата - δ , т.е. :

$$(5.2) \quad \sigma = \Delta + \delta$$

Сумарната хлабина между реборди и релсови нишки в прав участък на пътя, при нови реборди се определя по израза:

$$(5.3) \quad \Delta = 2Snp - 2dnp$$

където: $2Snp$ - максимална ширина между релсовите нишки в прав участък (за нормално междурелсие $2Snp = 1,435m$); $2dnp$ - разстояние между неизносени реборди от една колоос ($2dnp = 1,426m$).

Допълнителното уширение в крива δ зависи от радиуса на кривата и се определя по табл.5.1.

таблица 5.1

R, m	$125 \div 150$	$= 150 \div 180$	$= 180 \div 250$	$= 250 \div 300$	$> = 300$
δ, m	0,020	0,015	0,010	0,005	0

5.2. Сили на триене и напречни сили

Силите на триене Φ се определят по следната формула:

$$(5.4) \quad \Phi = \mu \frac{Pbr}{2.n}$$

където: μ - коефициент на триене между колелото и релсата ($\mu = 0,25$); Pbr - брутното натоварване на вагона; n - броят на колоосите на вагона.

Напречната сила от действието на коша върху талигата - H_k се определя по зависимостта:

$$(5.5) \quad H_k = \frac{H_{ck} + H_{vk}}{2}$$

където: H_{ck} и H_{vk} - съответно центробежната и ветровата сили действащи на коша, определяни по зависимостите:

$$(5.6) \quad H_{ck} = Pbr_k \left(\frac{V^2}{g \cdot R} - \frac{h}{2S} \right); \quad H_{vk} = H_{кош} \cdot 2L \cdot w$$

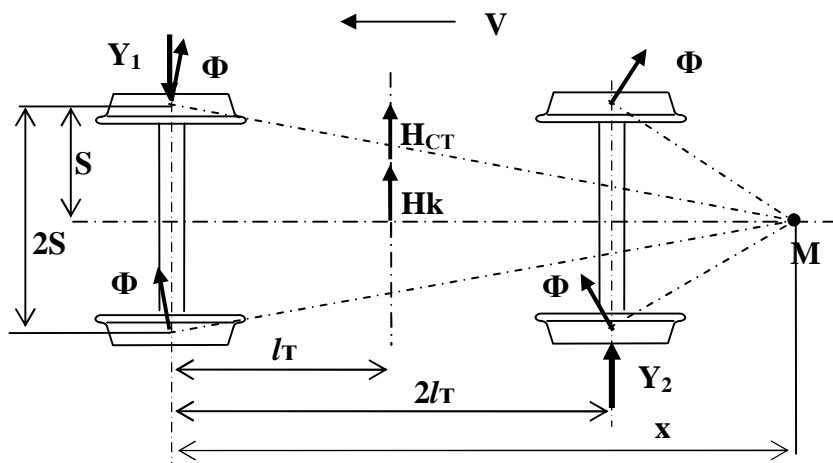
където: Pbr_k - брутното натоварване на коша; V - скорост на движение, в m/s; g - земното ускорение; R - радиуса на кривата; h - надвишение на външната релса за съответната крива; $2S$ - разстояние между кръговете на търкаляне; $H_{кош}$ - височина на коша на вагона; $2L$ - дължина на рамата на вагона; w - специфичното налягане на вятъра.

Напречната сила от действието на центробежната на талигата - H_{CT} се определя по зависимостта:

$$(5.7) \quad H_{CT} = G_T \left(\frac{V^2}{g \cdot R} - \frac{h}{2S} \right)$$

където: G_T - масата на талигата, в kN.

5.3. Изчислителна схема и система уравнения за положение “максимално прекосяване”



Фиг. 5.3 Изчислителна схема за положение “максимално прекосяване”

Система уравнения за положение “максимално прекосяване”: (5.8)

$$\begin{cases} Y_1 - Y_2 - (H_k + H_{CT}) - 2\Phi \cdot \frac{x_{\max}}{\sqrt{S^2 + x_{\max}^2}} - 2\Phi \cdot \frac{(x_{\max} - 2l_T)}{\sqrt{S^2 + (x_{\max} - 2l_T)^2}} = 0 \\ Y_1 \cdot x_{\max} - Y_2 \cdot (x_{\max} - 2l_T) - (H_k + H_{CT})(x_{\max} - 2l_T) - 2\Phi \cdot \sqrt{S^2 + x_{\max}^2} - 2\Phi \cdot \sqrt{S^2 + (x_{\max} - 2l_T)^2} = 0 \end{cases}$$

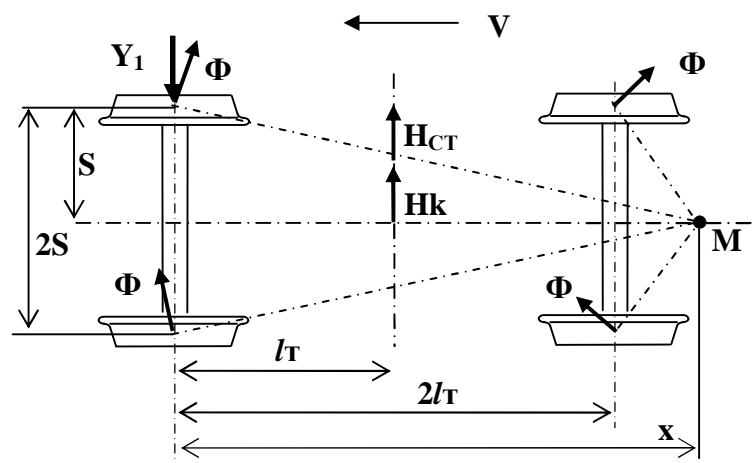
като полюсното разстояние приема максималната стойност: $x_{\max} = l_T + \frac{\sigma_b \cdot R}{2l_T}$; и напречните сили

- H_k и H_{CT} се заместват в (5.8) като функции на скоростта V .

От решението на системата (5.8) се намират съответните стойности Y_1 и Y_2 при вариране на скоростта от $V = 0$ до $V = V$ в момента когато $Y_2 = 0$.

Ако при пресмятанията се получи $Y_2 < 0$, следва, че дори при скорост $V \approx 0$ положението “максимално прекосяване” е невъзможно.

5.4. Изчислителна схема и система уравнения за положение “свободно установяване”



Фиг. 5.4 Изчислителна схема за положение “свободно установяване”

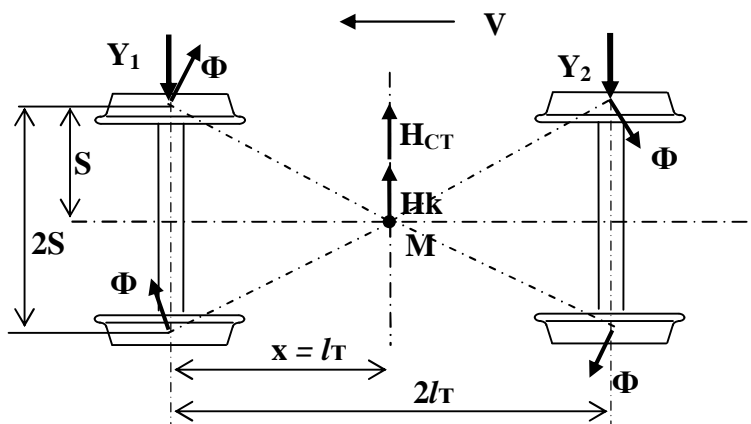
Система уравнения за положение “свободно установяване”:

$$(5.9) \begin{cases} Y_1 - (H_k + H_{CT}) - 2\Phi \cdot \frac{x}{\sqrt{S^2 + x^2}} - 2\Phi \cdot \frac{(x - 2l_T)}{\sqrt{S^2 + (x - 2l_T)^2}} = 0 \\ Y_1 \cdot x - (H_k + H_{CT})(x - 2l_T) - 2\Phi \cdot \sqrt{S^2 + x^2} - 2\Phi \cdot \sqrt{S^2 + (x - 2l_T)^2} = 0 \end{cases}$$

като полюсното разстояние приема стойност в диапазона: $x_{\max} \leq x \leq \ell_T$, а напречните сили - H_k и H_{CT} се заместват в (5.9) като функции на скоростта V .

От решението на системата (5.8) се намират съответните стойности Y_1 и V .

5.5. Изчислителна схема и система уравнения за положение “максимално изместване”.



Фиг. 5.5 Изчислителна схема за положение “максимално изместване”

Система уравнения за положение “максимално изместване”:

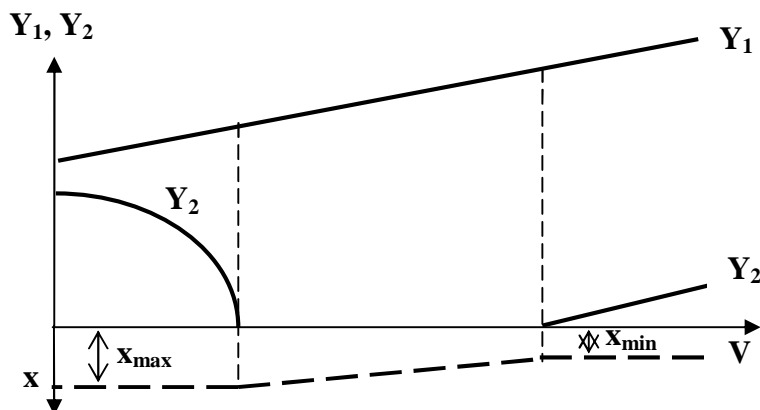
$$(5.10) \begin{cases} Y_1 + Y_2 - (H_k + H_{CT}) = 0 \\ Y_1 \cdot \ell_T - Y_2 \cdot \ell_T - 4\Phi \cdot \sqrt{S^2 + \ell_T^2} = 0 \end{cases}$$

като полюсното разстояние приема минимална стойност : $x = \ell_T$, а напречните сили - H_k и H_{CT} се заместват в (5.10) като функции на скоростта V .

От решението на системата (5.10) се намират съответните стойности Y_1 и Y_2 .

5.6. Хоризонтален динамичен паспорт

Графиката на зависимостите на направляващите сили Y_1 и Y_2 , и полюсното разстояние във функция от скоростта на движение се нарича хоризонтален динамичен паспорт. В най общ вид хоризонталния динамичен паспорт на вагона при движението му в крива е изобразен на фиг. 5.6.



Фиг. 5.6 Изчислителна схема за положение “максимално изместване”

5.7. Равнинен модел за вписване на двuosна талига в крива

5.7.1. Предварителни съображения.

При решаване на задачите, свързани с движение в криви на жп. екипажи (талиги), и до настоящия момент много широко разпространение има известния и традиционно използваният опростен равнинен модел с твърдо свързани колооси (букси) към рамата в хоризонтално направление. Резултатите, които дава този модел, са приблизителни, дори за някои случаи са

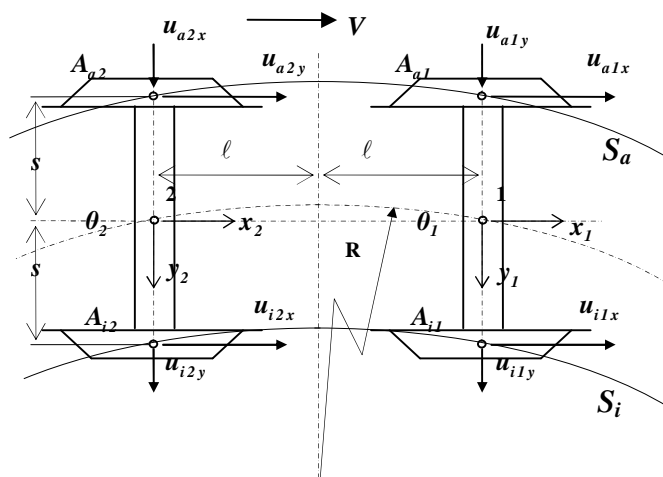
грубо ориентировъчни, но пределната му простота, наред с традицията и опита по прилагането му, очевидно, са основните фактори, обусловили неговото повсеместно разпространение.

Поради изтъкнатите съображения, независимо от развитите в последните десетилетия интерполационни модели [1,2,3,4], представлява оправдан практически интерес създаването на един опростен модел, който да не се различава много от традиционно използвания, но да бъде със значително по-голяма точност от него.

Въпреки разпространеното сред специалистите мнение, че главният недостатък на традиционния опростен модел е неговата равнинност и от там не отчитането на преразпределението на натоварването между външните и вътрешните колела, в настоящата работа се приема друго направление за усъвършенстване на модела – по-адекватно отразяване на абсолютните и относителни скорости на плъзгане в контактните точки “колело-релса” и обусловените от тях тангенциални сили на плъзгане.

5.7.2. Изходни зависимости за относителната скорост на надлъжно и напречно плъзгане в контактните точки и породените от него тангенциални сили.

Разглеждайки двуосовия екипаж на фиг.5.7.1, при предполагане на едноточков контакт между колелата и релсите, то компонентите u_{kix} и u_{kij} в хоризонталната равнина на относителната скорост на плъзгане u_{kj} за различните контактни точки A_{kj} ($k = a$ - за външни колела и $k = i$ - за вътрешни колела; $j = 1, 2$ – за 1-ви респ. 2-ра колоос съобразно посоката на движение в надлъжно и напречно направление (с индекси “x” респ. “y”) се представят с различни изрази в съществуващите литературни източници [1,4,7,8,9].



Фиг.5.7.1

Компонентата в надлъжно направление на относителната скорост на плъзгане (или съкратено – относителна скорост на надлъжно плъзгане или надлъжно плъзгане) за контактните точки на различните колела [2] е:

$$(5.7.1) \quad u_{kix} = 1 - y_{kj} / R - z_{kj} / r_{ej}$$

където: y_{kj} и z_{kj} ($k = a, i$; $j = 1, 2$) са напречните респ. вертикалните координати на контактните точки със знаци съобразно означените на фиг. 5.7.1 положителни посоки; r_{ej} – еквивалентен радиус на търкаляне на колооста, който се дефинира със съотношението между скоростта на движение V и ъгловата скорост ω_j на съответната колоос (с № j) и по физически смисъл представлява радиуса на едно въображаемо колело към средата на колооста, което се търкаля без приплъзване по въображаема релса, разположена по оста на пътя, т.е.:

$$(5.7.2) \quad r_{ej} = V / \omega_j$$

Ако за по-голяма простота заменим еквивалентния радиус на търкаляне на колооста r_{ej} със средния радиус r_{mj} , дефиниран от полусумата на външния r_{aj} и вътрешния r_{ij} радиуси, т.е.:

$$(5.7.2) \quad r_{mj} = (r_{aj} + r_{ij})/2,$$

където: $r_{aj} = r_{mj} + \Delta r_j$; $r_{ij} = r_{mj} - \Delta r_j$; $\Delta r_j = (r_{aj} - r_{ij})/2$ и освен това, ако положим $z_{kj} \approx r_{kj}$ и $|y_{aj}| \approx y_{ij} \approx s$ (където s - разстояние между кръговете на търкаляне), получаваме в приблизителен вид относителната скорост на надлъжно плъзгане:

$$(5.7.3) \quad u_{ajx} \approx s/R - \Delta r_j / r_{mj}; \quad u_{ijx} \approx -s/R + \Delta r_j / r_{mj}$$

Компонентата в напречно - хоризонтално направление на относителната скорост на плъзгане (или съкратено – относителна скорост на напречно плъзгане или напречно плъзгане), както е известно се равнява на ъгъла на атака α_j на съответната колоос (колело), т.е.

$$(5.7.4) \quad u_{ajy} = u_{ijy} = u_{jy} = \alpha_j$$

За най-общият случай ъгълът на атака α_j е детерминиран от различни параметри, характеризиращи взаимното разположение на елементите на системата “рама – колооси (букси) - релси”; съвкупността от стойностите на тези параметри е поначало неизвестна и се формира в процеса на квазистатичното вписване в кривата по такъв начин, че да бъде гарантирано статичното равновесие на системата. Следователно, стойностите на параметрите детерминиращи ъгъла на атака, както и неговите стойности, могат да бъдат определени при едно цялостно решаване на задачата.

От подробната геометрична трактовка на ъгъла на атака [1], тук ще приведем следната зависимост:

$$(5.7.5) \quad \alpha_j = u_{jy} = (-1)^{j+1} \cdot \frac{\ell}{R} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\ell} + \frac{\delta_{s2} - \delta_{s1}}{2\ell} + \frac{I_1 - I_2}{2\ell} - \frac{X_{aj} - X_{ij}}{2b} - \xi$$

където: 2ℓ е база на талигата (екипажа); R - радиуса на кривата; σ_1 и σ_2 - разстоянието “реборд – външна релса” за първа, респ. втора колооси (за общност и с цел повишаване на решенията се залага $\sigma_1 \neq 0$, като се допуска и $\sigma_1 < 0$ - в случаи на възкачване на реборда върху ръба на релсовата глава); δ_{s1} и δ_{s2} - сумарните хоризонтални неравности на релсовия път; I_1 и I_2 - напречните относителни премествания на рамата на екипажа спрямо първа, респ. втора колоос; X_{aj} и X_{ij} - надлъжното относително преместване на външната, респ. вътрешна буква спрямо рамата от разглежданата колоос (с № j); ξ - ъгълът на хоризонталната коса деформация на рамата.

Доколкото в традиционните разглеждания с помощта на опростения равнинен модел основната използвана величина “полюсно разстояние” (разстоянието от полюса на завъртане до съответната колоос) се свързва с ъгъла на атака, представляващ съгласно традиционната трактовка на опростения модел съотношението между полюсното разстояние χ_j и радиуса на кривата R (т.е. $\alpha_{j\chi} = \chi_j / R$), ако от израза (5.7.6) отделим така дефинираният ъгъл на атака, който тук ще означаваме с $\alpha_{j\chi}$ и ще наричаме условен ъгъл на атака или детерминиран от полюсното разстояние ъгъл на атака той, както е известно [3,5,8], може да се представи с израза:

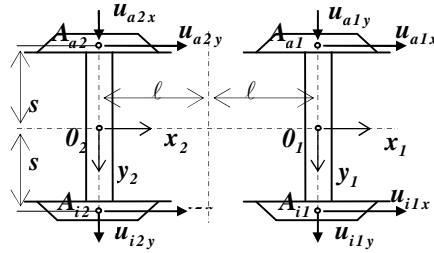
$$(5.7.6) \quad \alpha_{j\chi} = u_{jy} = (-1)^{j+1} \cdot \ell / R + \sigma_2 / 2\ell,$$

представляващ първия член и част от втория член на израза (5.7.5), който, при това положение може да бъде записан в следния вид:

$$(5.7.7) \quad \alpha_{j\chi} = \alpha_{j\chi} + \Sigma_{(x,y,\xi)j}$$

където: с $\Sigma_{(x,y,\xi)j}$ е означена сумата на остатъчните членове от израза (5.7.5), която в разгърнат вид се изразява както следва:

$$(5.7.8) \quad \Sigma_{(x,y,\xi)j} = \frac{-\sigma_1}{2\ell} + \frac{\delta_{s2} - \delta_{s1}}{2\ell} + \frac{I_1 - I_2}{2\ell} - \frac{X_{aj} - X_{ij}}{2b} - \xi$$



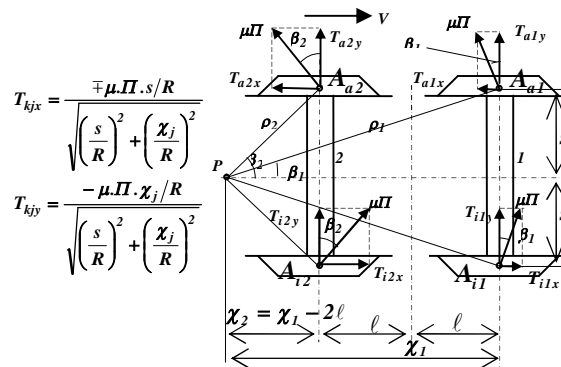
Фиг. 5.7.2.

Относителните скорости на надлъжно и напречно плъзгане (u_{kix} и u_{kij}), определени от изложение до тук зависимости (вж. формули (5.7.4) и (5.7.8)), считани тук като “точни” са нанесени на фиг. 5.7.2 за двусосов екипаж.

5.7.3. Анализ на работните формули. Предложения за по-съвършен опростен модел

5.7.3.1. Идентифициране на относителните скорости на плъзгане в опростения равнинен модел

За да идентифицираме относителните скорости на надлъжно и напречно плъзгане, съдържащи се в опростения равнинен модел, ще изходим от всеизвестните зависимости от този модел за надлъжните и напречни компоненти на силите на плъзгане T_{kix} и T_{kij} (фиг. 5.7.3), определени естествено, при еднакво натоварване на колелата Π и при сухо триене с фиксирана стойност на коефициента на триене μ . На същата фиг. 5.7.3 са нанесени и еквивалентните изрази за силите на плъзгане, получени чрез разделяне на числителя и знаменателя на първичните изрази с R .



$$T_{kix} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot s / R}{\sqrt{\left(\frac{s}{R}\right)^2 + \left(\frac{\chi_j}{R}\right)^2}}$$

$$T_{kij} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot \chi_j / R}{\sqrt{\left(\frac{s}{R}\right)^2 + \left(\frac{\chi_j}{R}\right)^2}}$$

Фиг. 5.7.3

Въз основа на точните изрази за относителните скорости на плъзгане, нанесени на фиг. 5.7.2, могат да се получат за различните контактни точки точните изрази за надлъжните и напречни компоненти на тангенциалните сили на плъзгане T_{kix} и T_{kij} въз основа на известните формули, валидни за зоната на сухо триене (при относителна скорост на плъзгане, превишаваща критичната).

$$(5.7.9) \quad T_{kix} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot u_{kix}}{\sqrt{u_{kix}^2 + u_{kij}^2}}; \quad T_{kij} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot u_{kij}}{\sqrt{u_{kix}^2 + u_{kij}^2}}$$

Прилагайки горните формули за различните контактни точки (колела) при заместване в тях на точните изрази за относителните скорости на надлъжно и напречно плъзгане, получаваме дадените по-долу точни изрази в разгърнат вид за тангенциалните сили на плъзгане, като срещу тях за същите контактни точки, с оглед на удобство за сравняване, са дадени и изразите от фиг. 5.7.3, (където само χ_j/R се заменя с $\alpha_{j\kappa}$ съответстващи на опростения равнинен модел, а именно както следва:

$$(5.7.10) \quad T_{kix} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot (s/R - \Delta r_j / r_{mj})}{\sqrt{(s/R - \Delta r_j / r_{mj})^2 + (\alpha_{jx} + \Sigma_{(x,y,\xi)_j})^2}}; \quad T_{kix\chi} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot s/R}{\sqrt{(s/R)^2 + (\alpha_{jx})^2}}$$

(знака “-“ при $k = a$ и знака “+” при $k = i$)

$$(5.7.11) \quad T_{kij} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot (\alpha_{jx} + \Sigma_{(x,y,\xi)_j})}{\sqrt{(s/R - \Delta r_j / r_{mj})^2 + (\alpha_{jx} + \Sigma_{(x,y,\xi)_j})^2}}; \quad T_{kij\chi} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot \alpha_{jx}}{\sqrt{(s/R)^2 + (\alpha_{jx})^2}}$$

От анализа и сравнението на горните изрази се вижда, че:

1) в опростения равнинен модел относителната скорост на надлъжно плъзгане u_{kix} навсякъде е представена само с единия член, а именно компонентата s/R , която се дължи на разликата между дължините на двете релсови нишки; липсва втория член от точните формули (формули (5.7.6) и (5.7.7)), а именно компонентата $\Delta r_j / r_{mj}$, която се обуславя от разликата между радиусите на търкаляне на двете колела от колооста;

2) в опростения равнинен модел относителната скорост на напречно плъзгане u_{kij} , представляваща ъгъла на атака α_j , е представена само с една част от членовете на точната формула (5.7.6); от липсващите 5 члена на тази формула, съществуват основания да се счита, че в квазистатичен аспект най-голямо внимание заслужава предпоследния член $[-(X_{aj} - X_{ij})/2b]$, формиращ компонентата от завъртане в план на съответната колоос вследствие надлъжната подвижност на буксите спрямо рамата, като не е изключено и други членове на формулата, самостоятелно или в комбинация помежду си, да имат значително влияние.

5.7.3.2. Нов равнинен модел

Съгласно поставената цел – предлаганият тук по-съвършен опростен модел да бъде максимално доближен до традиционно използвания, получаваме в обобщен запис изразите в качеството на работни формули за тангенциалната сила на плъзгане при предлагания модел T_{kix} и T_{kij} , и за сравнение тангенциалните сили $T_{kix\chi}$ и $T_{kij\chi}$ съгласно широко известните формули от традиционния модел.

$$(5.7.10') \quad T_{kix} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot (s - R \cdot (\Delta r_j / r_{mj}))}{\sqrt{(s - R \cdot (\Delta r_j / r_{mj}))^2 + (\chi_j + R \cdot \Sigma_{(x,y,\xi)_j})^2}}; \quad T_{kix\chi} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot s}{\sqrt{s^2 + \chi_j^2}}$$

$$(5.7.11') \quad T_{kij} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot (\chi_j + R \cdot \Sigma_{(x,y,\xi)_j})}{\sqrt{(s - R \cdot (\Delta r_j / r_{mj}))^2 + (\chi_j + R \cdot \Sigma_{(x,y,\xi)_j})^2}}; \quad T_{kij\chi} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot \chi_j}{\sqrt{s^2 + \chi_j^2}}$$

Следователно, в изразите за тангенциална сила на плъзгане навсякъде величината s респ. χ_j в опростения модел съответства на $(s - R \cdot (\Delta r_j / r_{mj}))$ и $(\chi_j + R \cdot \Sigma_{(x,y,\xi)_j})$ в точния модел.

Така чрез използвания тук подход възможностите за създаване на по-съвършен опростен модел, свеждащи се на практика до коригиране на традиционния с цел повишаване на неговата точност – при това, за сметка на минимални усложнения – се очертават в следните направления:

1) чрез добавяне на коригиращия член $(-R \cdot (\Delta r_j / r_{mj}))$ към величината s навсякъде, където тя участва, в опростения модел; това е препоръчително за първа (атакуваща) колоос, за която третираната корекция ще даде най-силно отражение върху резултатите;

2) чрез добавяне на сумата $\Sigma_{(x,y,\xi)_j}$ от остатъчните членове, влизащи във формула (5.7.6) или на някои от тях, по преценка, при което за най-разпространените конструкции със средно големи коравини и хлабини на буксовата връзка се очертава като препоръчително добавяне към величината χ_j навсякъде в изразите от опростения модел на величината $R \cdot (-(X_{aj} - X_{ij})/2b)$ или $R \cdot (-\gamma_j)$, при което $\gamma_j = (X_{aj} - X_{ij})/2b$ е ъгълът на завъртане в план на съответната колоос; това е препоръчително за първа колоос.

При осъществяване на горните препоръки специално за първа колоос, работните формули за тангенциалните сили на плъзгане в контактните точки на колелата с релсите ще добият следния вид:

- за първа колоос:

$$(5.7.12) \quad T_{k1x} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot (s - R \cdot (\Delta r_1 / r_{m1}))}{\sqrt{(s - R \cdot (\Delta r_1 / r_{m1}))^2 + (\chi_1 - R \cdot \gamma_1)^2}}; \quad T_{k1y} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot (\chi_1 - R \cdot \gamma_1)}{\sqrt{(s - R \cdot (\Delta r_1 / r_{m1}))^2 + (\chi_1 - R \cdot \gamma_1)^2}};$$

- за втора колоос:

$$(5.7.13) \quad T_{k2x} = \frac{\mp \mu \cdot \Pi \cdot s}{\sqrt{s^2 + (\chi_1 - 2\ell)^2}}; \quad T_{k2y} = \frac{-\mu \cdot \Pi \cdot (\chi_1 - 2\ell)}{\sqrt{s^2 + (\chi_1 - 2\ell)^2}}$$

Макар че в този вид, при предложените работни формули, радиус векторите ρ_j от полюса на завъртане P до контактните точки A_{kj} няма да бъдат перпендикулярни на резултиращите сили на плъзгане (както е при опростения модел в първоначалния си вид), решаването на системата по принцип не е свързано с каквито и да било допълнителни затруднения при прилагане на статичните уравнения за равновесие на плъзгащите сили T_{k1x} и T_{k1y} по горните формули плюс другите сили, действащи на системата, включително ребордната направляваща сила Y_1 (или Y_1 и Y_2 - в зависимост от разположението на екипажа), която, предполагаме, че действа разделно, както при опростения модел в първоначалния си вид.

При това, навсякъде във формулите средният радиус на колелото r_{mj} спокойно може да бъде заменен с номиналния радиус r .

Препоръчаните работни формули могат да се прилагат по различни методи и подходи, в това число и итерационни, но дори и при най-простото прилагане – с предварително залагане на предполагаема стойност за $\Delta r_j, \gamma_j$ и пр. – във всички случаи се постига значително повишаване на точността на решенията.

Предлагания модел за разлика от традиционно използвания отчита компонентите на скоростта и силите на преплъзване в контактните точки “колело – релса”. При всички случаи резултатите, получени от прилагането на предлагания модел, са многократно по точни в сравнение с получените по традиционния модел.

5.8 Изчислителна част

Примерно построяване на хоризонтален динамичен паспорт на двуосна талига, построен е извършено с програмния продукт Microsoft Office Excel 2003, отпечатано на следващите страници.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]... Ахмаджова, Д. Метод за определяне на характеристиките на буксовите връзки с рамата на талига за пътнически вагони, Дис., С., 2001
- [2]... Димитров, Е. Върху определянето на направляващата способност на локомотивна колоос, Дис., С., 1979
- [3]... Караджов, Т., Ж. Димитров. Вагони, С. Техника, 1988
- [4]... Куценко С. М. и кол., Динамика установившегося движения локомотивов в кривых, Х. Виша школа, 1975
- [5]... Ружеков, Т. и кол., Конструкция, теория и проектиране на локомотиви., С. Техника, 1985
- [6]... Atmadzhova, D. Theoretical and experimental method of determining angle of attack between with rolling stock running in curves, JAHORINA – IRMES' 2002
- [7]... Kalker, J., J.A Fast Algorithm for the Simplified Theory of Rolling Contact. – Internal Report, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 1980
- [8]... Hanneforth, W., W. Fischer. Laufwerke., Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1986, с. 160
- [9]... Hoiman, H. Direction of railway crews by rail wheel, M., Transport, 1957, p.415