

ОПРЕДЕЛЯНЕ ЪГЪЛА НА АТАКА МЕЖДУ КОЛЕЛО-РЕЛСАТА ПРИ ДВИЖЕНИЕТО НА ЖЕЛЕЗОПЪТЕН СЪСТАВ В КРИВИ УЧАСТЪЦИ ОТ ПЪТЯ

Добринка Борисова Атмаджова
atmadzhova@abv.bg

***ВТУ “Тодор Каблешков”, София, ул. “Гео Милев” №158, София
България***

Ключови думи: подвижен железопътен състав, системата кош-рама-колооси-път, ъгъл на атака

Резюме: В статията е разработен метод за теоретично и експериментално определяне на ъгъла на атака, чрез който за първи път са регистрирани ъгли на атака на колоосите при изпитване на подвижен железопътен състав в реални експлоатационни условия. Изгражда се аналитичен апарат с отчитане на възможните премествания в системата кош-рама-колооси-път, включително и хоризонталните коси деформации на рамата. Получените зависимости са ориентирани и удобни за експериментално определяне на ъгъла на атака в реални експлоатационни условия.

1. Въведение

Ъгълът на атака между колелата на релсовото возило и релсите е един от основните показатели на взаимодействие между ПЖПС и релсовия път [1,2]. Той има първостепенна и определяща роля по отношение на износването на ребордите и безопасността срещу дерайлиране, въпреки че в някои изследвания, заслужаващи иначе висока оценка, като първостепенен фактор за тези процеси се изтъква единствено направляващото ребордна сила респ. общият страничен натиск между колелото (колооста) и релсовия път [3]. Очевидно, подобни трактовки могат да се обяснят с някои традиционно насложени схващания и подходи и най-вече с липсата на надеждни методи за определяне на ъгъла на атака между колелото и релсата. В същност направляващата ребордна сила е фактор-следствие, а първостепенният фактор е ъгълът на атака поради определящото му влияние върху нея и най-вече поради пряката му връзка с

геометрията на контакта между колелата и релсите, а чрез това – с геометрията и кинематиката на триенето и износването на същите.

Изложението е акцентирано към двуосов жп екипаж (талига) и в почти всички случаи при разсъжденията се изхожда от класическият тип колооси с твърдо свързани към оста колела, но при необходимост задачата лесно може да бъде адаптирана към несвързани с оста или съвсем самостоятелни колела, а също така – към многоосов екипаж.

2. Основни зависимости – теоретичен модел

Ъгълът на атака между колелата и релсите е една от величините, характеризиращи взаимното разположение и взаимодействието между железопътният екипаж и релсовия път в крива. Тъй като за тази цел до сега е широко използвана величината (критерия) “полюсно разстояние”, т.е. разстоянието от полюса на завъртане на екипажа до съответната колоос [4, 5, 6], тук най-напред ще изходим от тази величина (критерии), като ще се опитаме да разширим приложението и, излизайки вън от рамките на класическия и широко използван опростен равнинен модел с твърдо свързани колооси с рамата.

Нека в системата “рама - колооси (букси) – релси”, представена на фиг.1, с $\mathbf{a}_0\mathbf{b}_0$ е обозначено началното положение на надлъжната ос на рамата на екипажа (талигата), а с \mathbf{S}_a и \mathbf{S}_i - съответно външната и вътрешна релсови нишки, условно доближени помежду си на разстояние Δ , равно на общата хлабина между ребордите на колооста и вътрешните стени на релсите.

В тази система първоначално ще проследим изменението на полюсното разстояние в зависимост от всички възможни напречни премествания в системата (по ос y); знаците на тези премествания ще приемем за положителни или отрицателни, ако съвпадат с положителната или отрицателната посока на оста y .

Тъй като началното разположение $\mathbf{a}_0\mathbf{b}_0$ съответства на хордовото разположение на оста на екипажа при предпологане на твърда връзка на колоосите с рамата и идеално равен и недеформируем релсов път в хоризонтално направление, очевидно полюсът на завъртане ще се намира в средата на отсечката $\mathbf{a}_0\mathbf{b}_0$ и полюсното разстояние за първа колоос ще бъде $\chi_1^0 = \overline{\mathbf{P}_0\mathbf{a}_0} = \ell_D$, а за втора колоос - $\chi_2^0 = \overline{\mathbf{P}_0\mathbf{b}_0} = -\ell_D$ (където ℓ_D е половината на базата (междуосието) на екипажа.

Обаче при отчитане на сумарните хоризонтални неравности δ_{S1} и δ_{S2} на релсовия път (вж. кривата \mathbf{S}'_a) в местата на първа и втора колооси, представени с точки \mathbf{a}_1 и \mathbf{b}_1 , при вземане под внимание на знаците на неравностите (преместванията), ъгълът θ_1 на завъртане на оста $\mathbf{a}_1\mathbf{b}_1$ спрямо началното хордово положение $\mathbf{a}_0\mathbf{b}_0$ ще съставлява:

$$(1) \quad \theta_1 = (\delta_{S2} - \delta_{S1})/2\ell_D$$

Същата стойност θ ще има и централният ъгъл между отсечките $\overline{\mathbf{CP}_0}$ и $\overline{\mathbf{CP}_1}$, представляващи перпендикуляри към оста на рамата на екипажа, спуснати от

центъра на кривата C , следователно при новото положение $\mathbf{a}_1\mathbf{b}_1$ полюсното разстояние за първа колоос ще съставлява:

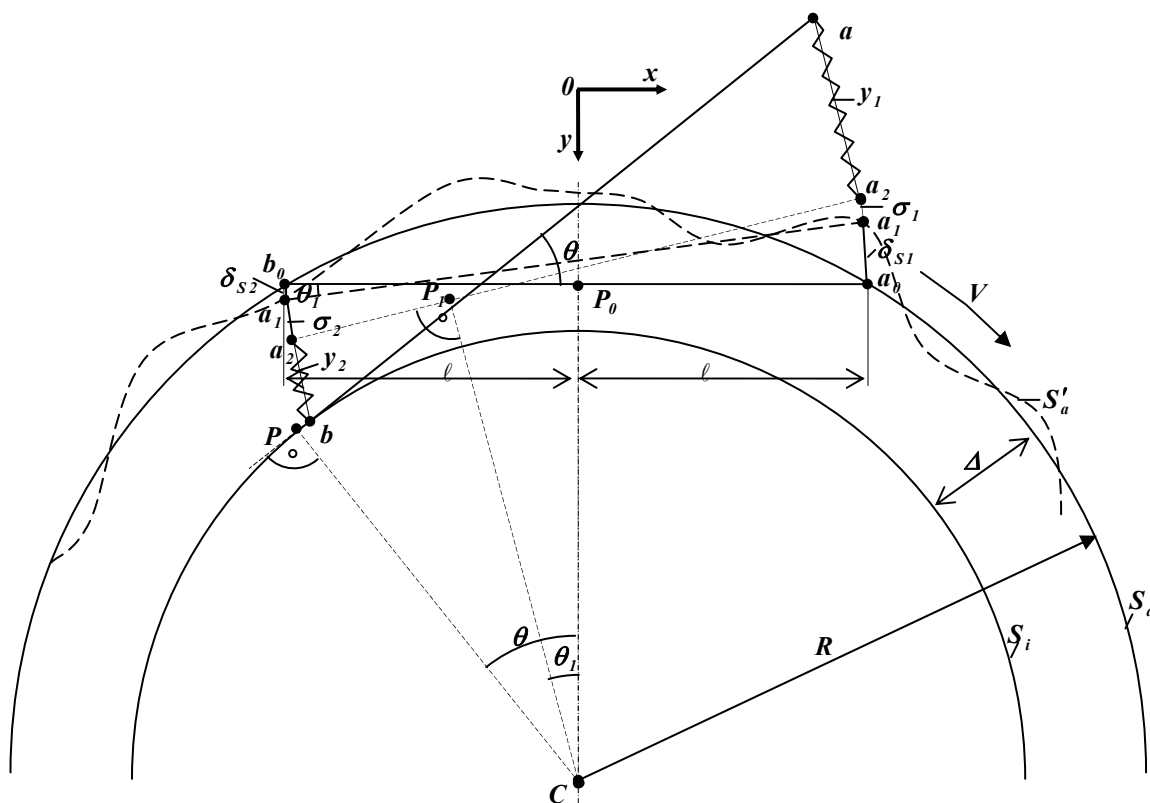
$$(2) \quad \chi'_1 = \overline{P_1 a_1} = l_D + \theta_1 R = l_D + \frac{\delta_{S2} - \delta_{S1}}{2l_D} R$$

$$(3) \quad \chi'_2 = \overline{P_1 b_1} = -l_D + \theta_1 R = -l_D + \frac{\delta_{S2} - \delta_{S1}}{2l_D} R$$

Процедирайки по същия начин и по отношение на останалите напречни премествания в системата, а именно:

- напречните премествания (разстояния или хлабини) между ребордите и външната релса $\sigma_1 = \overline{a_1 a_2}$ и $\sigma_2 = \overline{b_1 b_2}$ (съответно за първа и втора колооси) и предизвиканите от тях завъртания на екипажа на ъгъл $\theta_2 = (\sigma_2 - \sigma_1) / 2l_D$ (не означен на фиг.1);

- напречните премествания на екипажната рама спрямо колоосите (буксите) $y_1 = \overline{a_2 a}$ и $y_2 = \overline{b_2 b}$ (в местата на средите на буксите) и предизвиканото от тях завъртане на екипажната рама на ъгъл $\theta_3 = (y_2 - y_1) / 2l_D$,



Фиг. 1

то при окончателното (и прието за фактическо) разположение на надлъжната ос на екипажната рама \mathbf{ab} сумарният ѝ (приет за фактически) ъгъл на завъртане θ спрямо началното хордово положение $\mathbf{a}_0\mathbf{b}_0$ ще съставлява:

$$(4) \quad \theta = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = \frac{\delta_{S2} - \delta_{S1}}{2\ell_D} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\ell_D} + \frac{y_2 - y_1}{2\ell_D}$$

и съответстващото на него полюсно разстояние за фактическото разположение \mathbf{ab} при гореразглежданите премествания в системата може да се изрази както следва:

$$(5) \quad \chi_1 = \overline{\mathbf{Pa}} = \ell_D + \theta R \quad (6) \quad \chi_2 = \overline{\mathbf{Pb}} = -\ell_D + \theta R$$

В най-общия случай, при разглеждане на многоосов екипаж с n броя оси, полюското разстояние χ_j за коя да е колоос (с № j) може да се представи с израза:

$$(7) \quad \chi_j = \ell_D - \ell_j + \left(\frac{\delta_{S_n} - \delta_{S1}}{2\ell_D} + \frac{\sigma_n - \sigma_1}{2\ell_D} + \frac{y_n - y_1}{2\ell_D} + \right) R$$

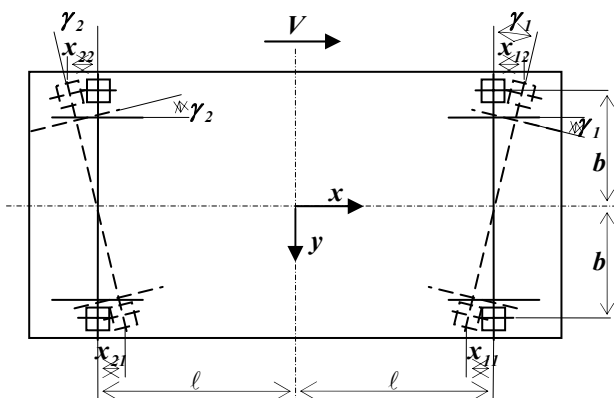
където: ℓ_j е разстоянието от първа колоос до разглежданата произволна колоос с № j ($j = 1, 2 \dots n$).

Ако се разглеждат и възможните надлъжни премествания в системата, а именно:

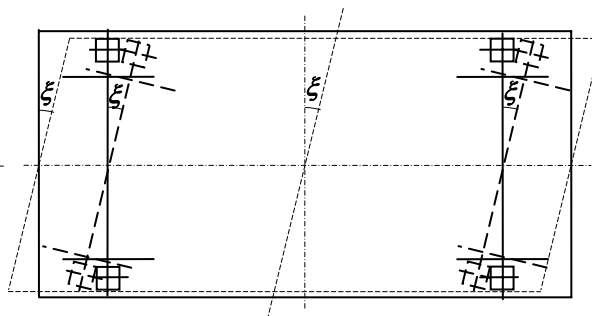
- надлъжните премествания, съгласно фиг.2, на колоосите (буксите), намиращи се на напречно разстояние $2b$, спрямо рамата \mathbf{x}_{1k} и $\mathbf{x}_{1k\pm 1}$ (за буксите от страната на външното (атакуващото) респ. Вътрешно колело от първа колоос) и \mathbf{x}_{2k} и $\mathbf{x}_{2k\pm 1}$ (за буксите от страната на външното респ. вътрешно колело от втора колоос), обуславящи завъртания на колосите спрямо рамата на ъгли γ_1 и γ_2 , определени от изразите:

$$(8) \quad \gamma_1 = \frac{x_{1k} - x_{1k\pm 1}}{2b}, \quad \gamma_2 = \frac{x_{2k} - x_{2k\pm 1}}{2b}$$

- хоризонтално косо деформиране на екипажната рама на ъгъл ξ (вж. фиг.3), обуславящо завъртане на колоосите спрямо надлъжната ос на рамата на същия ъгъл ξ , се вижда, че тези премествания не предизвикват изменение на полюското разстояние χ_1 респ. χ_2 . От друга страна, обаче, е очевиден фактът, че въпросните надлъжни премествания представляват част от величините, характеризиращи взаимното разположение между елементите на системата “рама – колооси (букси) – релси” и при това – важни величини, дори определящи качеството на екипажа “проходимост” в криви.



Фиг.2



Фиг.3

Следователно, традиционно използвания показател “полюсно разстояние” дори за най-простия случай на двуосов жп екипаж, не може да представлява критерий, отговарящ на условията за адекватно характеризиране на взаимното разположение между елементите на екипажа и релсовия път и за формиране на еднозначна оценка по отношение на важни качества на екипажа. На тези условия отговаря величината “ъгъл на атака” между колелата и релсите. Използването на тази именно величина като показател (критерий) за характеризиране на взаимното разположение на елементите в системата “рама – колооси (букси) – релси” и за оценка на особено важни качества на екипажа при вписването му в крива е целесъобразно и дори наложително за съвременните и перспективни екипажи (талиги) и най-вече за тези с радиално направлявани колооси (за осъществяване на т.н. радиално вписване в криви).

Така при отчитане само на напречните премествания в системата, както се вижда от геометричните зависимости на фиг.1, стойностите на ъгъла на атака за първа и втора колоос (от двуосов екипаж) и за j – та колоос (от n – осов екипаж) ще съставлява съответно:

$$(9) \quad \alpha_1 = \chi_1 / R, \quad \alpha_2 = \chi_2 / R, \quad \alpha_j = \chi_j / R$$

При отчитане не само на напречните, но и на надлъжните премествания в системата, стойностите на ъгъла на атака ще се получат очевидно, като към израза (9) се прибавят ъглите на завъртане на колоосите спрямо надлъжната ос на рамата $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_j$ и ξ .

Следователно, в общата постановка, при отчитане на всички възможни хоризонтални премествания в системата “рамата – колооси – релси” ъгълът на атака за j - та колоос ($j = 1, 2, \dots, n$) от многоосов екипаж с n – оси може да се представи със следният израз:

$$(10) \quad \alpha_j = \frac{l_D - l_j}{R} + \frac{\delta_{S_n} - \delta_{S_1}}{2l_D} + \frac{\sigma_n - \sigma_1}{2l_D} + \frac{y_n - y_1}{2l_D} - \frac{x_{jk} - x_{jk\pm 1}}{2b} - \xi$$

При разглеждане на заслужаващата най-голямо внимание първа (водеща или направляваща) колоос от най-широко разпространения двуосов екипаж (талига), в приблизителен аспект, от израза (10) могат да отпаднат:

- вторият член – поради сравнително малките стойности на преместванията (сумарните фактически неравности δ_{S1} и δ_{S2}), които при това представляват стационарни случайни функции с нулево математическо очакване и очевидно, не са в състояние да внесат изменение в средната стойност на ъгъла на атака, формирана в квазистатичен аспект;

- последният член, т.е. ъгълът на хоризонталното косо деформиране на рамата ξ - поради сравнително ниските му стойности при болшинството съвременни конструкции;

- величината σ_1 , т.е. разстоянието между реборда и релсата на атакуващото колело – тъй като стойностите му, независимо от това дали са положителни или отрицателни, по абсолютна стойност са сравнително ниски.

Отчитайки тези съображения, за болшинството съвременни конструкции ъгълът на атака α_1 би могъл да се определи с умерено приближение по формулата:

$$(10a) \quad \alpha_1 \approx \frac{\ell_D}{R} + \frac{\sigma_2}{2\ell_D} + \frac{y_2 - y_1}{2\ell_D} - \frac{x_{1k} - x_{1k\pm 1}}{2b},$$

а в случаите на сравнително твърда връзка “букса – рама” в хоризонтално надлъжно и напречно направление, при наличие на достатъчни основания за това, с още по-грубо приближение би могла да се приложи формула (10a) без последните два члена, т.е.

$$(10b) \quad \alpha_1 \approx \frac{\ell_D}{R} + \frac{\sigma_2}{2\ell_D}.$$

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Величината “ъгъл на атака” между колелата и релсите е не само основен критерии за взаимодействието между подвижния жп състав и железния път при движение в криви, но също така критерии за адекватно характеризиране на взаимното разположение между елементите в системата “рама – колооси – релси”, поради което неговото използване е целесъобразно и наложително за съвременните и перспективни жп екипажи (талиги) и особено за тези с радиално направлявани колооси.

2. От уравненията, изразяващи взаимното разположение между елементите на системата “рама – колооси – релси” в развитите тук теоретични зависимости, ъгълът на атака между колелата и релсите се определя за най-общия случай при отчитане на всички възможни хоризонтални премествания в системата; поради това, споменатите уравнения и в частност зависимостите за определяне на ъгъла на атака могат да се прилагат без каквито и да било ограничения – при най-различни схеми и конструкции на ходовата част на жп возила.

ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Anderson, E. ASEA Journal, 1986, №2, p. 18-23
- [2.] Atmadzhova, D. Methods for determinations of characteristic an bush tie with frame for pushcart an coaches, Thesis Higher School of Transport “Todor Kableshkov”, S., 2001
- [3.] Hanneforth, W., W. Fischer. Laufwerke., Transpress VEB Verlag fur Vekehrswesen, Berlin 1986, c. 160
- [4.] Hoiman, H. Direction of railway crews by rail wheel, M., Transport, 1957, c.415
- [5.] Karadzhov, T., Zh. Dimitrov. Coaches, S. Technical, 1988, 276 p.

A METHOD OF DETERMINING ANGLE OF ATTACK BETWEEN WHEEL AND RAIL WITH ROLLING STOCK RUNNING IN CURVES

Dobrinka Atmadzhova

*Higher Transport school “T. Kableshkov”
Bulgaria, Geo Milev str. 158*

***Key words:** rolling stock, system body – bogie base - car axles – track, attack angle*

***Abstract:** The paper develops a method of determining the attack angle. It has been used to register the attack angles with rolling stock testing under real operational conditions for the first time. For the purpose analytical theoretical apparatus has been created with reading the possible replacements within the system body – bogie base - car axles – track including the horizontal straight body-base formations. The dependencies obtained are convenient for experimental determining the attack angle under real operational conditions.*