Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 14, брой 3/3, 2016 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 1345**

ОСОБЕНОСТИ ПРИ РАБОТА НА КАРДАНЕН ВАЛ КЪМ ТРАМВАЙНА ТАЛИГА С ГРУПОВО ЗАДВИЖВАНЕ НА КОЛООСИТЕ

Емил М. Михайлов
emm_1968@abv.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков",
катедра „Транспортна техника",
ул. „Гео Милев" 158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *трамвайна мотриса, карданен вал, съединител на Хук*

Резюме: *Този материал се отнася за трамвайните мотриси типове Т6М 700 и Т8М 700 М, експлоатирани в град София. Тези мотриси са с групово задвижване на колоосите и движението от тяговите електродвигатели до колоосните редуктори се предава чрез карданни валове. Двигателите са окачени на рамата на коша, а в крива двигателните талиги се завъртат спрямо коша под ъгъл до 11 градуса.*

Статистиката на аварийните откази по ходовата част и силовото предаване при тези мотриси за периода 2009 – 2015 година показва, че от общо 210 отказа за периода 68 (32,4 %) са по карданните валове предаващи движението от тяговите електродвигатели до първия в кинематичната верига колоосен редуктор.

Данните от трамвайно депо „Банишора" показват, че в същия период за ремонт са давани 828 броя дълги карданни валове. Карданните валове, предаващи движението от тяговите електродвигатели са от товарен автомобил МАЗ 503. Макар, че при товарните автомобили карданните валове понасят сходни по големина натоварвания няма данни за подобни проблеми.

В статията се разглежда геометричното положение на карданния вал когато мотрисата преодолява крив участък от пътя. Тогава трите части на карданния вал се намират в две равнини: първата определена от задвижващия и междинния валове; втората – от междинния и задвижвания. Двете равнини се намират под ъгъл една спрямо друга и втората карданна връзка вече не компенсира неравномерността на движението между двете.

1. УВОД

От 80-те години на XX век в град София се експлоатират трамвайни мотриси (ТМ) типове Т6М 700 и Т8М 700 М. Конструктивно тези мотриси са с групово задвижване на колоосите на двигателните талиги. Двигателния въртящ момент от тяговите електродвигатели (ТЕД) до колоосните редуктори се предава чрез карданни валове. Двигателите са окачени на рамата на коша, а в крива двигателните талиги се завъртат спрямо коша под ъгъл до 11 градуса.

Особеността при работата на карданния вал е геометричното му положение когато мотрисата преодолява крив участък от пътя. Тогава втората карданна връзка вече

не компенсира неравномерността на движението между задвижващия и задвижвания валове и трите части на карданния вал се намират в различни равнини.

2. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Анализът на статистически данни на аварии за периода 2009 – 2015 година на отдел „Аварийна служба” [1] – звено за спешна техническа помощ на „Столичен електротранспорт” ЕАД, показват, че от общо 210 аварии по ходовата част и силовото предаване на талигите Т81 отказите по групата „ТЕД - дълъг карданен вал – входящ вал на колоосен редуктор” са 68 броя. Същевременно по данни на трамвайно депо „Банишора” за същия период на ремонт са подлежали 828 броя карданни валове.

При конструиране на трамвайните мотриси типове Т6М 700 и Т8М 700 М е възприето групово задвижване на колоосите на двигателните талиги. За целта е предвидено движението (фиг. 1.) от ТЕД (1) до първия по кинематичната верига колоосен редуктор (2) да се предава от карданен вал (3) за товарен автомобил МАЗ 503. Задвижващата вилка на първото карданното съединение – шарнир А, е захваната чрез шлицова връзка към вала на ротора. Задвижваната вилка на второто карданно съединение – шарнир Б, е захваната чрез шлицова връзка към входящия вал на редуктора.

Работната дължина на междинния вал е 2220 mm [2]. Работните ъгли са: на шарнир А е $\gamma_A = \pm 6°$, а на шарнир Б е $\gamma_B = \pm 17°$.

3. РАБОТНИ ПОЛОЖЕНИЯ НА КАРДАННИЯ ВАЛ

За правилната работа на карданните валове трябва да са изпълнени следните условия [3,4]:

1. Двата шарнира да работят под еднакъв ъгъл: $\gamma_A = \pm \gamma_B$;
2. Вилките на междинния вал да са в една равнина: $\psi = 0$;
3. Водещият, междинния и водимия валове да са в една равнина;
4. Ако трите вала не са в една равнина, то:
   - Вилката на шарнир А на междинния вал трябва да е в равнината, определена от осите на водещия и междинния валове,
   - Вилката на шарнир Б на междинния вал трябва да е в равнината, определена от осите на междинния и водимия валове.

3.1. Работно положение на карданния вал в прав участък от пътя.

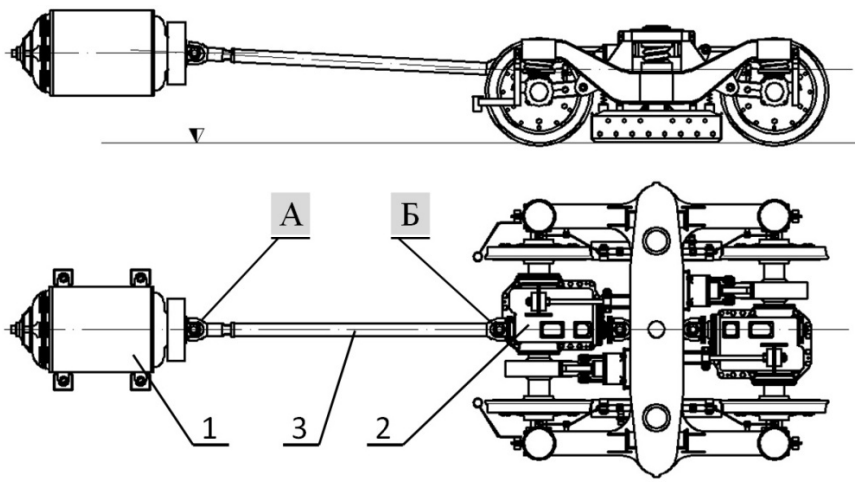
При движение в прав участък от пътя тяговият електродвигател, карданния вал и колоосния редуктор са в положения, които напълно удовлетворят изискванията за нормална работа.

На фигура 1. е показано взаимното положение на ТЕД и двигателна талига Т 81 на ТМ в прав участък под тара. Под товар пружинните комплекти на двете степени на ресорното окачване се свиват и карданния вал застава в хоризонтално положение или близко до него.

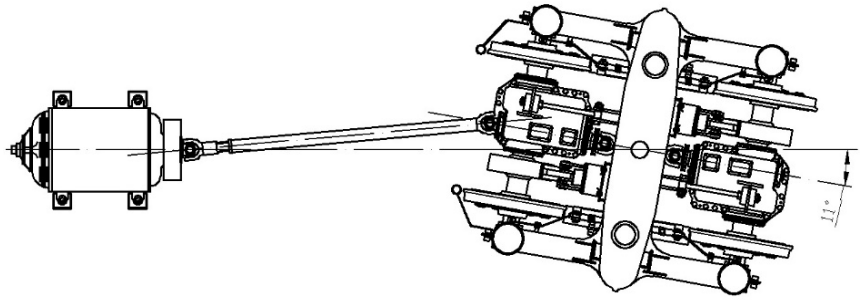
3.2. Работно положение на карданния вал в крив участък от пътя.

При преодоляване на крива двигателните талиги се завъртат спрямо надлъжната ос на мотрисата (фиг. 2.). Максимално предвиденото завъртане е 11 градуса. Тогава има разлика в положението на карданния вал в зависимост от натоварването на мотрисата.

Завъртането на двигателната талига спрямо коша при движение в крив участък с R = 18 m е 10 градуса. Тогава, най-общо $\gamma_A = \pm 5°$ и $\gamma_B = \mp 15°$.



Фиг. 1. Положение на талигата и карданния вал спрямо тяговия електродвигател в права.



Фиг. 2. Положение на талигата и карданния вал спрямо тяговия електродвигател в крива.

4. РАБОТА НА КАРДАННИЯ ВАЛ В КРИВА КОГАТО ТМ Е ПОД ТОВАР

Когато мотрисата е под товар двете степени на ресорното окачване са свити и карданния вал е в почти хоризонтално положение, т.е. трите части са в хоризонталната равнина с незначителни отклонения. Тогава единствено условието двата шарнира да работят под един и същ ъгъл не е изпълнено. Степента на неравномерност δ за двата шарнира е различна [3].

(1) $\delta = \sin\gamma . \tan\gamma$

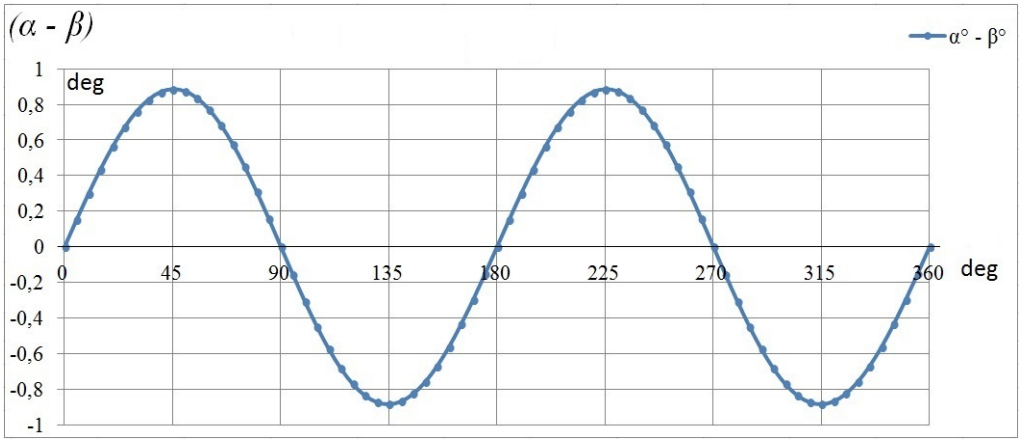
При стойностите на $\gamma_A = \pm 5°$ и $\gamma_B = \mp 15°$ степента на неравномерност пресметната по (1) на двата шарнира е $\delta_A = 0,0076251$ и $\delta_Б = 0,0693504$. Непогасената неравномерност след втория шарнир е $\delta_{Б-А} = 0,0617252$.

Влиянието на γ_A и γ_B върху ъгъла на завъртане на водимия вал $(\alpha - \beta)$ се пресмята по:

(2) $\tan\beta = \dfrac{\cos\gamma_Б}{\cos\gamma_A}\tan\alpha$,

като α и β са ъглови координати на водещия и водимия валове.

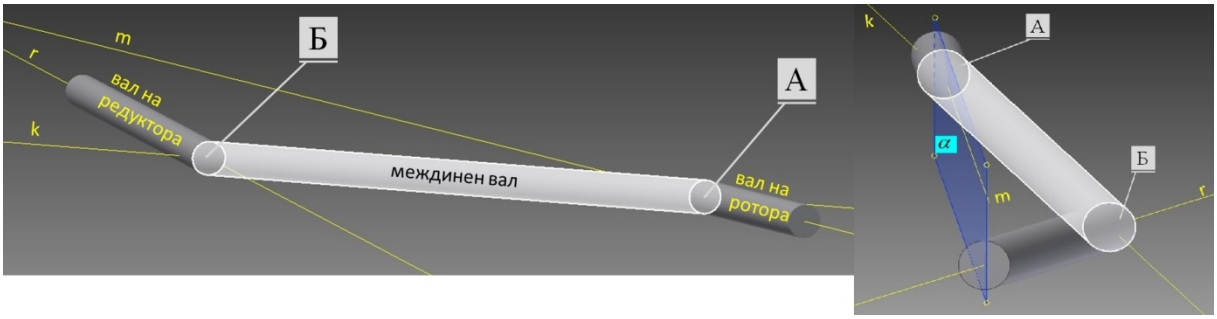
Разликата (фиг. 3.) в ъгловите координати за един оборот на водещия и водимия валове $(\alpha - \beta)$ при $\gamma_A = 5°$ и $\gamma_B = 15°$ достига стойности $(\alpha - \beta) = \pm 0,884°$.



Фиг. 3. Диаграма на разликата при ъгловите координати на водещия и водимия валове за един оборот (360°).

5. РАБОТА НА КАРДАННИЯ ВАЛ В КРИВА КОГАТО ТМ Е ПОД ТАРА

При преодоляване на крива когато ТМ е под тара карданният вал заема сложно геометрично положение в пространството (фиг. 4.) спрямо надлъжната вертикална равнина α на ТМ. Осите на водещия и водимия валове не се пресичат, а се кръстосват над оста на централния болт на талигата. Тогава трите части на карданния вал се намират в две равнини: първата определена от водещия и междинния валове; втората – от междинния и водимия.



Фиг. 4. Положение на елементите на карданното предаване в пространството спрямо вертикалната надлъжна равнина на мотрисата.

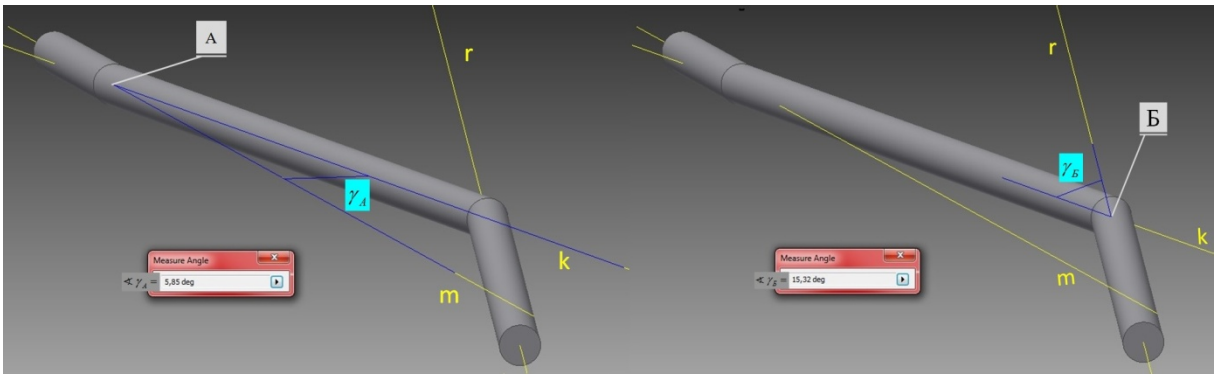
На фигурите от 4. до 7. с главни букви А и Б са означени шарнирите на карданния вал. Осите на водещия, междинния и водимия валове са означени съответно с m, k и r. Надлъжната вертикална равнина на ТМ е означена с α. Равнините определени от водещия и междинния валове и междинния и водимия, съответно с δ_A и $\delta_Б$. Ъгълът между равнините δ_A и $\delta_Б$ е означен с φ.

Фигурите са построени с помощта на Autodesk Inventor Pro 2012 в реален мащаб при допускането за максимално завъртане на талигата при радиус на крива R = 18 m.

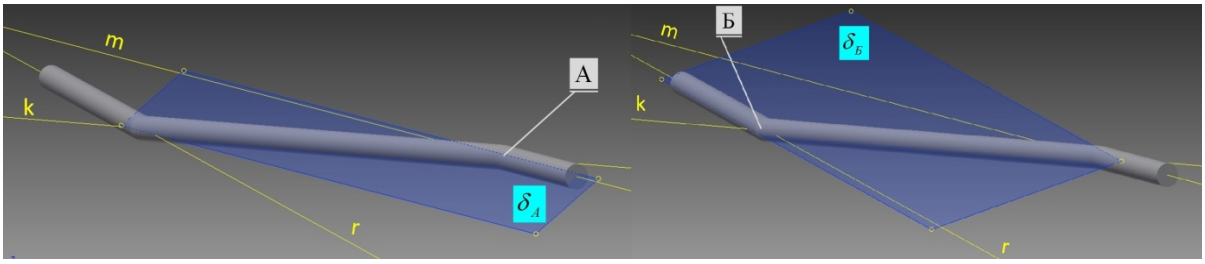
От фигура 5. са определени стойностите на $\gamma_A = 5,85°$ и $\gamma_B = 15,32°$. По същият начин са определени равнините (фиг. 6.) определяни от водещия и междинния валове δ_A и междинния и водимия валове $\delta_Б$. От фигура 7. е определен ъгълът $\varphi = 19,47°$ заключен между δ_A и $\delta_Б$.

Това положение на карданният вал влиза в противоречие с всички условия за нормална работа изброени в т. 3.

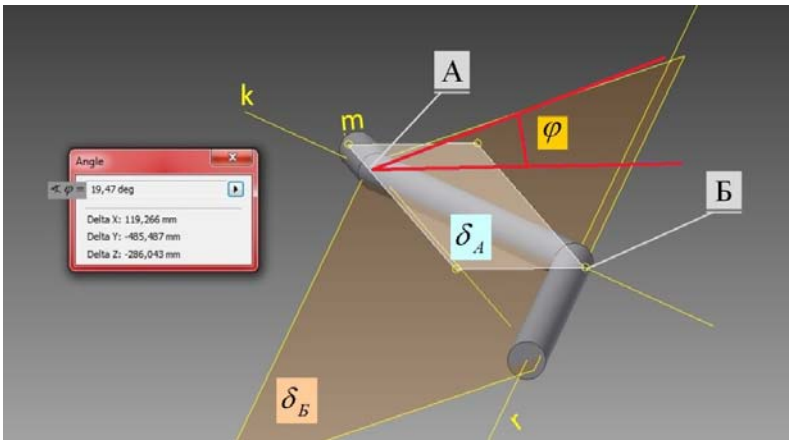
При движение в прав участък условието $\psi = 0$ е изпълнено, но в крив участък за да е изпълнено условие 4. трябва стойността да е $\psi = \varphi = 19,47°$.



Фиг. 5. Определяне на ъглите на наклон в карданните съединения.



Фиг. 6. Определяне на равнините определяни от водещия и междинния валове и междинния и водимия валове.



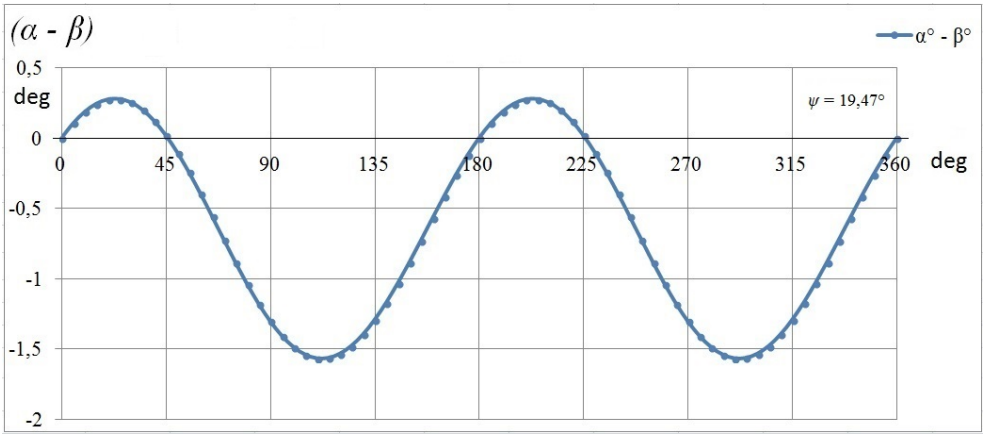
Фиг. 7. Определяне на ъгъл между равнините определяни от водещия и междинния валове и междинния и водимия валове.

При граничните стойности на $\gamma_A = 5,85°$ и $\gamma_B = 15,32°$ степента на неравномерност пресметната по (1) на двата шарнира е $\delta_A = 0,0104430$ и $\delta_Б = 0,0723787$. Непогасената неравномерност след втория шарнир е $\delta_{Б-A} = 0,0619358$.

Влиянието на γ_A и γ_B върху ъгъла на завъртане на водимия вал $(\alpha - \beta)$ [3] при $\psi \neq 0$ се пресмята по:

(3) $$\tan\beta = \frac{\cos\gamma_Б . \tan\alpha\left(1+\tan^2\psi\right)}{\cos\gamma_A - \tan\alpha . \tan\psi + \cos^2\gamma_Б . \tan\psi\left(\tan\alpha + \tan\psi . \cos\gamma_A\right)}$$

Разликата (фиг. 8.) в ъгловите координати за един оборот на водещия и водимия валове $(\alpha-\beta)$ при $\gamma_A = 5,85°$, $\gamma_B = 15,32°$, $\varphi = 19,47°$ и радиус на крива R = 18 m заема стойности $(\alpha-\beta) = (-1,566° \div +0,279°)$.



Фиг. 8. Диаграма на разликата при ъгловите координати на водещия и водимия валове за един оборот (360°) при ψ = 19,47°.

От диаграмата $(\alpha-\beta)$ на фигура 8. се вижда, че неравномерността на въртене на водимия вал не е симетрична. Същевременно графиката се променя в зависимост от взаимното положение на трите вала. Този процес може да се повтаря знакопроменливо за много кратко време.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представените по-горе изчисления може да се направи извода, че условията на работа на карданния вал при трамвайните талиги с групово задвижване влияят неблагоприятно върху надеждността на групата „ТЕД - дълъг карданен вал – входящ вал на колоосен редуктор”.

Решение на проблема може да се намери със смяна на асинхронните шарнири на Хук с подходящи за условията на работа синхронни съединители.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Аварийна служба, „Бюлетин за авариите”, „Столичен електротранспорт” ЕАД – София, 2009 – 2015 г.
[2] Завод за трамваи „София“, Конструкторска документация на трамвайна талига Т 81, чертеж Т-81 01.04.00.00 Д / 1989 г.
[3] Христов Д. и др., „Пресмятане и конструиране на машинни елементи”, С, Техника, София, 1980 г.
[4] Ралев Д., „Основи на конструирането”, ВТУ „Т. Каблешков”, Електронно издание, инв. 36-1/2005, София, 2004 г.

SPECIFICS IN THE WORK OF THE CARDAN SHAFT OF THE TRAM BOGIES IN GROUP DRIVE OF THE WHEELSETS

Emil M. Mihaylov
emm_1968@abv.bg

Todor Kableshkov, University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA

Key words: *tram, cardan shaft, Hooke joint, Hooke's joint, Cardan joint*

Abstract: *This material refers to trams types T6M 700 u T8M 700 M, which are in use in Sofia. These trams have a group propel of the wheelsets and the movement of the traction motors to the wheelset reducers is transmitted through cardan shafts. The engines are hung on the body frame and in the curve the motor bogies are turned to the basket at an angle up to 11 degrees.*

The statistics of emergency failures the chassis and powertrain in these trams for the period 2009 - 2015 year shows that out of 210 accidents for the period 68 (32.4%) are on the cardan shafts transmitting the movement of traction motors to the first in the kinematic chain wheeled reducer. Data from the depot "Banishora" showed that in the same period of repair have been given 828 long cardan shafts.

Cardan shafts transmitting the movement from the traction motors are from MAZ 503 trucks. Although in trucks the cardan shafts tolerate similar sized loads there is no evidence of such problems.

The article examines the geometric position of the cardan shaft when the train overcomes curved section of the track. Then the three parts of the cardan shaft are located in two planes: one determined by the drive and intermediate shafts; the second - the interim and drives. The two planes are at an angle to each other and the second cardan joint no longer compensates the uneven movement between the two.