PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2016, volume 55, book 2
НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ - 2016, том 55, серия 2
SAT-1.307-2-MME-03

“Преоткриване” на тангенциалната сила

Иван Грозев

“Rediscovery” of the Tangential Force

Ivan Grozev

Abstract: The definition generally accepted of ‘Tangential Force’ relative to the ‘Moment of Inertia’ of a rigid body reduced to a "Point Mass" leads to the reduced calculative result compared to the correct result by up to 50 percent or more. Despite its increase by the freely accepted ‘Safety Coefficient’ K>1, the strength estimates are considered as unreliable.

To overcome this unacceptable uncertainty, we hereby propose to use the ratio of the Moment of Movement Amount towards the Action of Force Arm in relation to its Center of Rotation. However, the ‘Moment of Inertia’ is always present in this Moment which, should it be considered as a whole real configuration of the rigid body rather than a "Point Mass", shall give the correct Value of Force.

Inevitably, all this should initiate the adoption and use of the definition newly proposed herein of ‘Tangential Force’.

Keywords: Tangential force, moment of inertia

ВЪВЕДЕНИЕ

1.- Досегашно състояние на проблема

Парадоксално е, но факт, че зад привидния абсурд на избраното тук заглавие стои самата истина! Става дума за добре известната тангенциална сила F_t, като в научно-техническата литература [1],...,[9] тя и останалите приети до сега три вида инерционни сили - линейната, нормалната и тъй нар. кориолисова са дефинирани не спрямо реално тяло, а изключително за условно приета „МАТЕРИАЛНА ТОЧКА" („м.т.") .Това е точка „C" (фиг.1,...,4), която е център на тежестта (ц.т.) на тялото, където се допуска, че е съсредоточена цялата му маса m. Но се оказва, че конкретно така определената тангенциална сила е строго вярна единствено за тяло, чиито инерционен момент J е само от „м.т.":

$$J_{\bullet} = m.\ell_c^2 \; [kg.m^2] \; , \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

където $\ell_c = \overline{OC}$ [m] - рамото от ц.т. до ротационния център (р.ц.) - точка „O", което приемаме условно за рамо на действие на тангенциалната сила. А тази „м.т." в действителност на никого до сега не бе направила впечатление, с може би, единствено известно изключение при холандския физик Христиан Хойгинс [6]. Той през 1659г. се досеща да използва „сложно" („физично") махало като надеждно физично средство за точно отмерване продължителността на времето. Във връзка с това, едно от неговите научни достижения е, че изнамира и използва израз, известен днес като „приведена дължина":

$$\ell_{np.} = \frac{J}{m.\ell_c} [m] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

чрез която се определя точното кинетично съответствие на „физичното"(фиг.2) спрямо „простото"(„математично") махала. Но именно в това е пряката връзка между инерционните моменти на тези два вида махала, т.е. между едно тяло с реален инерционен момент J и такова от „м.т." $J_\bullet$, в резултат на което с негова помощ (2) вече става възможно определяне на съотношението между тангенциалните сили на едно реално тяло F_c спрямо от на „м.т."($F_\bullet$). Т.е.:

$$\frac{\ell_{np}}{\ell_c} = \frac{J_c}{J_\bullet} = \frac{F_c}{F_\bullet} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Но за съжаление, това вярно решение „потъва" в забрава неизползвано и до ден-днешен, като тангенциалната сила F_t за различните тела се приема да се определя единствено от популярния израз, верен само за тяло от „м.т.":

$$F_{t\bullet} = m.\ell_c.\mathcal{E} \,[N] \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Така дефинирана тангенциалната сила F_t погрешно се третира за безупречна за всяко тяло без оглед на инерционния му момент.

2.- Как е бил определен израза (4) за тангенциалната сила?

В общия случай въпросната сила F_t може да се разглежда като функция на отношението на кинетичния момент $M_к$ на тялото към-то рамото ℓ_c (фиг.1,...,5) на действие на същата сила върху него, приложена, например, в ц.т. му - точка „С":

$$F_t = \frac{M_к}{\ell_c} [N] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

А на свой ред, този кинетичен момент $M_к$ по дефиниция е произведение на инерционния момент J на тялото с ъгловото му ускорение $\mathcal{E}$:

$$M_к = J.\mathcal{E} \; [N.m] \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Тогава, като заместим последното в (5) се получава:

$$F_t = \frac{J.\mathcal{E}}{\ell_c} [N], \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

от където е видно, че тангенциалната сила F_t задължително(!) е функция на инерционния момент J на тялото. И ако приемем, че този инерционен момент е от „м.т."-$J_\bullet$, позиционирана в точка „С" (фиг.1) спрямо рамото ℓ_c:

$$J_\bullet = m.\ell_c^2 \, [kg.m^2] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

то в резултат на отчитането му в (7) се получава упоменатата тук по-преди добре известна и единствено повсеместно използвана до сега несложна формула (4) за тангенциалната сила, но повтаряме, вярна само за тяло от „м.т." В нея тангенциалното ускорение е:

$$a_t = \ell_c.\mathcal{E}.$$

ИЗЛОЖЕНИЕ

1.- Нова концепция по проблема

За преодоляване на съществуващата несъвършенна ситуация не е редно, както до сега, стойността на така изчисляваната тангенциална сила F_t по (4) да се увеличава чрез умножаването ѝ с приет „на слуки" допълнителен „коефициент на сигурност" $K > 1$, с който да се компенсира изчислителната неточност. А най-вече трябва да се ползва формула (7), като в нея за инерционен момент се положи не J_o /според (1)/, а действителния общ инерционен момент J на тялото, дефиниран съобразно двукомпонентното уравнение от теоремата на Хюйгенс-Щайнер (фиг.2 и 3):

$$J = J_o + J_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Тук първата му компонента J_o е по (1) - инерционен момент на масата m на тялото (концентрирана в ц.т. му -точка „C") спрямо неговия център на ротация (ц.р.) - точка „O". А втората му компонента - J_c е главния инерционен момент на същото тяло спрямо неговия ц.т. - точка „C" и спътствува абсолютно всички реални обекти поголеми от „м.т.", което значи, че всякога $J_c > 0$.

Например, за тялото от фиг.3 („физично" махало, което е с периферно захванат в точка „O" кръгъл диск) той е:

$$J_c = \frac{1}{2} m.\ell_c^2 , \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

поради което в случая, отчитайки (1) и (9) в (8) се получава:

$$J_o = m\ell_c^2 + \frac{1}{2} m.\ell_c^2 = 1{,}5.m.\ell_c^2 .$$

А от тук и съобразно (7):

$$F_t = 1{,}5\, m.\ell_c.\mathcal{E} .$$

От сравняване между последното и (4) става видно, че конкретно за тялото от фиг.3 спрямо това от фиг.1, реалната сила F_t е с 50 % по-голяма от изчислената по досегашният метод (4)!

Ето защо е логично този наш нов подход и резултатът му неизбежно да инициират критична преоценка към досегашния метод за определяне на тангенциалната сила, тъй като с нея в техниката са свързани част от якостните силови разсчети (напр. колянови валове, носачи с ходовите колела при някои автомобили, при самолети - фиг.5 и т.н.).

2.- Обобщено представяне на новите правилни решения за тангенциалната сила

Това прегледно е изложено тук в следващата таблица I:

-4-

Таблица I:

Вид уравнение: / Метод	основно	спомагателни	
- по Хойгенс	$F_t = m\,\ell_{пр.}\varepsilon$ /аналог на (4)/	$\ell_{пр.}=\frac{J}{m.\ell_c}$ - - (2)	$J=J_o+J_c$ - - (8)
- основен	$F_t=\frac{\varepsilon}{\ell_c}J$ - - - - (5)	$J=J_o+J_c$ - - - - - - (8)	
- обобщен	$F_t=\frac{\varepsilon}{\ell_c}(J_o+J_c)$ . . (10)	—	

3.- Видове реакции на тангенциалните сили

Не случайно теоремата на Хюйгенс-Щайнер за общия инерционен момент J на едно тяло (фиг.2 и 3), спрямо ротационната ос с точка „0" върху нея, се дефинира като уравнение (8) на сума от два компонента. По негова аналогия и тангенциалната сила F_t в общия случай е двукомпонентна:

$$F_t = F_{t_o}+F_{tc}=\frac{\varepsilon}{\ell_c}(J_o+J_c) \quad \dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

Но, според параметрите ℓ_c и J_c на тялото, се очертават три различни възможни съчетания между тях, които за по-ясно са представени тук във фиг.1,...,4 и приложената таблица II:

Таблица II:

Варианти:		I вариант	II вариант	III вариант
Маса m		Материална точка „C"	Площ на масата на тялото - по-голяма от на материална точка	
Примерно представяне		„Математично" махало фиг.1	„Физично" махало фиг.2и3	Центричен диск фиг.4
Рамо на силата ℓ_c		$\ell_c>0$		$\ell_c=0$
Компоненти на J		$J=J_o=m.\ell_c^2$ / $J_c=0$	$J=J_o+J_c$	$J=J_c$ / $J_o=0$
Силови реакции	Тангенциал. F_t	$F_t=m\,\ell_c\,\varepsilon$ (само в точка „C")	$F_t=\frac{\varepsilon}{\ell_c}(J_o+J_c)$	$F_t=\frac{\varepsilon}{\ell_D}J_c$
	Момент M_{oc} от двоица сили F_t' и F_t''	—	$M_{oc}=F_t'.\ell_c=F_t''.\ell_c$	$M_{oD}=F_t'.\ell_D=F_t''.\ell_D$
	Нормална F_n	$F_n=m\,\omega^2\ell_c$ / $F_\Sigma=\sqrt{F_n^2+F_t^2}$		

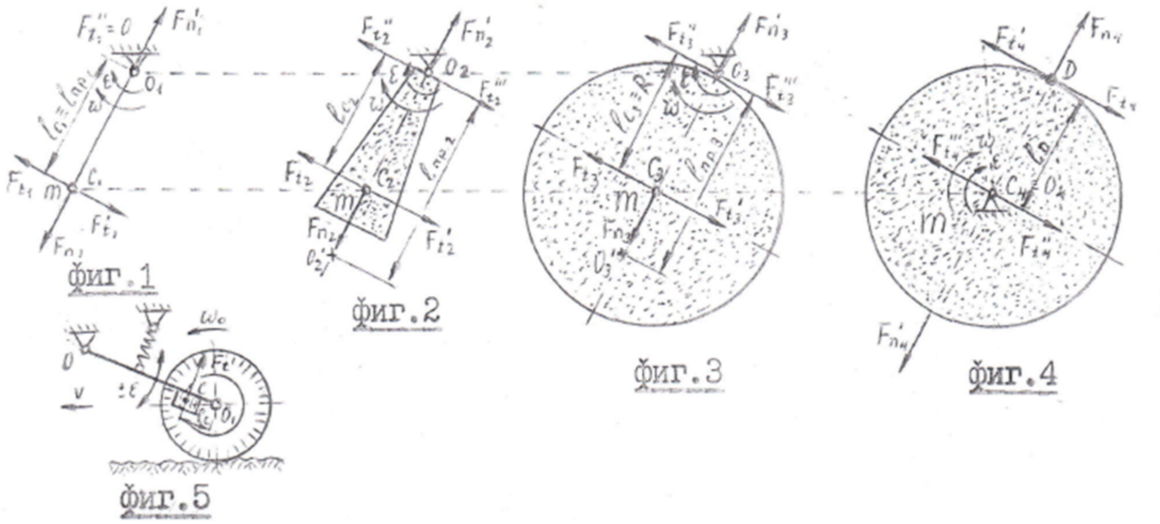
ЗАКЛЮЧЕНИЕ /Изводи/:

1/. За гарантиране достоверността при изчисляване на тангенциалната сила да се замени досегашното ѝ дефиниране с новото:

$$F_t=\underbrace{\frac{\varepsilon}{\ell_c}(J_o+J_c)} \quad \dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

2/. Да се актуализира (намали) коефициента на сигурност К.

3/. Да се осъществи незабавно всеобщо научно-техническо информиране на настоящото точно определяне на тангенциалната сила.



фиг.1 фиг.2 фиг.3 фиг.4 фиг.5

ЛИТЕРАТУРА:

Тук цитираме само малка, по-авторитетна част от публикациите по темата, тъй като абсолютно всички са с напълно еднакво становище.

[1] - Добронравов В. и др. „Курс теоретической механики", изд.2, изд. „Высшая школа", Москва, 1968г. - стр.166-168, 228-233, 495-500;

[2] - Долапчиев Бл. „Аналитична механика", изд. „Наука и изкуство", София, 1966г. - стр. 318, 320, 361, 688;

[3] - Кисьов Ив. „Наръчник на инженера" - част II, ДИ „Техника", София, 1965г. - стр. 129-130, 143, 153, 164, 168, 199, 237;

[4] - Прохоров А. и др. Физический энциклопедический словар", изд. „Советская энциклопедия", Москва, 1984г. - стр. 399, 741;

[5] - Суслов Г. „Основи на аналитичната механика" изд. „Наука и изкуство", София, 1976г. - стр. 108, 162, 163, 742;

[6] - Фелман Е. „Християн Хойкенс (1629-1695). По случай 350г. от рождението му" - статия във „Физико-математическо списание", том 22/1979г., кн. 4, изд. „БАН" - София, стр. 328-333;

[7] - Фриш С. и др. „Курс общей физики" - том I, Гостиздат, Москва, 1961г. - стр. 36, 383-384;

[8] - Хайкин С. „Физические основы механики", изд. „Физико-математической литературы", Москва, 1963г. - стр. 45-61;.

[9] - Яворский Б. и др. „Справочник по физике" изд. „Наука", Москва, 1965г. - стр. 22, 26, 102, 103, 122.

За контакти:

Инж. Иван Грозев Христов - пенсионер
гр. Русе; ул. „6-ти септември" № 86
тел. 0887.413.470; 082 / 874.833.