

ВЛИЯНИЕ НА БРОЯ НА ЦИЛИНДРИТЕ ВЪРХУ НЕРАВНОМЕРНОСТЕ НА ВЪРТЯЩИЯ МОМЕНТ И НА ХОДА НА ДВГ

INFLUENCE OF THE NUMBER OF CYLINDERS ON UNEVENNESS OF THE TORQUE AND THE ROTATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Доц. д-р Василев Д., доц. д-р Мутафчиев М.
Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”- София, 1574, БЪЛГАРИЯ

dvasilev@gbg.bg, marian_mutafchiev@abv.bg

Abstract: In the paper is done numerically study the influence of the number of cylinders of a multicylinder internal combustion engine on the levels of unevenness and magnitude of the torque and of the angular speed. Are shown the graphs of this influence and conclusions are drawn.

Keywords: INTERNAL COMBUSTION ENGINE, UNEVENNESS OF TORQUE, UNEVENNESS OF ROTATION

1. Увод

Въртящия момент и ъгловата скорост на двигателя с вътрешно горене непрекъснато променят своите стойности в рамките на един период на движение. Това е следствие от периодичното изменение на налягането на газа в цилиндровото пространство и от изменението на инерционните сили на възвратно-постъпателно движещите се части на коляно-мотовилковия механизъм. В настоящата работа, като се използват резултатите за инерционната и газовата сили, се изследва влиянието на броя на цилиндрите върху неравномерностите на въртящия момент и хода на двигателя, както и за размаха на същите.

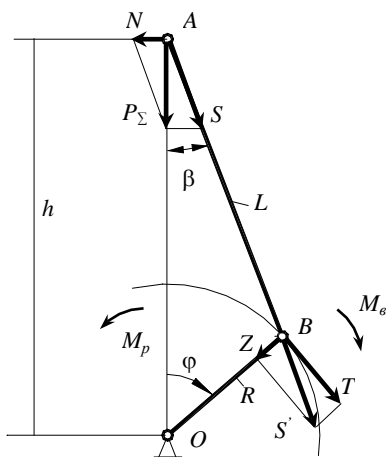
Степента на неравномерност на въртящия момент се определя от израза:

$$(1) \mu = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{cp}}$$

където M_{\max} и M_{\min} са съответно максималната и минималната стойности на въртящия момент за един период на движение, а M_{cp} - средната стойност на въртящия момент за това време.

Въртящия момент се създава от тангенциалната сила T (фиг. 1), приложена върху мотовилковата шийка на коляновия вал и се определя от израза:

$$(2) M_{\epsilon} = TR = P_{\Sigma} R \frac{\sin(\varphi + \beta)}{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi}$$



Фиг. 1 Сили, действащи върху коляно-мотовилковия механизъм.

Тук $\lambda = \frac{R}{L}$, а P_{Σ} е сумата от газовата и инерционната сили, която се определя с методиката дадена в [3].

От друга страна нормалната сила \bar{N} , приложена върху повърхнината на цилиндъра, създава реактивен момент, който е обратен на посоката на въртящия момент и се определя с равенството (фиг. 1):

$$(3) M_p = Nh = P_{\Sigma} \cdot \text{tg} \beta \cdot R \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} = P_{\Sigma} \cdot R \frac{\sin(\varphi + \beta)}{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi}$$

От (3) се вижда, че реактивния момент е равен по големина на въртящия момент. Неравномерността на въртящия момент, в рамките на периода на завъртане, води до неравномерност и на реактивния момент, което е предпоставка за т. нар. външна неуравновесеност на двигателя с вътрешно горене. Тази неуравновесеност е причина за възникването на ъгловите трептения на корпуса на двигателя около оста на въртене на коляновия вал.

За определяне на неравномерността на ъгловата скорост на двигателя се записва диференциалното уравнение за въртене на коляновия вал във вида:

$$(4) J_0 \frac{d\omega}{dt} = M_{\epsilon} - M_c,$$

където J_0 е приведения осов масов инерционен момент на коляновия вал с присъединените към него маси, M_{ϵ} - моментната стойност на въртящия момент, $M_c = M_{\epsilon}^{cp}$ - съпротивителния момент, чиято стойност се приема за равна на средната стойност на въртящия момент за периода.

Като се сменят променливите $\frac{d\omega}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\varphi}$ за изменението на ъгловата скорост се намира израза:

$$(5) d\omega = \Delta\omega = \frac{M_{\epsilon} - M_{\epsilon}^{cp}}{J_0 \omega} \Delta\varphi.$$

След пресмятане на изменението на ъгловата скорост за едно пълно завъртане на коляновия вал се определят нейните минимална и максимална стойности - ω_{\min} и ω_{\max} . Средната стойност на ъгловата скорост се определя като средноаритметичната на тези стойности:

$$(6) \omega_{cp} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}$$

Степента на неравномерност на ъгловата скорост, известна още като степен на неравномерност на хода на двигателя, се намира от израза:

$$(7) \delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}}$$

Освен степента на неравномерност на въртящия момент μ , дадена с (1) и степента на неравномерност на ъгловата скорост δ дадена със (7), характеристики на неравномерността на въртене са размахът на въртящия момент

$$(8) A_M = M_{max} - M_{min}$$

и размахът на ъгловата скорост

$$(9) A_\omega = \omega_{max} - \omega_{min}$$

Като се приложи така разписаната методика, на основата на конкретен четирицилиндров четиритактов двигател с вътрешно горене (базиран на параметрите на дизеловия двигател D3900), са направени пресмятания, като са променяни броя на цилиндрите. Конкретните числови стойности на параметрите са:

$$\begin{matrix} k=1,33 & y=0,95 & \varepsilon=16 & D=0,09842[m^2] \\ c=0,8 & z=0,95 & m_j=2[kg] & R=0,0635[m] \\ n=0,52 & b=0,95 & J_o=15,62[kg\ m^2] & V_a=0,001030597[m^3] \end{matrix}$$

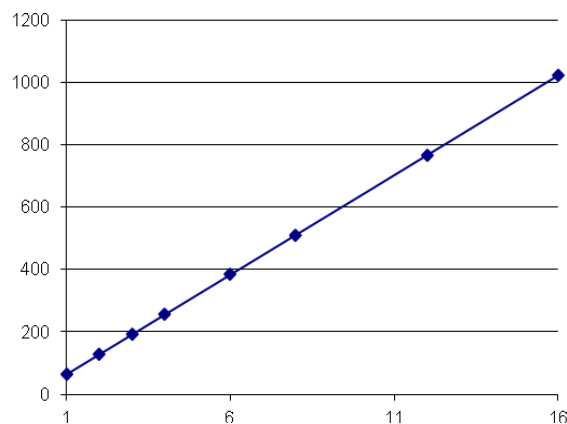
2. Резултати и дискусия

В резултат на проведените числени пресмятания са променяни броя на цилиндрите на двигателя i и са намерени стойностите на степените на неравномерност и размахът на въртящия момент и на ъгловата скорост. Резултатите от това числено пресмятане са дадени в таблица 1.

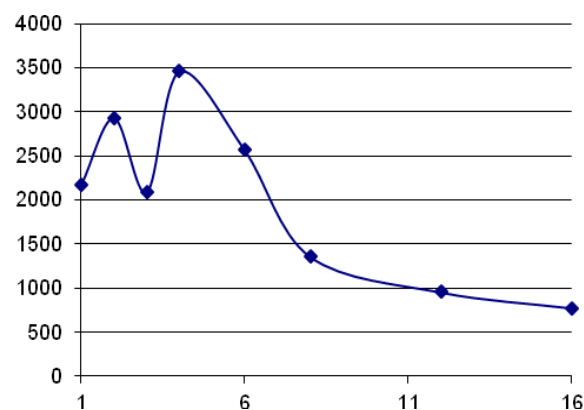
Таблица 1: Влияние на броя на цилиндрите върху степените на неравномерност и размаха.

i	M_{cp}	μ	A_M	δ	A_ω
1	63,89	34,07	2176,72	0,001236	0,323663
2	127,79	22,95	2933,24	0,001449	0,379761
3	191,56	10,91	2090,30	0,000790	0,206875
4	255,57	13,54	3459,99	0,001642	0,430176
6	383,32	6,695	2566,30	0,000804	0,000804
8	510,98	2,658	1358,32	0,000314	0,082255
12	766,20	1,247	955,11	0,000161	0,042206
16	1021,84	0,758	774,75	0,000103	0,026935

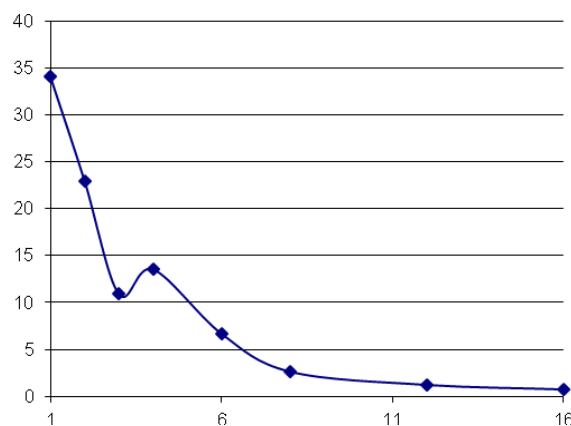
Така изчислените стойности са илюстрирани на фигурите 2, 3, 4, 5 и 6.



Фиг. 2 Влияние на броя на цилиндрите i върху средната стойност на въртящия момент M_{cp} .



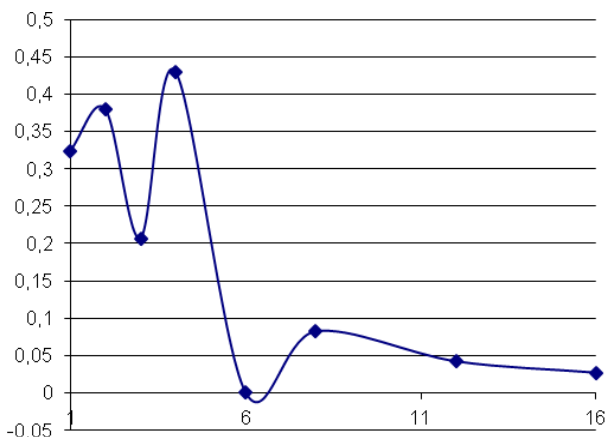
Фиг. 3 Влияние на броя на цилиндрите i върху размаха на въртящия момент A_M .



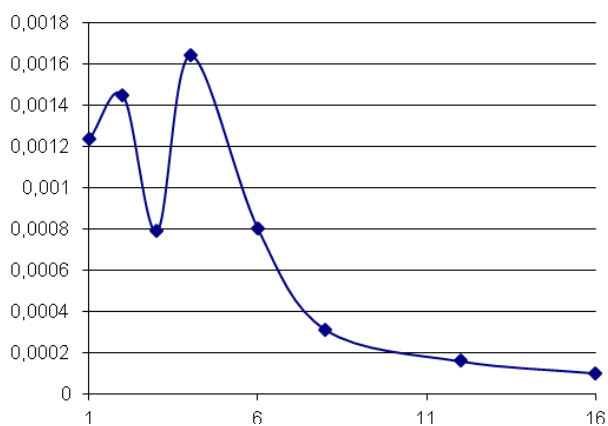
Фиг. 4 Влияние на броя на цилиндрите i върху степените на неравномерност на въртящия момент μ .

От фигура 2 се вижда, че средната стойност на въртящия момент M_{cp} нараства линейно с нарастване броя на цилиндрите на двигателя. Размахът на въртящия момент при брой цилиндрите два и четири е сравнително голям. За трицилиндровия двигател се наблюдава по-ниска стойност на размаха. При нататъшното увеличаване на броя на цилиндрите размахът бързо намалява. Това се вижда от фигура 3. От

Фигура 4 се вижда, че степента на неравномерност бързо намалява с нарастване на броя на цилиндрите. Само при четирицилиндровия двигател неравномерността е по-висока, понеже средната стойност на въртящия момент при този брой на цилиндрите не е достатъчно голяма.



Фиг. 5 Влияние на броя на цилиндрите i върху размаха на ъгловата скорост A_{φ}



Фиг. 6 Влияние на броя на цилиндрите i върху степента на неравномерност на ъгловата скорост δ .

По отношение на размаха и степента на неравномерност на ъгловата скорост, показни на фигури 5 и 6, може за се направи извода, че понеже средната стойност на ъгловата скорост почти не зависи от броя на цилиндрите, то характера на тези две зависимости е сравнително сходен.

3. Заключение

В резултат на проведеното изследване може да се направи извода, че с нарастване на броя на цилиндрите на двигателя с вътрешно горене степените на неравномерност на въртящия момент и на ъгловата скорост намаляват, но при малък брой цилиндри това намаление не е така характерно. При два и при четирицилиндрови двигатели се установява нарастване на тези неравномерности.

4. Литература

- [1] Мутафчиев М. Н., Двигатели с вътрешно горене – монография, София, 2009, стр. 146
- [2] Мутафчиев М. Н., Ръководство за курсово проектиране на двигатели с вътрешно горене, София, ВТУ „Тодор Каблешков”, ISBN 978-954-12-0198-5, 2011, стр. 114
- [3] Василев Д., Мутафчиев М., Методика за определяне на действащите върху коляно-мотовилковия механизъм сили и въртящ момент, XXI международна научна конференция "ТРАНСПОРТ 2013", сп. Механика, транспорт, комуникации, т. 11, брой 3, част 2, 2013г., ISSN 1312-3823, с. VII-13 – 19.