

## УТИЦАЈ ДЕЗАКСИЈАЛНОСТИ КЛИПНОГ МЕХАНИЗМА НА ВРЕДНОСТ НОРМАЛНЕ СИЛЕ

### INFLUENCE OF DISAXIALITY OF THE PISTON MECHANISM ON THE VALUE OF THE NORMAL FORCE

Данило Брдар, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Област – МАШИНСТВО

**Кратак садржај** – Тема овог рада јесте утицај дезаксијалности клипног механизма на вредност нормалне силе. У овом истраживању дате су опште дефиниције и подела мотора СУС и клипних механизма. Описано је које силе делују на клипни механизам. Приказано је моделовање клипног механизма у софтверу Adams View. Приказане су вредности нормалне силе добијене симулацијом рада аксијалног и дезаксијалног клипног механизма.

**Кључне речи:** Мотор СУС, клипни механизам, аксијалност, дезаксијалност, нормална сила

**Abstract** – The topic of this paper is the influence of the disaxiality of the piston mechanism on the value of the normal force. In this research, general definitions and classifications of combustion engines and piston mechanisms are given. It is described which forces act on the piston mechanism. Modeling of piston mechanism in Adams View software is shown. The normal force values obtained by simulating the operation of the axial and disaxial piston mechanism are presented.

**Keywords:** Combustion engine, piston mechanism, axiality, disaxiality, normal force

#### 1. УВОД

Мотор СУС представља машину која претвара хемијску енергију садржану у гориву у механичку енергију, тј. механички рад. Они налазе широку примену у саобраћају (друмски, железнички, водни, ваздушни), пољопривредној механизацији, грађевинској механизацији, индустрији, војној индустрији, енергетици за погон мањих електро станица, цевном транспорту за погон пумпи.

Мотори СУС могу се поделити на два типа: клипни мотор (ширењем гаса у радном простору савлађује спољашњи отпор и на тај начин део потенцијалне енергије претвара у механички рад) и турбински и млазни мотори (ширењем гаса у млазницама савлађују спољашњи отпор, користећи кинетичку енергију гаса и принцип акције и реакције гасне струје). Клипни мотори могу бити са транслаторно-осцилаторним клипним механизмом и са ротационим клипним механизмом.

#### НАПОМЕНА:

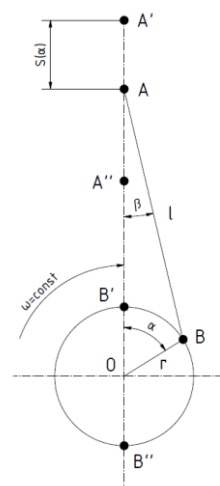
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Небојша Николић, ванр. проф.

Транслаторно-осцилаторни клипни механизам, у зависности од тога да ли се оса цилиндра сече са осом коленастог вратила, може бити аксијални (уколико се осе секу) и дезаксијални (уколико се осе не секу).

#### 2. КЛИПНИ МЕХАНИЗМИ

##### 2.1. Аксијални клипни механизам

Аксијални клипни механизам, приказан на Сл. 1, је онај код кога се оса цилиндра и оса коленастог вратила налазе у истој равни.



Сл. 1. Аксијални клипни механизам

Пређени пут клипа аксијалног клипног механизма је:

$$S(\alpha) = r \cdot \left( (1 - \cos(\alpha)) + \frac{\lambda_k}{4} \cdot (1 - \cos(2\alpha)) \right) \quad (1)$$

Брзина клипа аксијалног клипног механизма је:

$$v(\alpha) = \omega \cdot r \cdot \left( \sin(\alpha) + \frac{\lambda_k}{2} \cdot \sin(2\alpha) \right) \quad (2)$$

Убрзање клипа аксијалног клипног механизма је:

$$a(\alpha) = \omega^2 \cdot r \cdot (\cos(\alpha) + \lambda_k \cdot \cos(2\alpha)) \quad (3)$$

Где су:

- $r$  [m]      полупречник коленастог вратила,
- $\omega$  [s<sup>-1</sup>]    угаона брзина обртања коленастог вратила,
- $\alpha$  [°]      угао обртања коленастог вратила,
- $\beta$  [°]      угао отклона клипњаче,
- $\lambda_k$           кинематички фактор клипног механизма



$y(\alpha)$  [mm] дужина у  $p - V$  дијаграму, која одговара релативном притиску у цилиндру (притиску у односу на притисак околине),

$u_p \left[ \frac{MPa}{mm_{кртежа}} \right]$  размера за притисак у  $p - V$  дијаграму,

$A_k [m^2]$  површина чепа клипа

Инерцијална сила праволинијски-осцилаторних маса је:

$$F_{io}(\alpha) = -m_o \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\alpha) - m_o \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda_k \cdot \cos(2\alpha) \quad (10)$$

Где су:

$F_{io}(\alpha)$  [N] инерцијална сила праволинијски-осцилаторних маса,

$$m_o = m_{KG} + m_{KNJo} \quad (11)$$

$m_o$  [kg] маса праволинијски-осцилаторних маса (маса клипне групе – клип, клипни прстенови, осовиница и осигурачи, део масе клипњаче који врши осцилаторно кретање),

$m_{KG}$  [kg] маса клипне групе – клип, клипни прстенови, осовиница и осигурачи,

$m_{KNJo}$  [kg] део масе клипњаче који врши осцилаторно кретање

$$m_{KNJo} = 0.33 \cdot m_{KNJ} \quad (12)$$

$m_{KNJ}$  [kg] маса клипњаче

$a(\alpha) \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  убрзање нијски-осцилаторних маса,

$r$  [m] полупречник коленастог вратила,

$\omega$  [s<sup>-1</sup>] угаона брзина обртања коленастог вратила,

$\alpha$  [°] угао обртања коленастог вратила

### 3. МОДЕЛ КЛИПНОГ МЕХАНИЗМА У СОФТВЕРУ ADAMS VIEW

#### 3.1. О софтверу Adams View

За потребе овог рада и израду модела клипног механизма кориштен је софтвер Adams View. Adams View је један од најпознатијих софтвера за кинематичку и динамичку анализу.

Користи се за проучавање рада различитих механизма, како се они крећу, које силе и оптерећења на њих делују, како су те силе и оптерећења распоређена кроз механичке системе, за побољшање и усавршавање перформанси производа.

Овај софтвер омогућава да се креирају и за веома кратко време тестирају једноставни модели, који могу да замене реалне механизме. На тај начин могуће је смањити време и трошкове производње различитих механизма.

#### 3.2. Формирање модела у софтверу Adams View

За израду модела кориштени су следећи подаци о мотору СУС:

Врста мотора:

Четворотактни ото мотор

Намена:

Погон путничког возила

Ефективна снага мотора:

$$Pe = 51 [kW]$$

Број обртаја мотора:

$$n = 4800 [min - 1]$$

Пречник клипа:

$$D = 83.8 [mm]$$

Ход клипа:

$$S = 67 [mm]$$

Кинематички фактор клипног механизма:

$$\lambda_k = 0.28$$

Дужина клипњаче:

$$L = 119.7 [mm]$$

Полупречник коленастог вратила:

$$r = 33.5 [mm]$$

Површина чепа клипа:

$$A_k = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0.083^2 \cdot \pi}{4} = 0.005515 [m^2] \quad (13)$$

Маса клипњаче:

$$m_{KNJ} = m'_{KNJ} \cdot A_k = \frac{15 \cdot 55.15}{1000} = 0.827 [kg] \quad (14)$$

Где је:

$m'_{KNJ} = 15 \left[ \frac{g}{cm^2} \right]$  – специфична маса клипњаче, препорука за ото моторе [6]

Маса клипне групе:

$$m_{KG} = m'_{KG} \cdot A_k = \frac{20 \cdot 55.15}{1000} = 1.103 [kg] \quad (15)$$

Где је:

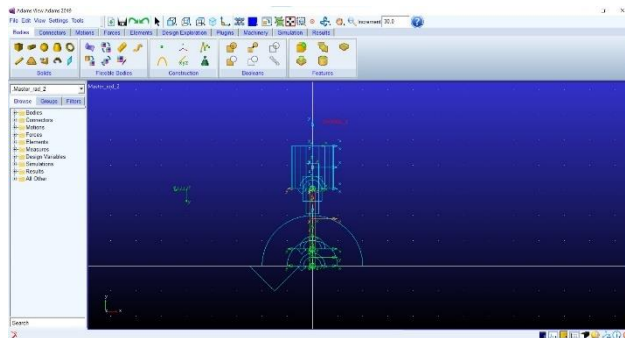
$m'_{KG} = 20 \left[ \frac{g}{cm^2} \right]$  – специфична маса клипне групе, препорука за ото моторе [6]

Маса коленастог вратила:

$$m_{KOL} = m'_{KOL} \cdot A_k = 180 \cdot 0.005515 = 0.993 [kg] \quad (16)$$

Где је:

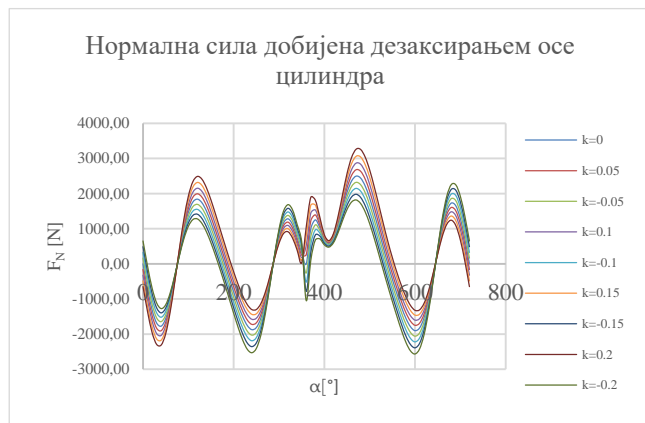
$m'_{KOL} = 180 \left[ \frac{kg}{m^2} \right]$  – специфична маса коленастог вратила, препорука за ото моторе [6]



Сл. 5. Модел клипног механизма у софтверу Adams View

#### 4. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА СИМУЛАЦИЈЕ РАДА КЛИПНОГ МЕХАНИЗМА У СОФТВЕРУ ADAMS VIEW

Након што је модел верификован вршено је варирање вредности ексцентрицитета. Вршено је дезаксирање осе цилиндра у односу на осу коленастог вратила за вредности  $k = 0 \div 0.2$  и у смеру обртања коленастог вратила и у смеру супротном од смера обртања коленастог вратила. Дијаграми нормалне силе добијене дезаксирањем, приказане су на *Сл. 6*.



*Сл. 6. Нормална сила добијена дезаксирањем осе цилиндра*

Са *Сл. 6* види се да се дезаксирањем осе цилиндра у смеру обртања коленастог вратила може смањити вредност нормалне силе, али до одређене вредности ексцентрицитета. У случају овог истраживања за вредности  $k = 0 \div -0.15$  вредност нормалне силе се смањује, док се за вредност  $k = -0.2$  вредност нормалне силе се повећала. У случају дезаксирања осе цилиндра у смеру супротном од смера обртања коленастог вратила ( $k = 0 \div 0.2$ ) вредност нормалне силе се повећала.

Из овога следи да се вредност нормалне силе може умањити дезаксирањем осе цилиндра у односу на осу коленастог вратила, само уколико се дезаксирање врши у смеру обртања коленастог вратила и само до одређене вредности ексцентрицитета.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада био је испитивање да ли дезаксијалност клипног механизма и колико утиче на величину нормалне силе којом клип делује на цилиндар, а на тај начин и на перформансе (снагу) мотора, смањење потрошње горива и загађење животне средине.

У раду је доказано да се дезаксирањем може умањити вредност нормалне силе. Да би се нормална сила умањила, дезаксирање је потребно вршити у смеру обртања коленастог вратила. Овај рад је показао и да је нормалну силу могуће умањити само до одређене вредности ексцентрицитета, након чега се повећањем ексцентрицитета повећава и вредност нормалне силе. За потребе овог рада направљен је модел клипног механизма у софтверу Adams View. Овим моделом показано је да је могуће вршити анализу сложених механизма помоћу једноставних модела. Предност овог модела је што се може користити и за прорачун и анализу других оптерећења (силе и momenti) која

делују на клипни механизам. Модел је могуће унапредити усложњавањем постојећег клипног механизма.

Ово истраживање могуће је користити за пројектовање нових мотора као и за побољшање постојећих. Пројектовањем мотора који имају дезаксирану осу цилиндра смањује се вредност нормалне силе, а самим тим и истрошење цилиндра и шум мотора.

За дезаксијалне клипне механизме се по свему судећи може очекивати да ће се све чешће користити у моторима СУС, јер је помоћу њих могуће умањити нормалну силу која негативно утиче на рад мотора и на тај начин они утичу на побољшање перформанси мотора СУС, а самим тим смањује се потрошња горива и загађење животне средине.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Harald Maass, Heiner Klier, "Kräfte, Momente und deren Ausgleich in der Verbrennungskraftmaschine" Springer-Verlag, Wien, New York, 1981
- [2] Richard van Basshuysen, Fred Schäfer, "Internal Combustion Engine handbook: basics, components, systems, and perspectives", Vieweg Verlag, Wiesbaden, Germany, 2002
- [3] Kolchin A., Demidov V., "Design of automotive engines", English translation, Mir Publishers, 1984
- [4] Мирољуб В. Томић, Стојан В. Петровић, "Мотори са унутрашњим сагоревањем", Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, Србија, 2008
- [5] Иван Ј. Клинар, "Мотори са унутрашњим сагоревањем" Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија, 2013
- [6] Миодраг Ц. Живковић, "Мотори са унутрашњим сагоревањем други део", Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, Србија, 1990
- [7] Asllan Hajderi, Ledia Bozo, "Impact Of Non Axial Crankshaft Mechanism On The Engines Performance", Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 2017
- [8] Ivan Grujić, Danijela Miloradović, Nadica Stojanović, "Nonlinear kinematics of engine crank-piston mechanism", The 9<sup>th</sup> International Symposium KOD 2016, 2016

#### Kratka biografija:



Данило Брдар рођен је у Зрењанину 1998. год. Дипломирао 2021. год. на Департману за механизацију и конструкционо машинство  
контакт: danilobrdar3@gmail.com