

ПОРЕЂЕЊЕ ОПТЕРЕЂЕЊА КОМПОНЕНТИ КЛИПНОГ МЕХАНИЗМА БОКСЕР-2 И V-2 МОТОРА**ANALYSIS OF DIFFERENCES IN LOAD ON PISTON MECHANISM BETWEEN BOXER-2 AND V-2 ENGINES**Никола Црногорац, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област - МАШИНСТВО**

Kratak sadržaj – Тема рада представља упоредна анализа утицаја концепције градње мотора (конструкције) на оптерећења компоненти клипног механизма – летеће и главне рукавце, као и летећа и главна лежишта. Да би се добили резултати потребни за анализу, компоненте клипног механизма измоделоване су коришћењем софтвера за 3D моделовање, одакле су узете димензије и масени параметри. Да би се добило дејство покретачке силе целог механизма (силе притиска гасова) у софтверу за једнодимензиону гасну анализу направљен је модел једног меродавног цилиндра, чији су излазни параметри закони промене притиска у цилиндру током једног радног циклуса. Познавањем геометрије, масених параметара и покретачке силе, извршена је динамичка симулација, чији су резултати заправо тема овог рада – оптерећење рукаваца и лежишта клипног механизма. Након добијања резултата извршена је њихова упоредна анализа. На крају је извршена оцена резултата, наведене су предности и мане рада, као и могућност за даља истраживања.

Кључне речи: Мотор СУС, Мотоцикл, Оптерећење рукаваца, Боксер-2, V-2.

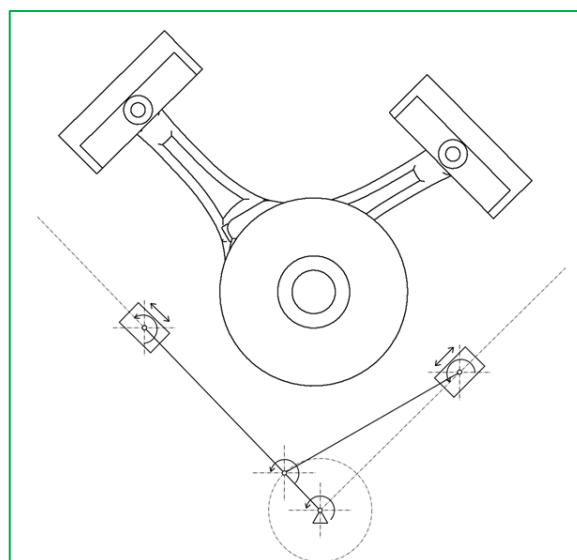
Abstract – Subject of this paper is analysis of load on piston mechanism journal bearings between different types of motorcycle engine build concepts – Boxer-2 and V-2 engines. Firstly, components of piston mechanism are modeled in software for 3D modeling. Result of this are geometrical and mass properties of components. In order to get value of driving force (gas force), model is made using software for one dimensional gas analysis. By knowing these input values, a multi-body dynamic model of piston mechanism is made using software for MBD and its output results in terms of journal bearing forces are acquired. These results are then compared and evaluated. Possibilities for further research and improvement are also stated.

Keywords: Piston engine, Motorcycle, Journal bearing load, Boxer-2, V-2

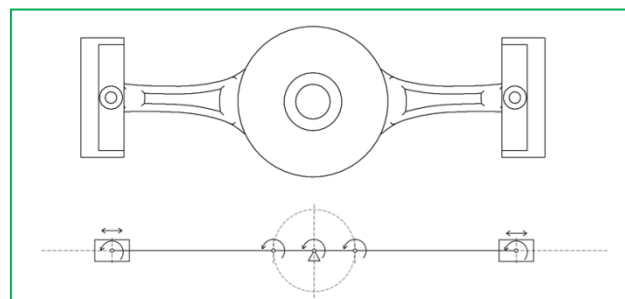
1. УВОД

Прва идеја моторизованог бицикла јавља се још 1867. године, када је Ернест Мишо, син француског

произвођача мотоцикала, дошао на идеју да на очев бицикл угради парни мотор [1]. Пар деценија касније, први мотоцикли добијају основне карактеристике, које се не разликују много од савремених мотоцикала. За разлику од аутомобилских где је код већине возила уграђиван неки тип линијских мотора, код мотоцикала је концепција градње кроз историју веома варијала. Неке од првих концепција градње, које се и даље користе су двоцилиндарски Боксер и V мотори дати на сликама 1.1 и 1.2.



Слика 1.1 Изглед клипног механизма V-2 мотора



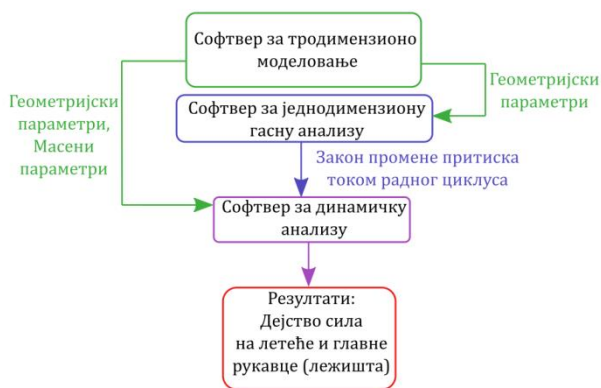
Слика 1.2 изглед клипног механизма Боксер-2 мотора

2. МЕТОД РАДА

На слици 2.1 приказан је поступак добијања резултата односно добијање дијаграма дејства силе на летеће и главне рукавце и лежишта Боксер-2 као и V-2 мотора.

НАПОМЕНА:

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

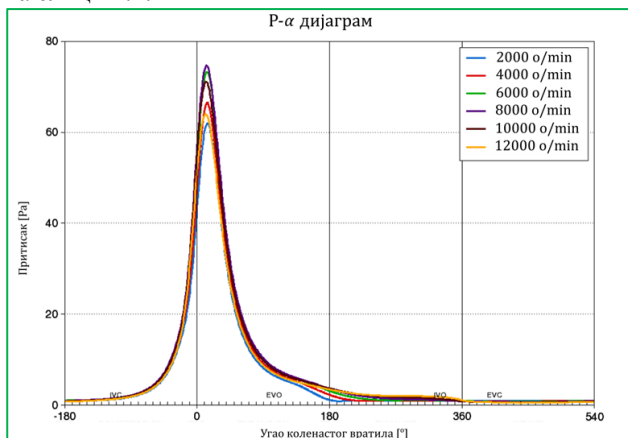


Слика 2.1 Поступак коришћења софтвера

Најпре се извршило моделовање клипног механизма у софтверу за тродимензионо моделовање као што је Autodesk Inventor, Solidworks, Catia, Creo...

За добијање геометрије делова, узети су као узор мотори мотоцикала BMW GS1200R и Ducati Multistrada. Добијена геометрија је заједничка за оба мотора у димензијама клипне групе, осовинице, клипњаче, а разликује се једино у облику коленастих вратила, са тим да је узето у обзир да коленаста вратила буду што је више могуће приближних димензија и запремине.

Након моделовања у софтверу за тродимензиону анализу, приступљено је моделовању радног циклуса у софтверу за једнодимензиону гасну анализу као што је Ricardo Wave, AVL Boost, GT Power... Након уношења одговарајућих параметара, добијених тродимензионим моделовањем као и коришћењем параметара добијених експерименталним подацима из других радова са моторима приближних карактеристика, добијају се резултати софтвера за једнодимензиону гасну анализу. Резултат од интереса за наставак рада представља P- α дијаграм, односно дијаграм промене притиска у зависности од положаја коленастог вратила током једног радног циклуса као на слици 2.2.



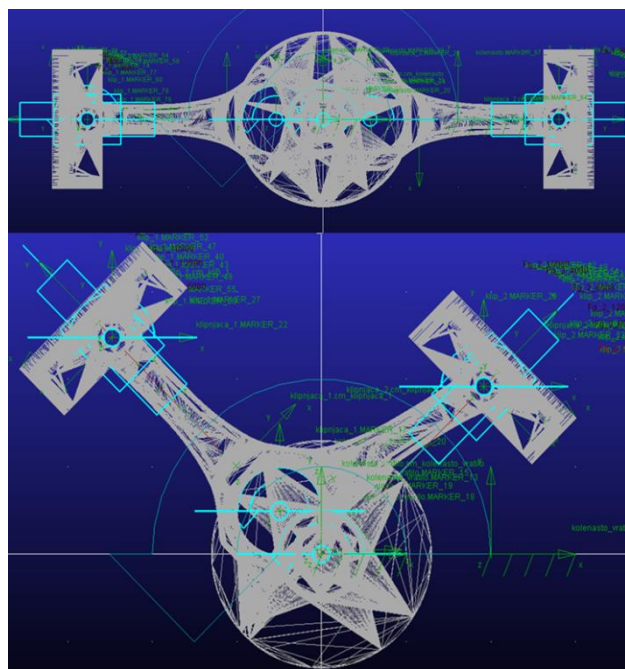
Слика 2.2 P- α дијаграм једног цилиндра за различите брзине обртаја мотора

Анализа је извршена за 6 различитих брзина обртања коленастог вратила, које треба веродостојно да прикажу понашање унутар цилиндра кроз цео

дијапазон могућих брзина обртаја мотора [2]. Ове тачке су на 2000, 4000, 6000, 8000, 10000 и 12000 обртаја коленастог вратила у минути. Ради смањења комплексности рада, у обзир је узето само пуно оптерећење мотора, како тај случај представља најнеповољнији са аспекта оптерећења клипног механизма мотора.

Након добијања притиска, направљен је модел за динамичку симулацију у софтверу за динамичку анализу као што је MSC Adams. У софтвер је пребачена комплетна геометрија саставних делова оба мотора као на слици 2.3. Делови су спојени одговарајућим везама 1. реда (зглоб и клизач) [3]. Сваком делу су задати масени параметри (маса и моменти инерције).

На коленаста вратила задата је брзина обртања за свих 6 случајева и у зависности од брзине обртаја, активирани су одређене силе које делују на чело клипа, са одговарајућим законитостима промене између 1. и 2. цилиндра. Сила која делује на чело клипа је заправо сила притиска гасова, која се добија када се притисак у цилиндру помножи са површином чела клипа.



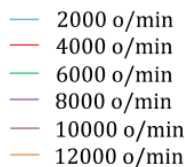
Слика 2.3 Прављење модела у софтверу за динамичку анализу

Након пуштања симулације добијају се вредности сила које делују на рукавце за један одређени број обртаја. Потребно је још 5 симулација са промењеним брзинама обртања и временима трајања истих да би се добиле вредности за цео дијапазон броја обртаја мотора.

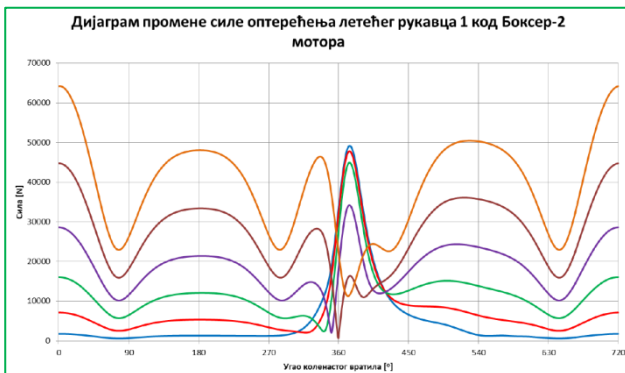
Како се ради о четворотактним моторима, потребно је 720 степени обртања коленастог вратила да би се завршио један радни циклус. Вредност силе уписује се за сваки степен обртања коленастог вратила, тако да за један дијаграм добијамо резолуцију од 720 тачака. Исти поступак се понавља и за другу концепцију мотора.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Посматрањем дијаграма на слици 3.2 може се уочити да при ниским бројевима обртаја мотора, крива оптерећења летећих рукаваца доста подсећа на на криву силе гасова као на слици 2.2, што се објашњава тиме да при малим бројевима обртаја, инерцијалне силе имају мали утицај, па је доминантна сила која делује на систем, сила гасова. Са порастом броја обртаја примети се пораст силе оптерећења летећег рукавца у готово свим сегментима, осим у делу где се јавља процес сагоревања (око 360 степени угла коленастог вратила). Општи пораст може се објаснити порастом инерцијалних сила, док смањење силе у околини 360 степени угла коленастог вратила објашњава се тиме да је смер дејства инерцијалне силе и силе гасова такав да долази до међусобног поништавања сила које делују, односно до смањења укупног дејства на летећи рукавац.



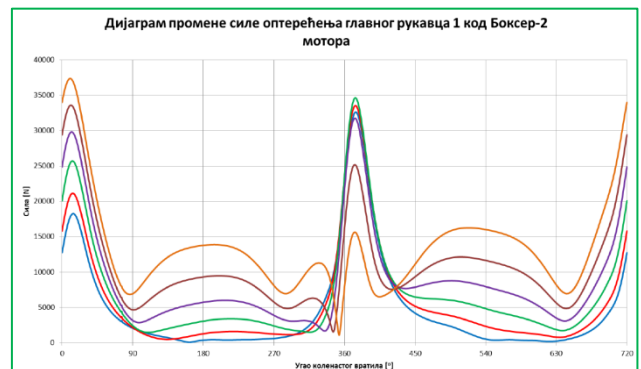
Слика 3.1 Означавање различитих случајева оптерећења у дијаграмима у зависности од брзине обртања мотора



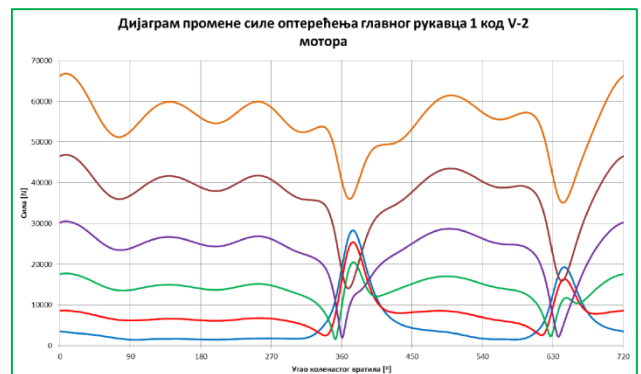
Слика 3.2 Дијаграм оптерећења летећег рукавца 1 код Боксер-2 мотора

Што се тиче дијаграма оптерећења за цилиндар резултати су идентични само фазно померени за одговарајући угао размака паљења између првог и другог цилиндра. Код V-2 мотора уочено је да су дијаграми идентични као код Боксер мотора, што указује на то да једнаке силе делују на летеће рукавце, без обзира на распоред цилиндара унутар мотора. Што се тиче оптерећења главних рукаваца, посматрањем дијаграма оптерећења истих са слика 3.3 и 3.4 може се уочити да при малим брзинама обртања коленастог вратила, оба дијаграма имају изражена 2 врха криве који одговарају углу међупаљења између првог и другог цилиндра, па се уочава да баш као код оптерећења летећих рукаваца, и код главних рукаваца доминантну силу при малим бројевима обртаја мотора представља сила гасова. Са порастом броја обртаја мотора, код оба типа мотора долази до повећања оптерећења које делује на главне

рукавце, са тим што је ово оптерећење многоструко веће код V-2 мотора у односу на Боксер-2 мотор. Одавде се јасно види утицај положаја цилиндара на оптерећење главних рукаваца, а самим тим и на главна лежишта.

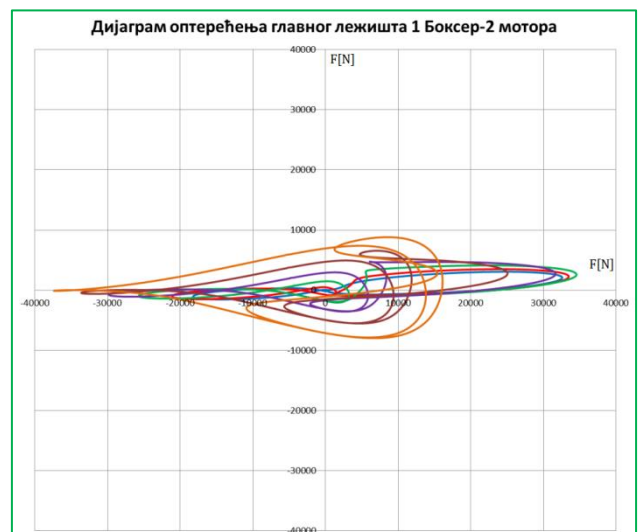


Слика 3.3 Дијаграм оптерећења главног рукавца 1 Боксер-2 мотора

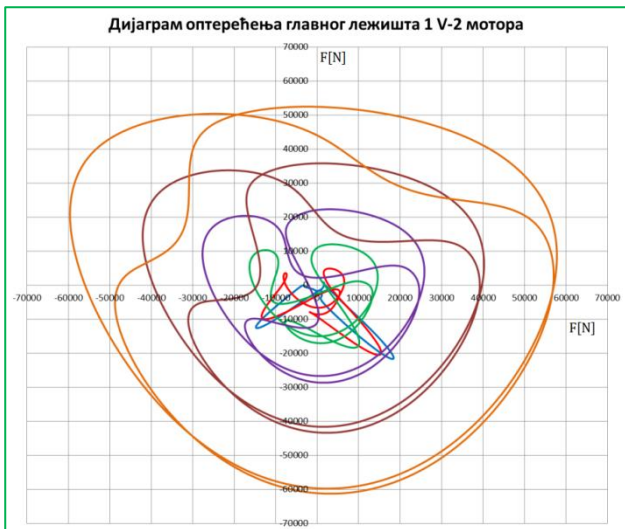


Слика 3.4 Дијаграм оптерећења главног рукавца 1 V-2 мотора

Што се тиче утицаја оптерећења на главна лежишта, дејство оптерећења приказано је на дијаграмима који у поларном координатном систему као на сликама 3.5, 3.6.



Слика 3.5 Дијаграм оптерећења главног лежишта Боксер-2 мотора



Слика 3.6 Дијаграм оптерећења главног лежишта V-2 мотора

Са слика се може уочити значајна разлика у облику, али и у укупном интензитету дејства силе оптерећења на главна лежишта. Примети се дејство силе гасова на малим бројевима обртаја мотора, као и пораст инерцијалних сила са порастом броја обртаја мотора. Код V-2 овај пораст има већи интензитет него код Боксер-2 мотора. Анализирајући случај за мале брзине обртаја мотора, јасно се уочавају осе цилиндара у односу на осу ротације коленастог вратила.

4. ЗАКЉУЧАК

Рад је имао за циљ да иврши упредну анализу различитог типа конструкције двоцилиндричних мотоциклистичких мотора (Боксер-2 и V-2) са аспекта оптерећења главних и летећих рукаваца и лежишта. Како су моделовани процеси као и масени параметри делова који могу да се користе у обе конструкције мотора идентични, рад даје директну слику утцаја положаја цилиндара на поменута оптерећења. Рад не даје слику оптерећења разматраних компоненти при уравнотеженим коленастим вратилима, каква се срећу код реалних изведби мотора. Уколико би била уравнотежена (као у реалним изведбама) не би био очигледан значај потребе за уравнотежењем једног односно другог типа мотора.

Анализом резултата рад је довео до општих закључака:

- Одабир концепције градње нема велики утицај на оптерећење летећих рукаваца и летећих лежишта.
- Одабир концепције градње има значајан утицај на оптерећење главних рукаваца и главних лежишта.
- Уравнотежење коленастог вратила нема толико велик значај код Боксер-2 мотора, за разлику од V-2 мотора, код кога има велики значај.
- Силе које делују на главне рукавце и главна лежишта су и до неколико пута веће код V-2

мотора у односу на исте силе које делују на компоненте Боксер-2 мотора.

- На малим брзинама обртања коленастог вратила доминантне силе су силе које потичу од тренутног притиска у цилиндру, док на великим брзинама обртања коленастог вратила, доминантну улогу имају инерцијалне силе.

Даља истраживања на тему коју је започео рад треба усмерити ка упоредној анализи мотора али са уравнотеженим коленастим вратилима, где би се видео значај уравнотежења у смислу додате масе, комплексности, експлатационих и инвестиционих карактеристика целог таквог пројекта.

Такође, релативно једноставним изменама параметара у софтверу за једнодимензиону гасну анализу може се извршити утицај промене различитих конструкционих параметара као и оптимизација истих за неке специфичне радне услове

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_motorcycle приступљено у мају 2022.
- [2] R. Gilani, „Engine Simulation Model for a Formula SAE Race Car: Applied Design, Development, Correlation and Optimization,“ LuLea University of Technology, Lulea, 2011.
- [3] М. Чавић, М. Костић / М. Злоколица, Пренос снаге и кретања, Нови Сад: Фалкутет техничких наука, 2014.

Кратка биографија



Никола Црногорац Рођен је у Новом Саду 1994. год. Дипломски рад из области Моторна возила одбранио је 2019. год. на Фалкутету техничких наука.