

Kolyo P. Kolev, Radoslav K. Velikov,

CALCULATION OF COMBUSTION CHAMBER DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ROCKET MOTOR SOLID-PROPELLANT ENGINE BY COMPUTER-ASSISTED MODELING

Kolyo P. Kolev*, Radoslav K. Velikov**

*Aviation Faculty, National Military University „Vasil Levski“, Dolna Mitropolia, Bulgaria
kolev_007@abv.bg*, velikov@abv.bg***

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БА-РУТНО-РАКЕТЕН ДИВГАТЕЛ ЧРЕЗ КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ

Кольо П. Колев*, Радослав К. Великов**

*Факултет "Авиационен", НВУ "Васил Левски", Долна Митрополия, България,
kolev_007@abv.bg*, velikov@abv.bg***

Abstract: *We present the results of numerical modeling of the dynamic characteristics of the combustion chamber of gun-powder rocket engine. The developed design methodology allows to simulate the dynamic characteristics of the rocket engine, at different design calculations. The results are compared to engine „РНДСИ 5-К“.*

Keywords: *simulation, "SolidWorks", aviation bomb, rocket engine.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ракетните двигатели на твърдо гориво са получили в днешно време широко приложение. От публикациите следва, че повече от 90 % от съществуващите барутно-ракетни двигатели са изработени на основата на твърдо гориво. Тези двигатели имат висока надеждност, простота на експлоатация, постоянна готовност за действие, за кратко време тягата достига високи стойности. Наред с изброените достойнства барутно-ракетните двигатели имат и съществени недостатъци:

- зависимост на скоростта на горене на твърдото гориво от началната температура на заряда;
- относително ниски значения на специфичния импулс на твърдото гориво;
- трудни при регулиране и широк диапазон на работа.

Барутно-ракетните двигатели се използват във всички класове съвременни ракети с високо назначение. Разнообразните области на приложение и изпълняваните задачи е способствало за разработването на голямо число различни конструкции двигателя, отличаващи се по габаритни, масови, тягови и временни характеристики [1,2].

Тягата на най-слабите двигатели е от порядъка на 0,01N до 1600N. Тягата на най-големите двигатели (с диаметри 3,05; 4,5; 6,6 m) достигат десетки меганютона. Например за БРД с диаметър 6,6 m, тягата достига до 31 меганютона. Промеждутъчната област заемат двигателите със средни габарити, които се явяват като най-многочислени и разнообразни.

По изпълняваните функции всички ракетни двигатели могат да се разделят на три групи:

1. двигатели създаващи тяга, необходима за преместване на летателния апарат;
2. двигатели създаващи управляващи усилия и моменти;
3. двигатели за експериментални и технологични цели.

Първата група двигатели изпълняват основната функция, осигуряваща налитане и ускоряване на АБ.

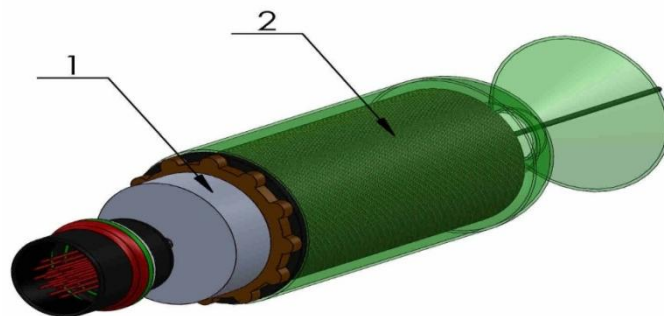
Втората група двигатели изпълняват спомагателни функции. Към група се отнасят релевите двигатели служещи за управление на полета по зададена програма. Корегиращи, необходими за стабилизация в необходимото положение, спирачни, предназначени за осъществяване на меко кацане.

Третата група е предназначена за провеждане на различен род изпитания.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да бъдат осъществени експерименталните изследвания първо трябва да се конструира и моделира барутно- ракетен двигател (БРД). Моделирането и изчисляването на геометричните характеристики е извършено с помощта на програмния продукт "SolidWorks" [3,5].

Конструктивният модел на БРД се състои от детайли оформени в следните сборки (фиг.1).



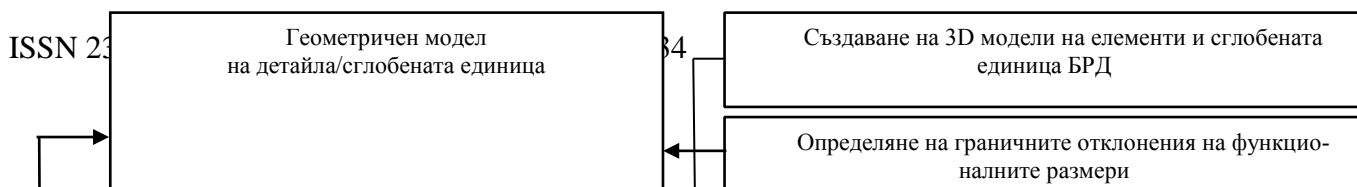
Фиг. 1 Типична схема на БРД

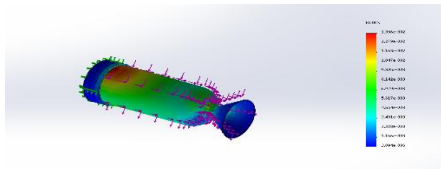
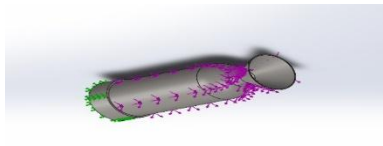
Корпуса на двигателя (2) се съединява с сборка инициатор (1), чрез резбово съединение. Вътрешният обем на двигателя е образуван от камера, която служи едновременно и за поместване на горивото. При горене на барутния заряд се образуват газови продукти, които се движат през камерата на горене към соплото и изтичат през него в атмосферата. Сечението на соплото има най-малка площ наричаща се критическа. В критичното сечение скоростта на газовете е равна на местната звукова скорост. Във входа на соплото се поставя решетка, която се нарича диафрагма. Ако заряда в процеса на горене се разруши, то големите парчета неизгорял барут се спират от диафрагмата и няма опасност от запушване на соплото.

Във връзка със сложната геометрия на БРД, за аналитично изследване на характеристиките на механизма е целесъобразно използването на съвременни CAD/CAE системи. 3D графичната параметрична компютърна система SolidWorks и интегрирания в нея пакет за инженерни изследвания COSMOSWorks е единно решение за проектиране [4].

Методиката за проектиране на ВЦП е дадена на фиг. 2 се извършва по следен начин:

- създава се пространствен параметричен модел на БРД;
- определят се граничните отклонения на функционалните размери;
- избира се материал за елементите на БРД, задават се неговите характеристики (материалните характеристики за разглеждания пример съответстват на стомана ХВГ- модул на еластичност $2,1 \times 10^8$ Pa, коефициент на Poisson 0,32 и др.);
- в основа на разработения обемен модел на БРД, се създава изчислителен геометричен модел, явяващ се 1/2 симетрична част от него.





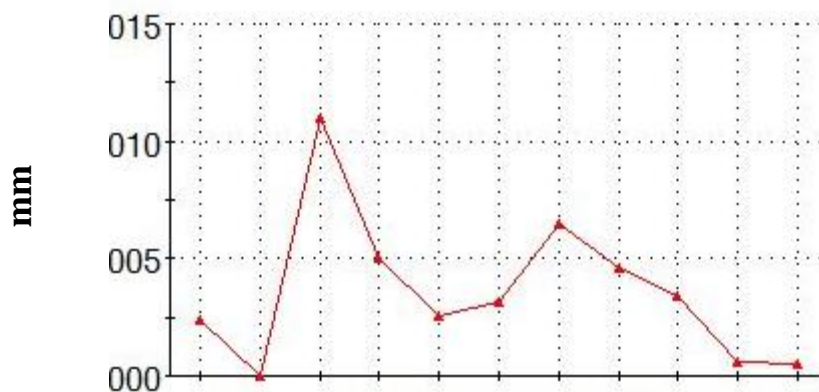
Фигура 2. Методика за проектиране на динамични характеристики на БРД

РЕЗУЛТАТИ

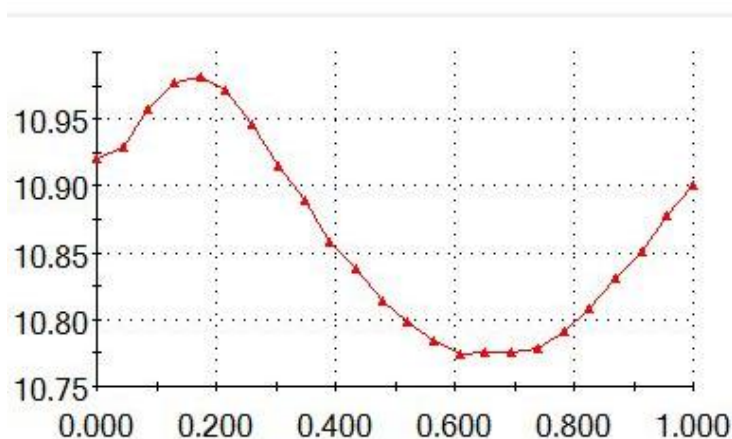
Проведен е числен експеримент, симулиращ работата на АБ при следните стойности на основните параметри на конструкциите цангови патронници: номинален диаметър на повърхнината на затяганата заготовка $d = 96 \text{ mm}$; осова теглеща сила $S\Sigma = 50000 \text{ N}$; Якостна проверка на конструкциите АБ се прави въз основа на диаграмите за разпределение на еквивалентните напрежения по von Mises, графика 1(деформация), 2(изместване), 3(натиск).

Таблица 1:
Резултати от РНДСИ- 5К.

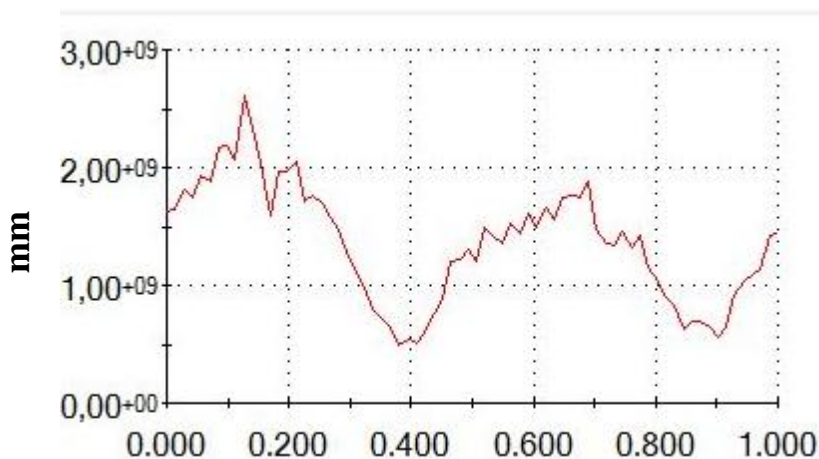
№	НАИМЕНОВАНИЕ		РЕЗУЛТАТ
1.	Тангенциалното напрежение		555 Мр _а
2.	Дебелина на стената на горивната камера б		1,86 mm
3.	Външния диаметър d		169 mm
4.	Осевото напрежение @z		223 Мр _а
5.	Масата на горивната камера q		5 kg
6.	Еквивалентното напрежение @екв.		492 Мр _а



Граф.1 Деформация породена в специфичен участък на барутно – ракетен двигател



Граф.2 Изместване породено в специфичен участък на барутно – ракетен двигател



Граф.3 Натиск породен в специфичен участък на барутно – ракетен двигател

Изводи

1 Разработената методика за проектиране позволява симулиране на динамичните характеристики на БРД, при различни конструктивни разчети.

2. Разработените параметрични крайно-елементни модели на конструкциите БРД дават възможност за изследване и анализ на динамичните им характеристики и оптимизиране на геометрията с цел стабилизиране на системата.

References

1. Antonov S., Tsonev T., (2016) Possibilities for automation of designing elements of small arms using CAD/CAM/CAE systems, Collection of papers: „Defense And Security, Mechanical Engineering And Military Technology, Communication And Computing Technologies, Social Science“, Shumen, Bulgaria 2016, p.p. 319-324, ISSN 2367-7902
2. Antonov S., (2017) Comparative analysis of the armament and equipment support modules in the field of command and control information systems of NATO armies, International Scientific Journal "SECURITY & FUTURE", Year I, Issue 4, p.p. 163-167, (2017), WEB ISSN 2535-082X; PRINT ISSN 2535-0668
3. Petrov Zh., Liliana Miron, (2019), Opportunities of a genetic algorithm for static calibration of mems accelerometers, International Annual Scientific Conference Aviation Faculty, National Military University, 2019, p. 246, ISBN 978-954-713-123-1
4. Petrova T., (2019), Application of geometrical transformations for the attachment of images to geographical maps // 21st International scientific conference: The teacher of the future, Budva, Montenegro, (07-09.06.2019), Institute of knowledge management – Skopje, Macedonia, 31, 2019, 6, pp.1917-1922, ISSN1857-923X (for e-version), ISSN 2545 – 4439 (for printed version)
5. Petrova T., (2019), Research on algorithms for filtration of aerial and radar images // 21st International scientific conference: The teacher of the future, Budva, Montenegro, (07-09.06.2019), Institute of knowledge management – Skopje, Macedonia, 31, 2019, 6, pp. 1923-1936, ISSN 1857-923X (for e-version), ISSN 2545 – 4439 (for printed version).