

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea „Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi“

Departamentul Inginerie Mecanică

Admis la susținere

Șef departament:

Natalia Țislinscaia, conf. univ., dr.

“ ” _____ 2020

Analiza structurală a satelitului TUMnanoSat

Teză de master

Masterand: _____ Zarișneac Petru, gr. IM-191

Conducător: _____ Guțu Marin, dr., conf. univ.

Chișinău, 2020

CUPRINS

Lista figurilor	7
Lista tabelelor	8
Lista abrevierilor.....	8
Introducere.....	9
1. Analiza bibliografică a stării de lucru în domeniul nanosateliților	10
1.1. Aplicații ale nanosateliților	10
1.2. Standarde și clasificarea sateliților	11
1.3. Variante constructive ale carcasei nanosateliților.....	15
1.4. Fabricarea și testarea hardware CubeSat.....	17
1.5. Integrarea lansatorului satelitului și lansarea	19
2. Prezentarea nano-satelitului TUMnanoSat.....	20
2.1. Modelul 3D al nano-satelitului TUMnanoSat.....	20
2.2. Elemente auxiliare și accesorii.....	25
2.2.1. Carcasa-suport de transportare și asamblare	25
2.2.2. Carcasa-suport pentru testări la vibrații.....	28
2.2.3. Sisteme de distribuire CubeSat	30
3. Elaborarea modelului de calcul pentru simularea solicitărilor nano-satelitului	33
3.1. Proiectare structurală	33
3.2. Model de analiză	35
3.2.1. Caracteristică de masă	35
3.2.2. Număr balistic	36
3.2.3. Elaborarea modelului de calcul cu elemente finite	36
3.2.4. Determinarea tensiunilor de pretensionare care ar putea apărea în șuruburile de fixare a carcasei satelitului.....	37
3.3. Rezultatul analizei	40
3.3.1. Analiza frecvenței naturale.....	40
3.3.2. Analiza sarcinii statice	40
3.3.3. Analiza rezistenței șuruburilor	43
3.4. Controlul fracturilor structurii.....	48
4. Concluzii și recomandări.....	51
Bibliografie.....	52

ADNOTARE

La teza de masterat cu tema „*Analiza structurală a satelitului TUMnanoSat*”, prezentată de către **Zarișneac Petru** pentru obținerea titlului științific de maestru în științe tehnice la specialitatea Inginerie Mecanică.

Teza cuprinde introducere, trei capitole, concluzii și recomandări, bibliografia din 21 de titluri. Volumul este de 52 de pagini text, inclusiv, 37 de figuri, 15 tabele și 13 abrevieri

Cuvinte cheie: Satelit, CubeSat, structura de rezistență a nano-satelitului, simularea solicitărilor nano-satelitului prin metoda elementelor finite.

Scopul lucrării constă în analiza îndeplinirii cerințelor de rezistență a ansamblului nano-satelitului pe parcursul transportării și lansării.

Obiectivele tezei

- Analiza stării de lucru în domeniul nano-sateților;
- Prezentarea nano-satelitului TUMnanoSat;
- Prezentare elementelor auxiliare și a accesoriilor nano-satelitului;
- Elaborarea modelului de calcul și simularea solicitărilor la rezistență a nano-satelitului;
- Concluzii.

ANNOTATION

At the master's thesis with the topic "*Structural analysis of the TUMnanoSat satellite*", presented by **Zarişneac Petru** for obtaining the scientific title of master in technical sciences in the specialty of Mechanical Engineering (Domain: Engineering and Engineering Activities).

The thesis includes an introduction, three chapters, conclusions and recommendations, a bibliography of 21 names. The volume is 52 pages of text, including 37 figures, 15 tables and 13 abbreviations

Keywords: Satellite, CubeSat, nano-satellite resistance structure, nano-satellite stress simulation by finite element method.

The field of study refers to the simulation of the demands on the TUMnanoSat nano-satellite housing.

The purpose of the paper is to analyze the fulfillment of the strength requirements of the nano-satellite assembly during transport and launch.

The objectives of the thesis

- Analysis of the working state in the field of nano-satellites;
- Presentation of the TUMnanoSat nano-satellite;
- Presentation of auxiliary elements and nano-satellite accessories;
- Elaboration of the calculation model and simulation of the resistance demands of the nanosatellite;
- Conclusions

Bibliografie

1. <https://www.nanosats.eu/>
2. The Space Report 2015 - www.spacefoundation.org/sites/default/files/downloads/The_Space_Report_2015_Overview_TOC_Exhibits.pdf
3. Gottfried Konecny, „Small satellites – a tool for earth observation”, al XXI-lea Congres ISPRS, Istanbul, Turcia, 2004, IAPRS Proceedings, Vol.XXXV, Comisia IV, partea B5, pg.580-582, ISSN: 1682-1750
4. National Research Council of the National Academies, „Utilization of Operational Environmental Satellite Data: Ensuring Readiness for 2010 and beyond”, Editura National Academies Press, Washington, 2004, ISBN: 9780309092357, DOI: 10.17226/11187
5. C.J.M. Verhoeven, M.J. Bentum, G.L.E. Monna, J. Rotteveel, J. Guo, „On the origin of satellite swarms”, Acta Astronautica Journal, Vol. 68, Issue 7-8, Aprilie-Mai 2011, pg. 1392-1395, DOI:10.1016/j.actaastro.2010.10.002
6. CubeSat Design Specifications - www.CubeSat.org/s/cds_rev13_final2.pdf
7. <https://www.endurosat.com>
8. Karla Vega, David Auslander, David Pankow, „Design and Modelling of an Active Attitude Control System for CubeSat Class Satellites”, American Institute of Aeronautics and Astronautics Modelling and Simulation Technologies Conference, Chicago, Illinois, 10-13 August 2009, DOI: 10.2514/6.2009-5812
9. Tomas Gergely, Andrew Clegg, „CubeSat Issues: Where Are We? ”, Lucrare prezentată la întâlnirea CubeSat High-Speed Downlink Communications, din cadrul celui de-al 9-lea Workshop Anual al CubeSat Developers, San Luis Obispo, California, Aprilie, 2012
10. Fabien Jordan, „Electrical Power System (EPS) - Final report”, Phase A, SwissCube, Yverdon, Elveția, 16/06/2006
11. www.quallion.com/sub-ms-satellites.asp Cercetări privind realizarea unui sist. mecatronic modular destinat nanosateliți pt. orbite 200-2500km 52
12. Dr. Jordi Puig-Suari, A. Williams, J. Dolengewicz, L. Whipple, S. Wong, “The Next Generation Cubesat – A modular and adaptable Cubesat Frame Design”, Cal Poly, 2010
13. M. Totu, Gh. I. Gheorghe, O. Dontu, D. Comeagă, „Mechanical structures for CubeSat type nanosatellites with extensible solar panels”, Mecahitech, Sep. 2016
14. Sorohan, Șt., Constantinescu, I. N., „Practica modelării și analizei cu elemente finite”, București, Editura Politehnica Press, 2003
15. Radeș, M., „Vibrații mecanice”, Ed. Printech, București, 2008
16. Lalanne C., „Mechanical Vibration and Shock Analysis. Volume 2: Mechanical Shock”, 2nd Edition, Ed. Wiley, 2009

17. L. Meirovitch, „Analytical Methods in Vibration”, Ed. Macmillan, New York, 1967
18. Harris C., Piersol A., „Harris Shock and Vibration Handbook”, 5th Edition, Ed. McGraw-Hill, 2002, ISBN: 0-07-137081-1 Symposium, Vol. 3, Noiembre, 1989
20. Reddy, J.N. „An Introduction to the Finite Element Method”, 3rd Edition, Ed. McGraw-Hill, 2006
21. Melahat CİHAN, Aykut ÇETİN, Dr. KAYA and Dr. İNALHAN 2011 „Design and Analysis of an Innovative Modular Cubesat Structure for ITUpSAT II” Journal of IEEE, vol.11, pp. 494–499