

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«GYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

References:

- [1] Mittal RK, Nagrath IJ. Robotics and Control. 6th ed. New Delhi, India: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited; 2003.
- [2] Saha SK. Introduction to Robotics. 2nd ed. New Delhi, India: McGraw Hill Publication Private Limited; 2008.
- [3] Manseur R. A software package for computer-aided robotics education. Proceedings of IEEE 26th Annual Conference on Frontiers in Education; 1996. p. 1409–12
- [4] Dutta PS, Wong TL (1989) Inverse kinematic analysis of moving base robot with redundant degree of freedom. CAD/CAM Robot Factor Future Robot Plant Autom 3:139–143
- [5] Shaoqiang Y, Zhong L, Zhingshan L. Modeling and simulation of robot based on MATLAB/Sim-Mechanics. Proceedings of 27th Chinese Control Conference; Kunming, Yunnan, China. 2008. p. 161–5.
- [6] Wood GD. A technical report in simulating mechanical systems in Simulink with Sim-Mechanics. The MathWorks, Inc; USA. 2003.
- [7] Dung LT, Kang HJ, Ro YS. Robot manipulator modeling in MATLAB/Sim-Mechanics with PD control and online gravity compensation. Proceedings of International Forum on Strategic Technology; 2010. p. 446–9.

УДК 681.58, 621.355

ҚАТТЫ ЕМЕС ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ САНЫ ЕРКІН ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Алпысбаев Нұрәділ^{1*}, Махмутов Тілеухан²

nuradil_27.kick@icloud.com,

lime4451295@gmail.com

¹Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана

²Astana IT University, Астана

Ғылыми жетекшісі – М.И.Қасабеков

Бағдарлау жүйелерін әзірлеу барысында ғарыш аппаратының (ҒА) басқарылуы көптеген жағдайларда жоғары дәлдікпен қатты дененің қозғалыс теңдеулерімен өрнектеуге болады. Алайда, құрылымында ұзындығы үлкен элементтері бар, жеңіл материалдардан жасалған аппараттар олардың қозғалысын модельдеуге басқадай тәсілді талап етеді. Мұндай элементтерге практикада кеңінен қолданылатын жоғары және аса жоғары шешімді Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің, геостационарлық байланыс спутниктерінің конструкцияларына енгізілген шығарылатын штангалар, күн панельдері мен антенналар мысал бола алады.

Бағыттау дәлдігі бойынша барған сайын өсіп келе жатқан талаптарға байланысты ҒА конструкциясының жоғарыда көрсетілген элементтерінде орбиталық және бұрыштық маневр жасау барысында туындайтын діріл қозғалыстың қажетті режимдерін тұрақтандыру дәлдігіне теріс әсер етіп қана қоймай, тіпті олардың тұрақсыздығына да әкелуі мүмкін фактор болып табылады. Осыған байланысты қатты емес элементтері(ҚЕЭ) бар ҒА бағдарын басқару жүйелерін жобалау кезінде:

- оның конструкциясы элементтеріндегі дірілді ескеретін ҒА қозғалысының дәлдігі жоғары моделін жасау;
- дірілдің ҒА бағдарына әсерін ескеретін ҚЕЭ-мен ҒА бұрыштық қозғалысының берілген режимдерін тұрақтандырудың белгілі әдістерін бейімдеу немесе жаңа әдістерін әзірлеу;
- жұмыс процесінде ҚЕЭ-дегі тербелістер мүмкіндігінше аз болатын ҒА бұрыштық қозғалысының осындай режимдерін құру.

Қарастырылатын қолданбалы есептің мақсаттары мен сипатына байланысты ҚЕЭ бар ҒА математикалық үлгілерін құрудың көптеген тәсілдері бар.

Бұл мақалада ғарыш аппаратының (ҒА) корпусына бекітілген қатты емес элементтердің (ҚЕЭ) еркін санымен ҒА қозғалысының теңдеулері қорытып шығарылды. Сонымен қатар ҒА корпусымен ҚЕЭ буындасудың негізгі түрлері қаралды.

P_n , $n = \overline{1, N}$ нүктелерінде N ҚЕЭ бекітілген, корпусы қатты денеден тұратын ҒА қарастырамыз. Қатты бекітілген ҚЕЭ саны l_1 -ге тең, ал тиісінше бір дәрежелі және екі дәрежелі топсалардың көмегімен, бекітілген ҚЕЭ саны l_2 және $N-l_1-l_2$ -ге тең деп есептеледі. Корпустың элементар i -ші нүктелік массасы m_{Si} , және n -ші ҚЕЭ, m_{ni} , Жер центрінің массасына қатысты векторлары тиісінше R_{Si} және R_{ni} векторлармен беріледі (1-сурет). Әрбір элементар массаның үш ілгерілемелі еркіндік дәрежесі бар деп есептеледі.

Бұл ретте

$$\vec{R}_{Si} = \vec{R}_S + \vec{r}_{Si}, \vec{R}_{ni} = \vec{R}_n + \vec{r}_{ni} + \vec{u}_{ni}, \quad (1)$$

Мұндағы R_S және R_n - ҒА корпусының және n -ші деформацияланбаған ҚЕЭ масса центрлерінің Жер массасының центріне қатысты радиус-векторлары; r_{Si} , r_{ni} - басталуы тиісті денелер массасының орталықтарына орналастырылған ҒА корпусының i нүктелерінің және n -ші деформацияланбаған ҚЕЭ радиус-векторлары; u_{ni} - серпінді деформациялардан туындаған n -ші ҚЕЭ-нің i -ші нүктесінің орынауыстыруы (1-сурет) және шағын деформациялар теориясы бойынша дұрыс деп есептеледі.

Бұл жағдайда [1, 2] ҚЕЭ n -нің i -нүктесінің оған деформацияланбаған күйіне қатысты орын ауыстыруы r_{ni} , түрлендіру түрінде ұсынылады:

$$\vec{u}_{ni}(\vec{r}_{ni}, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \vec{\Phi}_{nk}(\vec{r}_{ni}) q_k(t) \quad (2)$$

Өзіндік ауытқу модалары бойынша $\vec{\Phi}_{nk}(\vec{r}_{ni})$, $k = \overline{1, \infty}$, мұндағы $q_k(t)$, $k = \overline{1, \infty}$ - n - ҚЕЭ (бұдан әрі - модальды ауыспалылар) тербелістерінің өз режимдерінің әрқайсысында деформация шамасын сипаттайтын жалпыланған координаттар.

Әдетте, ҚЕЭ шынайы жүйелерінде, күрделі конструкциялар болып табылады, сондықтан тербелістердің өзіндік модаларын аналитикалық түрде анықтау мүмкін емес. Алайда, ақырлы-элементтік модельдеудің серпінді деформация векторы u_{ni} i -нүктесінің n -нүктесі түріндегі ауытқу моделі бойынша ақырлы қатар мен аппроксимацияланады [3]

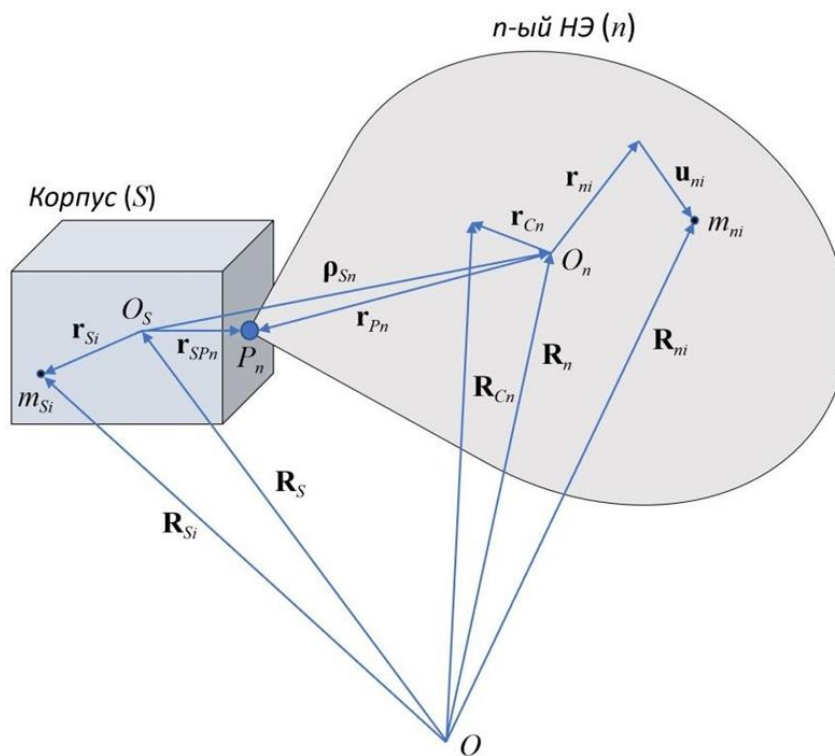
$$\vec{u}_{ni} = \vec{A}_{ni} \vec{q}_n. \quad (3)$$

(3) өрнегіндегі $q_n(t) = (q_1(t) \dots q_{k_n}(t))^T$ векторының k_n модальды айнымалысы бар, ал

$$\vec{A}_{ni} = (\vec{a}_{n1i} \dots \vec{a}_{nk_n i}) \quad (4)$$

Матрицасы өзіндік ауытқу режимінің матрицасы, a_{nki} бағандар оның k -ші тербеліс модасынан туындаған оның r_{ni} деформацияланбаған күйіне қатысты n -нің i -ші нүктесі. Айта кетейік, жұмыста қалыпты ауытқу модалары қолданылады, олардың матрицалары өз модалары нормалау шартын қанағаттандырады

$$\sum_i m_{ni} \vec{A}_{ni}^T \vec{A}_{ni} = \vec{E}_{k_n \times k_n}. \quad (5)$$



1 – сурет: ҚЕЭ бар ҒА моделі

ҚЕЭ-дегі тербеліс процесінің сипаттамасы (2) көмегімен (3) ҚЕЭ бар ҒА қозғалысының моделін дифференциалды теңдеулердің ақырғы өлшемдік жүйесі түрінде ұсынуға мүмкіндік береді, оны практикалық қолдану үшін неғұрлым қолайлы етеді.

ҚЕЭ-мен ҒА қозғалысын сипаттау кезінде координаттар жүйелерінің жиынтығын анықтаудың әртүрлі тәсілдері бар [4,5]. Мақалада [3,6] сәйкес келесідей оң ортогональдық координат өстері пайдаланылады:

$OY_1Y_2Y_3 (Y)$ - инерциялық координат жүйесі, оның басты нүктесі Жер массасының ортасында жатыр, OY_3 өсі экватор жазықтығына перпендикуляр, OY_1 өсі көктемгі күн мен түннің теңгерілу нүктесіне бағытталған, OY_2 өсі жүйені оң үштікке дейін толықтырады; $OSxyz (x)$ - ҒА корпусымен байланысты координат жүйесі, оның бас нүктесі ҒА корпусы массасының центрінде орналасқан, өстері - оның басты орталық өстері болады; $O_nx_ny_nz_n$ - n -ші ҚЕЭ байланысты координат жүйесі, оның бас нүктесі деформацияланбаған ҚЕЭ n -ші массаның центрінде орналастырылады, өстері - оның n -ші деформацияланбаған ҚЕЭ басты өстері болады; $O_{P_n}\xi_n\eta_n\zeta_n$, $n = \overline{l_1 + 1, l_1 + l_2}$ - бір дәрежелі n -ші топсасымен байланысты;

Ал $O_{P_n}\xi_n^1\eta_n^1\zeta_n^1$, $O_{P_n}\xi_n^2\eta_n^2\zeta_n^2$, $n = \overline{l_1 + l_2 + 1, N}$ - екідәрежелі n -ші топсамен байланысты координат жүйесі.

Топсалармен байланысты барлық координат жүйелерінде $O_{P_n}\xi_n$, $O_{P_n}\xi_n^1$, $O_{P_n}\xi_n^2$ топсадағы бұрылыс өстері болып табылады, ал қалған екеуі олармен перпендикуляр және оң үштіктерді құрайды.

Координат жүйесіне енгізілген (Y) және (x) индекстері вектордың қандай да бір базиспен жіктелгенін көрсетеді. Мысалы, $\vec{r}^Y$ жазбасы $\vec{r}^x$ базисі бойынша жіктелгенін көрсетеді.

Қозғалыс теңдеулерін қорытып шығару кезінде тиісті өту матрицалары түсірілген және барлық векторлар бір координаталар жүйесінде жазылған деп есептеледі.

Осы жұмыста ҒА корпусына бекітілген ерікті алдын ала берілген ҚЕЭ саны бар ҒА математикалық моделі әзірленеді. ҒА конфигурациясының өзгерістеріне бейімделу проблемасы оны қалыптастыру кезінде негізгі болып табылады. Оған барлық ҒА үшін бірден жазып берілетін динамиканың жалпы теңдеуінің көмегімен алынған модельдер жатады [1,3].

Көрсетілген қиындықтарды жеңу үшін [7] алдымен ҒА жекелеген құраушылары үшін қозғалыс теңдеулерін жазу керек және тек содан кейін ғана ҚЕЭ бар ҒА жалпыланған координаттарына көшуді жүзеге асыру ұсынылады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Докучаев Л.В. Нелинейная динамика летательных аппаратов с деформируемыми элементами. М.: Машиностроение, 1987, 232 с.
2. Баничук Н.В., Карпов И.И., Климов Д.М., Маркеев А.П., Соколов Б.Н., Шаранюк А.В. Механика больших космических конструкций. М.: Факториал, 1997, 302 с.
3. Ovchinnikov M.Yu., Tkach S.S., Roldugin, A.B. Nuralieva D.S., Mashtakov Y.V. Angular Motion Equations for a Satellite with Hinged Flexible Solar Panel // Acta Astronautica, 2016. Vol. 128. P. 534-539.
4. Canavin J.R., Likins P.W. Floating Reference Frames for Flexible Spacecraft // Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 1977, Vol. 14, P. 724-732.
5. Докучаев Л.В. Нелинейная динамика упругого летательного аппарата. Итоги науки и техники. Общая механика. М.: ВИНТИ, 1982, Т. 5, с. 135-197.
6. Овчинников М.Ю., Ткачев С.С., Шестопёров А.И. Алгоритмы стабилизации космического аппарата с нежесткими элементами // Известия РАН. Теория и системы управления, 2019, №3, с. 177-193.
7. Погорелов Д.Ю. Введение в моделирование динамики систем тел: Учебное пособие. Брянск: БГТУ, 1997, 164 с.

УДК 531

РАЗРАБОТКА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН

Бегимбекова Райхан Оразаевна

rayabemb02@gmail.com

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель: к.т.н., доцент Алимжанов М.Д.

Введение. Современное машиностроение и горнодобывающая промышленность широко используют вибрационные машины для выполнения различных технологических процессов, таких как транспортировка, сортировка, дробление, уплотнение материалов. Эффективность и надежность работы этих машин зависят от точности расчетов их динамических характеристик, устойчивости колебаний и резонансных режимов. В связи с этим актуальной задачей является разработка эквивалентных расчетных схем, позволяющих точно и эффективно моделировать поведение вибрационных машин. Сложные конструкции вибрационных машин, включающие большое количество взаимодействующих элементов с нелинейными характеристиками, затрудняют создание их адекватных моделей. Существующие расчетные схемы часто упрощены и не учитывают особенностей взаимодействия рабочих органов и узлов. Это приводит к снижению точности прогнозирования динамического поведения и затрудняет разработку оптимальных параметров управления вибрационными машинами.

Целью данной работы является разработка эквивалентных расчетных схем вибрационных машин для более точного моделирования их динамических характеристик и повышения эффективности управления.

Постановка задачи. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести обзор существующих расчетных схем и методов моделирования вибрационных машин.