УДК 331.432.4
DOI: 10.62717/2221-4550-2025-1-010

Снобко Д.О.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ORCID 0009-0008-8414-8825
E-mail: landidsn@gmail.com

Сокол Г.І.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ORCID 0000-0002-6183-9155
E-mail: gsokol@ukr.net

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСНИХ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ТІЛ КОСМОНАВТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ АНАЛОГІЙ

Анотація. Розроблено метод визначення власних резонансних частот тіла космонавта за допомогою електромеханічних аналогій. Створена фізична модель тіла космонавта як багатомасової системи, у якій маси з'єднані пружними зв'язками з демпфувальними елементами. Запропонована розрахункова схема дозволяє визначити частоти, на яких виникають шкідливі вібраційні впливи під час запуску ракети-носія. У результаті проведених розрахунків отримане значення власної резонансної частоти тіла космонавта — 1,702 Гц. Визначення цієї частоти дозволяє правильно спроєктувати демпферну систему у кріслі космонавта для мінімізації впливу низькочастотних вібрацій.

Ключові слова: резонансна частота, електромеханічні аналогії, вібрації, власні частоти.

D. Snobko
Oles Honchar Dnipro National University
ORCID 0009-0008-8414-8825
E-mail: landidsn@gmail.com

G. Sokol
Oles Honchar Dnipro National University
ORCID 0000-0002-6183-9155
E-mail: gsokol@ukr.net

METHOD FOR DETERMINING THE NATURAL RESONANT FREQUENCIES OF COSMONAUTS' BODIES USING THE ELECTROMECHANICAL ANALOGY METHOD

Annotation. A method for determining the natural resonance frequencies of an astronaut's body using electromechanical analogies has been developed. A physical model of the astronaut's body has been created as a multi-mass system, where the masses are connected by elastic links with damping elements. The proposed computational scheme allows for the identification of frequencies at which harmful vibrational effects occur during the launch of a carrier rocket. As a result of the calculations, the natural resonance frequency of the astronaut's body was found to be 1.702 Hz. Determining this frequency enables the proper design of the damping system in the astronaut's seat to minimize the impact of low-frequency vibrations.

Keywords: resonance frequency, electromechanical analogies, vibrations, natural frequencies.

Розробки з визначення резонансних частот тіл живих біологічних об/єктів з/явилися з другої половини 20-го сторіччя. Необхідність у таких роботах виникла з розвитком видів транспорту. Бо в час руху автомобілів, тракторів, паровозів, тепловозів, електровозів на водіїв накладалися не тільки стаціонарні навантаження, але і динамічні [1]. А саме, виникали різного виду коливання. Особливе значення коливальні навантаження проявили себе при польотах літаків та ракет [2]. При виведенні космічного корабля з космонавтами на навколоземну орбіту ракета-носій (РН) зазнає значних вібраційних навантажень. Тому важливо знати власні частоти тіла космонавта, щоб уникати вплив шкідливих коливань на цих частотах.

Метою цієї роботи є розробка фізичної моделі тіла космонавта як багатомасової системи, маси в якій з'єднані пружними зв'язками з демпфувальними елементами, за методом електромеханічних аналогій і використання її для розрахунку власної резонансної частоти тіла космонавта.

Розглядаючи тіло як систему мас, пов'язаних між собою пружними зв/язками, можна визначити резонансну частоту багатомасової системи.

Для визначення резонансних частот тіла космонавта розроблена методика з використанням електромеханічних аналогій. Схожа фізична модель коливальної системи тіла космонавта, що запропонована професором І.К. Коськом [3]. Але розрахункова схема розроблена вперше. Важливу роль тут відіграє коефіцієнт жорсткості зв/язків елементів механічної системи. Метод розрахунку дає змогу визначити власні частоти коливань.

Розрахункова схема досліджуваної коливної системи зображується у вигляді дискретних мас, пов'язаних між собою пружними зв'язками. Для визначення резонансних частот живих організмів складено модель, що імітує тіло космонавта. Вона складається із зосереджених мас, з'єднаних між собою пружними зв'язками.

Під час розв'язання задачі дійсну коливальну систему замінили еквівалентною, яка є аналогом тіла людини. В результаті розрахунку насамперед будуть визначені приведена маса і приведена жорсткість механічної системи. На основі знання цих величин визначається вже резонансна частота тіла.

Під час розрахунку жорсткості системи дотримувалися правил послідовного і паралельного з'єднання [4, 5].

В результаті, було створено фізичну модель та розрахункову схему для визначення механічних характеристик тіл космонавтів методом електроакустичних аналогій. Розроблено методику визначення власних частот тіла космонавта. Використовуючи цю модель, проведено розрахунок частоти, якої слід уникати, щоб запобігти пошкодженням від вібрацій конструкції ракето-космічного комплексу, і встановлено, що ця частота становить 1,702 Гц.

Розроблено рекомендації щодо уникнення ефекту збігання власних резонансних частот тіла космонавта та його окремих органів із частотами, що реєструються телеметричними датчиками та виникають у конструкції ракето-космічного комплексу під час активної фази виведення. Ці рекомендації можуть бути враховані при проєктуванні демпферної системи в кріслі космонавта.

Ця робота має практичне значення в ракетно-космічній техніці для забезпечення нормального стану космонавта в процесі та після впливів на його тіло вібрацій на активній ділянці виведення РКП.

Список використаних джерел

1. Диментберг Ф.М. Вибрация в технике и человек / Ф.М. Диментберг, К.В. Фролов. — М: Знание, 1987. — 160с.
2. Сокол Г.И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне: научная монография / Г.И. Сокол. — Днепропетровск : Проминь, 2000. — 134 с.
3. Косько И.К. Динамический анализ и синтез ракет. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — Днепропетровск, 1971г. — 410 с.
4. Singh G., Arnab C..Mechanical properties of whole-body soft human tissues: a review // Biomedical Materials. — 2021. — Т. 16, № 6. — 062004.
5. Hinrichs R.N. (1990). Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969) // Journal of Biomechanics. — Т. 23, № 9. — С. 949-951. — https://doi.org/10.1016/0021-9290(90)90361-6.