

ТЕНСЕГРИТІ-СТРУКТУРИ: АНАЛІЗ ПЛОСКОЇ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНИХ СИЛ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У роботі розглядаються принципи статичної рівноваги абсолютно твердого тіла на прикладі тенсегріті-структур. Проведено аналіз системи сил для моделі, що складається з двох жорстких елементів та гнучких зв'язків. Складено рівняння рівноваги сил та моментів, які математично обґрунтовують просторову стабільність та ефект «левітації» конструкції.

Ключові слова: тенсегріті, технічна механіка, статична рівновага, плоска система паралельних сил, натяг, момент сили.

Abstract.

This paper examines the principles of static equilibrium of a perfectly rigid body using the example of tensegrity structures. An analysis of the force system is performed for a model consisting of two rigid elements and flexible connections. Equations of equilibrium for forces and moments are derived, which mathematically justify the spatial stability and the “levitation” effect of the structure.

Keywords: tensile structures, engineering mechanics, static equilibrium, plane system of parallel forces, tension, moment of force.

Вступ

Принципи рівноваги абсолютно твердого тіла є фундаментальними у технічній механіці. Цікавим та нетиповим прикладом реалізації цих принципів є структури тенсегріті (від англ. *tensional integrity* — з'єднання шляхом натягу). Візуально такі об'єкти створюють ілюзію левітації, проте з точки зору статичної їхньої стабільності пояснюється чітким балансом сил стиснення та натягу.

Ключові переваги тенсегріті:

Надзвичайна структурна ефективність: Тенсегріті-структури працюють за принципом балансу між елементами, що розтягуються (троси, мембрани), та елементами, що стискаються (стрижні). Це дозволяє рівномірно розподіляти навантаження по всій конструкції.

Легкість та міцність: Завдяки тому, що жорсткі елементи не торкаються один одного, а тримаються на розтяжках, конструкція стає легшою за традиційні споруди аналогічної міцності.

Пружність та стійкість до руйнування: Через свою гнучку природу, тенсегріті-структури здатні поглинати енергію ударів та вібрацій, що робить їх сейсмостійкими.

Можливість створення унікальних архітектурних форм: Такі структури розривають шаблони класичної архітектури, дозволяючи проектувати незвичайні та ефектні поверхні.

Опис системи

Ця система згідно з рис. 1 складається з двох основних жорстких елементів (верхньої та нижньої опор) складної форми, які не торкаються одна одної безпосередньо. Вони з'єднані між собою виключно гнучкими зв'язками – тросами або волосінню.

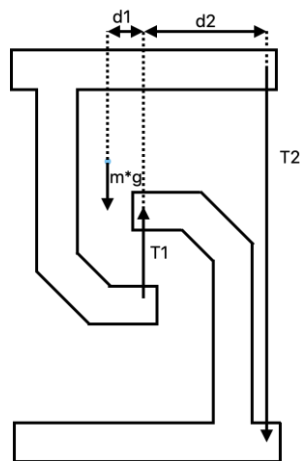


Рисунок 1

Центральний короткий трос бере на себе функцію головної опори, а периферійні (бічні) троси забезпечують геометричну незмінність конструкції та запобігають її перекиданню.

Аналіз плоскої системи паралельних сил умов рівноваги

На верхню частину системи діють сили натягу тросів та сила тяжіння. Сила тяжіння mg направлена вертикально вниз з центра маси верхньої частини. Сила коротшого тросу T_1 вертикально вгору, а сила двох довших тросів T_2 вертикально вниз.

Оскільки центр мас зміщений відносно коротшого тросу, сила тяжіння створює обертальний момент для верхньої частини системи, сила тяжіння mg надає момент проти часової стрілки, помножений на відстань по горизонталі до T_1 , а сила натягу T_2 за часовою, помножений на відстань тросу T_2 до T_1 .

Умовою статичної рівноваги для цієї системи буде:

$$\begin{aligned}\sum F_i &= 0 \Rightarrow T_1 = mg + T_2 \\ \sum T_1 &= 0 \Rightarrow mg \times d_1 = T_2 \times d_2\end{aligned}$$

Висновок

Структура тенсегріті є нетиповим прикладом реалізації принципів рівноваги систем твердих тіл, і попри свою незвичність повністю підпорядковуються законам фізики та описуються базовими принципами статyki.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павловський М. А. Теоретична механіка : Статика абсолютно твердого тіла. Кінематика. Динаміка, Основи аналіт. механіки. Підруч. для студ. вищ. навч. закл. Київ : Техніка, 2002. 512 с.
2. Zhang J. Y., Ohsaki M. Tensegrity Structures. Tokyo : Springer Japan, 2015. URL: <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54813-3> (date of access: 16.03.2026).

Пилипенко Олександр Миколайович – студент 1-го курсу, Вінницький національний технічний університет; факультет електроенергетики та електромеханіки, група ЕСМ-256; uasashauman06@gmail.com

Перлов Віктор Євгенійович – канд. техн. наук, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: perlov@vntu.edu.ua

Pylypenko Oleksandr – Ist year student, Vinnytsia National Technical University; Faculty of Power Engineering and Electromechanics; uasashauman06@gmail.com

Perlov Viktor – Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Department of Strength of Materials, Theoretical Mechanics, and Engineering Graphics, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: perlov@vntu.edu.ua