Космічні сонячні енергосистеми гироскопичного і циклічного функціонування з елементним поєднанням складових і новим алгоритмом перетворення теплового випромінювання

Ю. М. Мар'їнських

Gyroscopic Solar Power Satellite with the New Thermal Conversion System and Superconductive Generator
DOI: 10.3103/ S0003701X19060070

New Generation Thermodynamic Autonomously Managed Space Solar Power Plant
DOI:10.1134/S1810232814040109

The Material of the Working Fluid of the Solar Energy Heat Converter for Space Application
DOI: 10.2412/mmse.90.3.605

Проблеми в розробці та реалізації проектів космічних сонячних електростанції (КСЕС) тепловий системи перетворення

Наукову і практичну значимість розроблених проектів космічних сонячних енергосистем гироскопічного і циклічного функціонування необхідно представити в контексті короткого знайомства з раніше розробленими фірмами «Боїнг», «Рокуелл Інт» за програмою НАСА за участю лауреата Нобелівської премії П. Глейзера.

Основна проблема в розробці проектів космічних сонячних електростанцій (КСЕС) полягала у виборі теплової або фотоелектричної системи перетворення.

Незважаючи на всі переваги: високий ККД теплової системи перетворення (до 39%), освоєна технологія виробництва турбогенераторів з розвиненою промисловою базою, використання не діфіцітних матеріалів, стійких до впливу космічної радіації, існують чинники, які стримують реалізацію цих проектів. До них відноситься велика питома маса системи перетворення в середньому рівна 3,4 кг·кВт $^{-1}$ [1], (Solar Power Satellite) SPS (див. Табл.)

Елементи	Маса, т
Система тепловідведення	10769
Несуча конструкція	6254
Рабоче тіло (калій)	6085
ПТП з електрогенераторами (1,15 ГВт)	1933
Фацети	1837
приймачі випромінювання	1000
вторинні конденсатори	324
Разом:	48175

Проектанти КСЕС, (допущення автора) покладалися на стратегію майбутнього розвитку космічної галузі при якій ракетоносії здатні виводити на геостаціонарну орбіту корисні вантажі з необхідними масогабаритними характеристиками. Так проекти з газотурбінними системами перетворення [2], розраховані на отримання 10 ГВт електричної потужності на вихідних електрошин наземної приймальної ректенни зазнавали змін на предмет теплових систем [3,4], в результаті виникла необхідність в системі наведення для утримання відбитого випромінювання над входом отворі приймача.

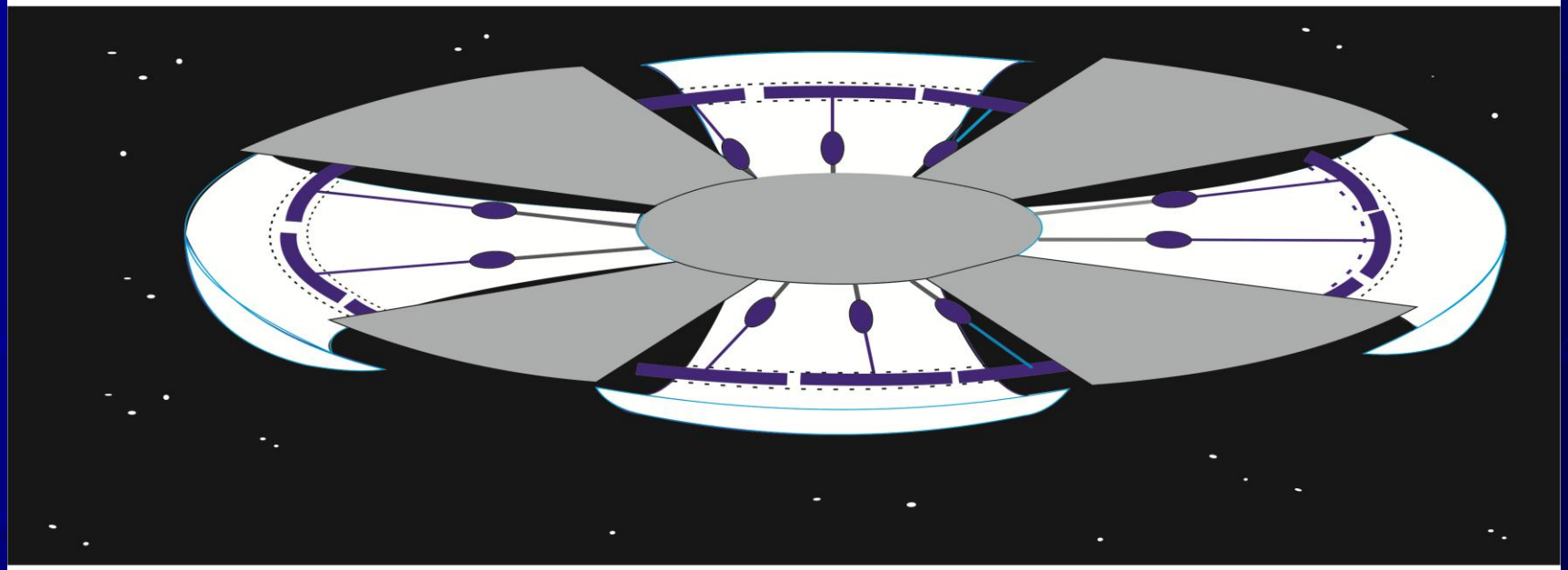
Була розроблена система наведення.

Ця система не є вирішенням завдання наведення, так як при експлуатації КСЕС виникнуть механічні коливання, максимально близькі до резонуючим, що веде до нуля очікуваний ефект. Механічні коливання будуть передаватися по системі перетворення, що призведе до ймовірності руйнування окремих резонують вузлів і частин КСЕС. Ця проблема в проектах не розглядається.

Система прямого фотоелектричного перетворення має ряд переваг по розгортанню в космосі гнучких фотоперетворюючих панелей з відносно малими масовими параметрами. Сьогодні вона пріоритетна і частково почала реалізовуватися провідними космічними країнами.

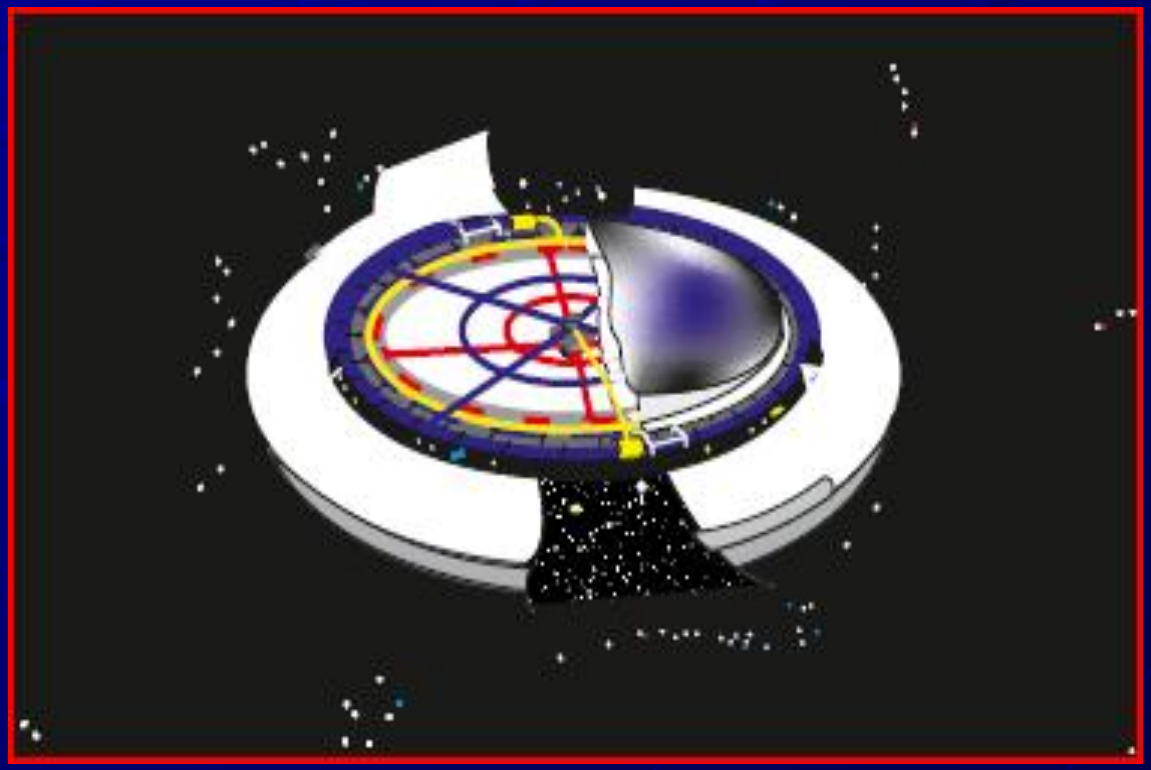
Однак складно розрахувати вартість виробництва необхідної кількості фотоперетворюючогго матеріалу і робочих елементів з нього. Немає однозначності у вартості одного кіловата електроенергії, виробленої орбітальної КСЕС з урахуванням ресурсу фотоелементів в умовах космосу. Ці фактори, а також проблеми реалізації проектів теплових КСЕС, дають підстави знову переглянути традиційні методи перетворення теплової сонячної енергії в КСЕС.

На сучасному етапі виникла можливість використання надміцних і легких конструкційних матеріалів з вуглецевих композиційних матеріалів для виготовлення каркаса і силових елементів енергетичних систем космічного призначення. Застосування високотемпературних надпровідників і створених на їх основі надпровідних електрогенераторів дозволяє істотно знизити масогабаритні параметри надпровідних КСЕС теплової системи перетворення.



Унікальні особливості гіроскопічною космічної сонячної енергостанції (ГКСЕ) з новою тепловою системою перетворення (ТСП) і надпровідним генератором

Основна особливість пропонованого проекту в тому, що він має можливість перетворювати сонячну енергію в механічну і електричну в необхідних співвідношеннях. Проєкт передбачає можливість розміщення і створення на енергостанції високотехнологічного виробництва з регульованою штучної гравітацією, тому вона і має таку назву.



До особливостей ГКСЕ слід віднести малі витрати при створенні відносно дешевими комплектуючими в порівнянні з фотоперетворюючими КСЕС, для яких відповідними вважаються гетероструктурних (багатошарові) гнучкі сонячні батареї CIGS на основі Cu (InGa) Se2. Але через складність технологічного процесу на унікальному обладнанні при їх виготовленні різними виробниками вартість в результаті виявляється дуже високою. Поверхні великої площі таких дорогих фотоперетворювачів неможливо зберегти від руйнівної дії електронами, протонами і метеорними потоками.

Особливістю створенного проєкту гіроскопічної космічної сонячної енергостанції (ГКСЕ) з новою тепловою системою перетворення (ТСП) і надпровідним генератором є принципово інший підхід перетворення енергії повного спектра сонячного випромінювання в механічну і електричну в необхідних співвідношеннях, ніж було розроблено до цього в області космічної енергетики.

Конструкція енергостанції передбачає створення і розміщення на ній високотехнологічного виробництва з регульованою гравітацією, що дозволяє не використовувати двигуни і газотурбінні установки, систему наведення, а також холодильник-випромінювач, маса якого становіть близько половини всієї маси ГКСЕ. Їх роль виконують теплоперетворюючі робочі модулі, які рухаються в круговій тунельній порожнині «теплової пастки», що має прозору поверхню з низькоемісійним покриттям.

Використання в ГКСЕ високотемпературних надпровідників, а також жароміцних і легких конструкційних матеріалів з вуглець композитів [16,17,18,19] значно покращують її енергетичні та масогабаритні показники. Це робить маловитратним її створення відносно дешевими комплектуючими в порівнянні з фотоперетворюючими КСЕС. Принцип функціонування енергостанції дає можливість реалізувати базування аналогічних перетворювачів на небесних об’єктах.

Gyroscopic Solar Power Satellite with the New Thermal Conversion System and Superconductive Generator

Yu. M. Mar'yinskykh*

Department of System Engineering and Informational Technologies, Sumy State University, Shostka Institute, Shostka, Sumska oblast, 41100 Ukraine

**e-mail: mymth44@gmail.com*

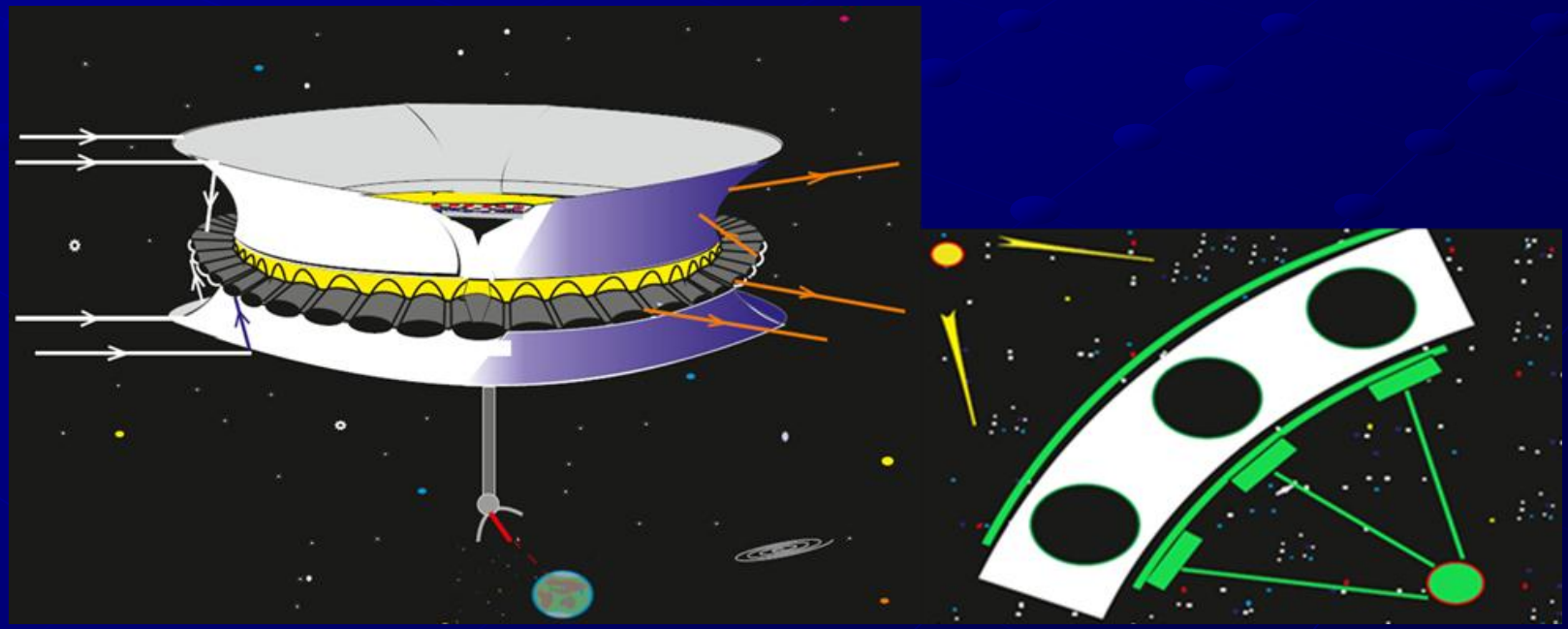
Received February 7, 2019; revised June 12, 2019; accepted August 15, 2019

Abstract—The analysis of solar energy conversion methods in the projects of solar power satellites (SPS) has been conducted and the problems restraining their implementation analysed. Therefore, the article provides grounds for using promising heat-resistant materials of carbonic nanocomposite and low-temperature superconductors in the scheme of solar energy conversion with the purpose of creating SPS projects of a new type with improved weight and size parameters and physical and technical characteristics. The difference between the gyroscopic solar power satellites (GSPSs) with the new thermal conversion system (TCS) and superconductive generator projects and the previous ones lies in the absence of steam and gas turbine plants, a thermal radiator and a system of direction to the sun. The results of assessment of their energy and weight and size parameters have been presented: the thermal efficiency of conversion by the helium as working fluid at concentration of the solar energy of 74 and by the water steam at 38 has made 85% and 62.7% respectively; the specific weight of the entire thermal conversion system has made 2.17 kg/kW and 2.61 kg/kW; its specific capacity — 12.3 and 6.79 kW/m^2, the specific weight of the GSPS with the new TCS and superconductive generator has made 0.46 and 0.38 kW/kg. The suggested principle of functioning may be used in space power plants, being based on planets and the Moon.

Keywords: gyroscopic solar power satellite, heat conversion module, load-bearing frame, superconducting generator, thermal conversion system

DOI: 10.3103/S0003701X19060070

Використання в енергостанції високотемпературних надпровідників (ВТНП) 2-го покоління, випуск яких вже освоєно, а також жароміцних і легких конструкційних матеріалів з вуглець-вуглецевих композитів [16,17,18,19] значно покращує її енергетичні та масогабаритні показники. Об'єднання високотемпературного теплоприймача знаходяться за тепловим екраном низькотемпературних надпровідних контурів генератора робить можливим в умовах космосу встановлювати необхідний для них температурний режим протягом усього життєвого циклу.

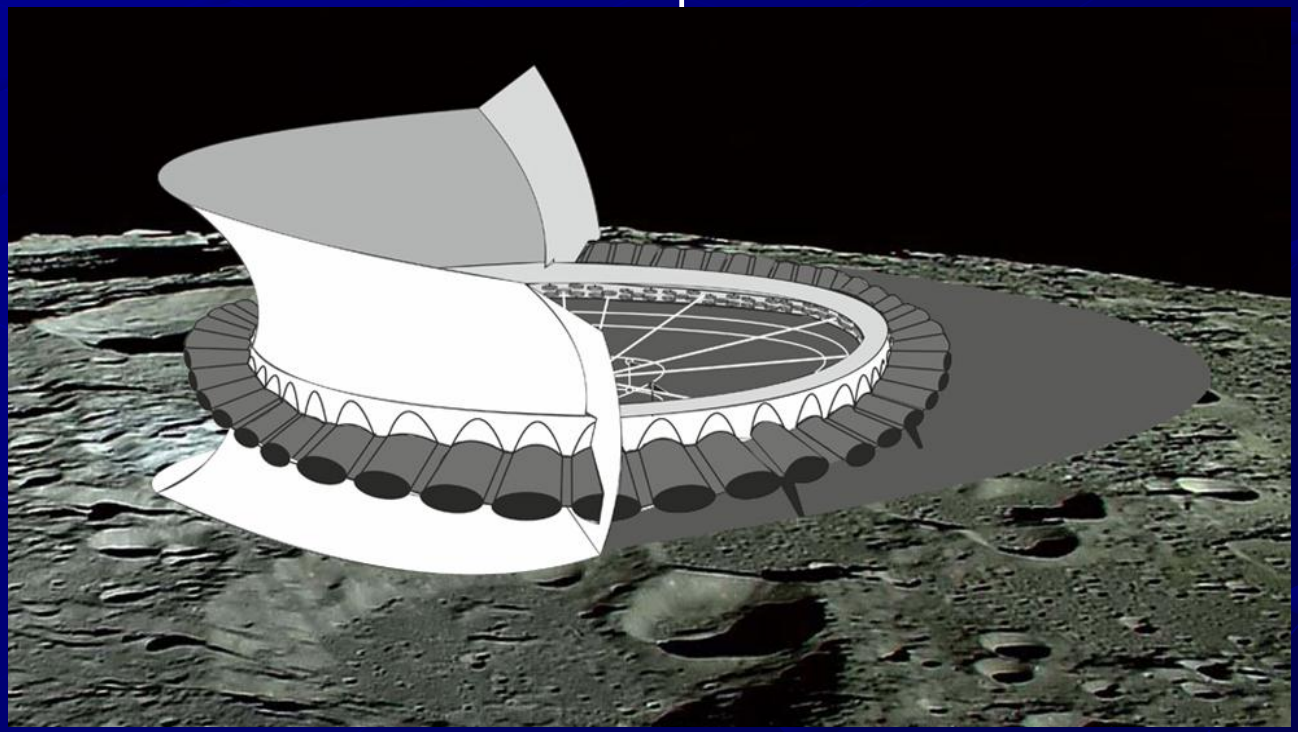


ГІРОСКОПІЧНА КОСМІЧНА САНЯЧНА ЕНЕРГОСТАНЦІЯ З НОВОЮ ТЕПЛОВОЮ СИСТЕМОЮ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА НАДПРОВІДНИКОВИМ ГЕНЕРАТОРОМ

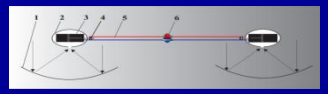
DOI: 10.3103/ S0003701X19060070

АНОТАЦІЯ. Проведено аналіз методів перетворення сонячної енергії в проектах космічних сонячних електростанцій і проаналізовані проблеми, які стримують їх реалізацію. Ефективність функціонування пояснюється її конструктивною особливістю, а також використанням надміцних матеріалів з вуглецевого композиту, прозорого нізкоеміссионного магнетронного покриття кругової тунельної порожнини «теплової пастки» і високотемпературних надпровідників.

Представлені такі результати оцінки як: термічний ККД перетворення в якості робочого тіла гелію, при концентрації сонячної енергії 74 і водяної пари при концентрації 38 склав 85% і 62,7% відповідно; питома маса всієї системи теплового перетворення склала 2,17 кг·кВт-1 і 2,61 кг·кВт-1; її питома потужність - 12,3 кВт·м-2 і 6,79 кВт·м-2, питома маса енергостанції склала 0,46 кВт·кг-1 і 0,38 кВт·кг-1. Запропонований принцип функціонування може бути використаний на космічних енергостанція, що базуються на планетах сонячної системи і місяці.



РОЗВ’ЯЗАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ З ВИВОДУ НА НАВКОЛОЗЕМНУ ОРБІТУ GSPS



1, 2 - концентратор і теплова пастка плівкових типів з пружними елементами для розгортання з транспортного положення; 3 - теплосприймаючий модуль; 4 - перетворювач рухів; 5 - несуча силова ферма; 6 - електрогенератор.

Розроблений спосіб розміщення частин GSPS в корисному об'ємі ракетоносія діаметром 6,36 м і довжиною 13 м дозволяє на орбіті розгорнути її в робочий стан з параметрами: діаметральна відстань між модулями L = 70 м, зовнішній діаметр кругового параболоциліндричного концентратора D=120 м, внутрішній діаметр параболоциліндричного концентратора d = 10 м (де не відбувається прийняття сонячного випромінювання), втрати в тепловипромінювальних зонах «вікнах» W = 3.2 МВт, споживана потужність сонячного випромінювання теплопретворювальною системою W = 11.74 МВт.

Матеріал робочого тіла теплового перетворювача сонячної енергії космічного призначення

DOI 10.2412/mmse.90.3.605

Результатом дослідження є розробка методу безперервного отримання корисної механічної енергії за допомогою функціонального матеріалу (робочим тілом) в процесі нагрівання його сонячним випромінюванням в теплопоглинальній зоні і охолодженні в тепловипромінюючій зоні в оптимально розрахунковому діапазоні температур. Проведено теоретичні дослідження на предмет кількісної оцінки потужності металевого сегмента в ролі робочого тіла теплоперетворюючій панелі при функціонуванні теплового перетворювача сонячної енергії (ТПСЕ) космічного призначення.

Запропоновано рішення, що дозволяє значно підвищити ефективніть ТПСЕ за допомогою поліпшення фізико-технічних характеристик матеріалу сегмента. Показана перспективність зміни на соті частки одного з серії параметрів, які характеризують матеріал сегмента, призводить до можливості по ефективності конкурувати з фотопреобразующімі системами за умови оптимального поєднання декількох параметрів.

Обмеженість земних енергетичних ресурсів змушує шукати нетрадиційні способи отримання енергії з використанням відновлюваних джерел.

Механізм здійснення безперервної корисної роботи активним середовищем

Механізм здійснення безперервної корисної роботи активним середовищем матеріалу (пружною металевою пластиною), що знаходиться в тепловій пастці, полягає в періодичному перетворенні падаючого сонячного випромінювання на її поверхню, яка наближена по теплових властивостях до абсолютно чорного тіла, в наслідок термічного розширення і стиску при охолодженні в зоні затінення по виходу з теплової пастки.

Матеріал сегментів повинен відповідати реалізації основного його функціонального призначення: безперервно здійснювати механічну роботу, мати мінімальну питому теплоємність і щільність, з максимальними значеннями коефіцієнта теплового розширення, модуля пружності при фізичних навантаженнях (стиснення - розтягнення), а ступінь чорноти поверхні пластин наближена до одиниці з можливістю розміщення їх в теплопоглинальній зоні теплової пастки і поза нею в тепловипромінюючії зоні затінення.

Потужність при виконанні сегментом роботи в процесі його нагрівання

$$P = \frac{\int_0^T 2VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^T \frac{h(c\rho + 2E\alpha^2 T)}{nG - \varepsilon\sigma T^4} dT}.$$

На рисунку 1 зображені графіки залежності потужності сегментів при нагріванні від значення температур 250 К до 430 К і в більш високому діапазоні температур від 350 К до 530 К відповідно при концентраціях n = 1 і n = 2.

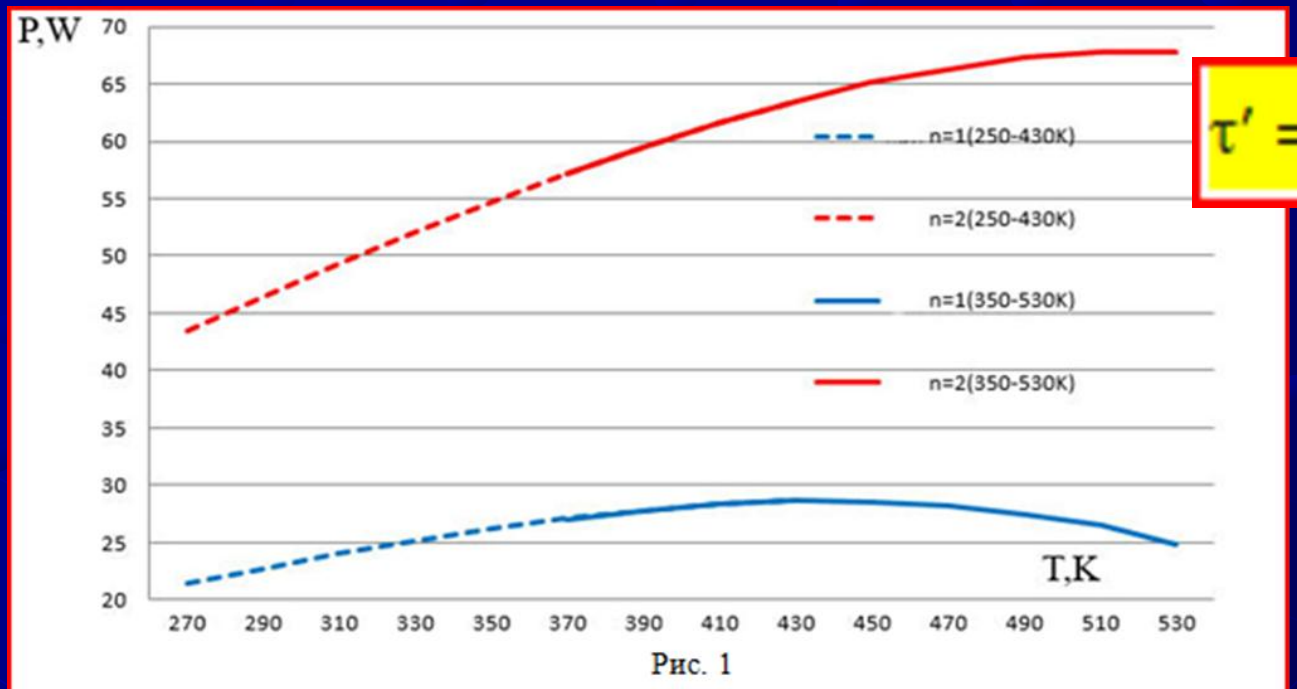


Рис. 1

$$\tau' = \int_T^{T_0} \frac{h(c\rho - 2E\alpha^2 T)}{2\varepsilon\sigma T^4} dT.$$

У знаменнику вираження (5) визначення часу охолодження сегмента панелі коофіцієнт 2 свідчить про збільшення в два рази площі тепловипромінюючої поверхні поза теплової пастки в затемненні

Потужність сегмента в процесі тепловипромінювання (охолодження) визначається співвідношенням (6) ілюстрована на рис.2.

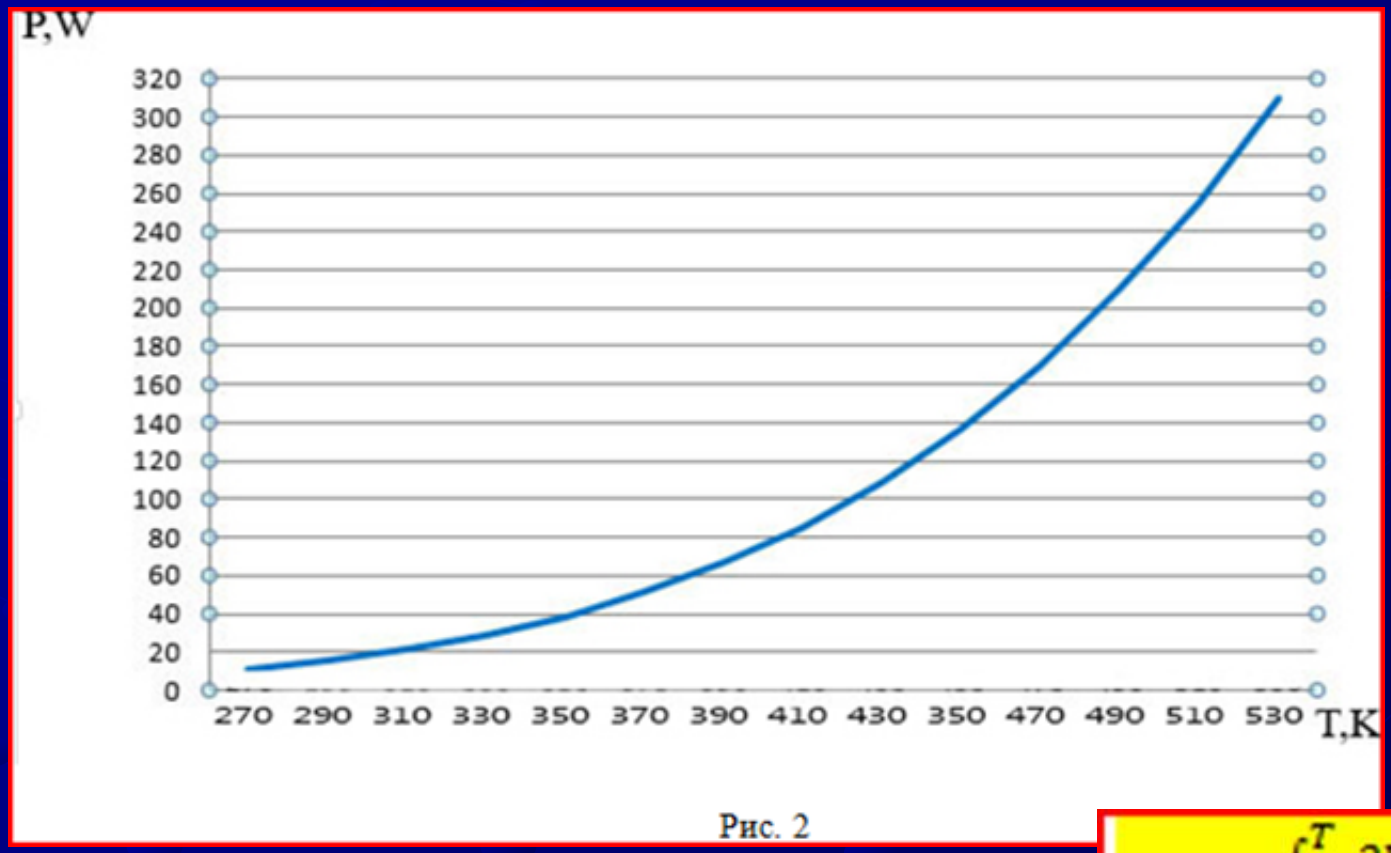


Рис. 2

$$P' = \frac{\int_{T_0}^{T} 2VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^{T} \frac{h(c\rho - 2E\alpha^2 T)}{2\varepsilon\sigma T^4} dT}.$$

Потужність за один цикл процесу теплопоглинання і тепловипромінювання сегментом визначається виразом (7) і відповідна їй залежність зображена на рис.3.

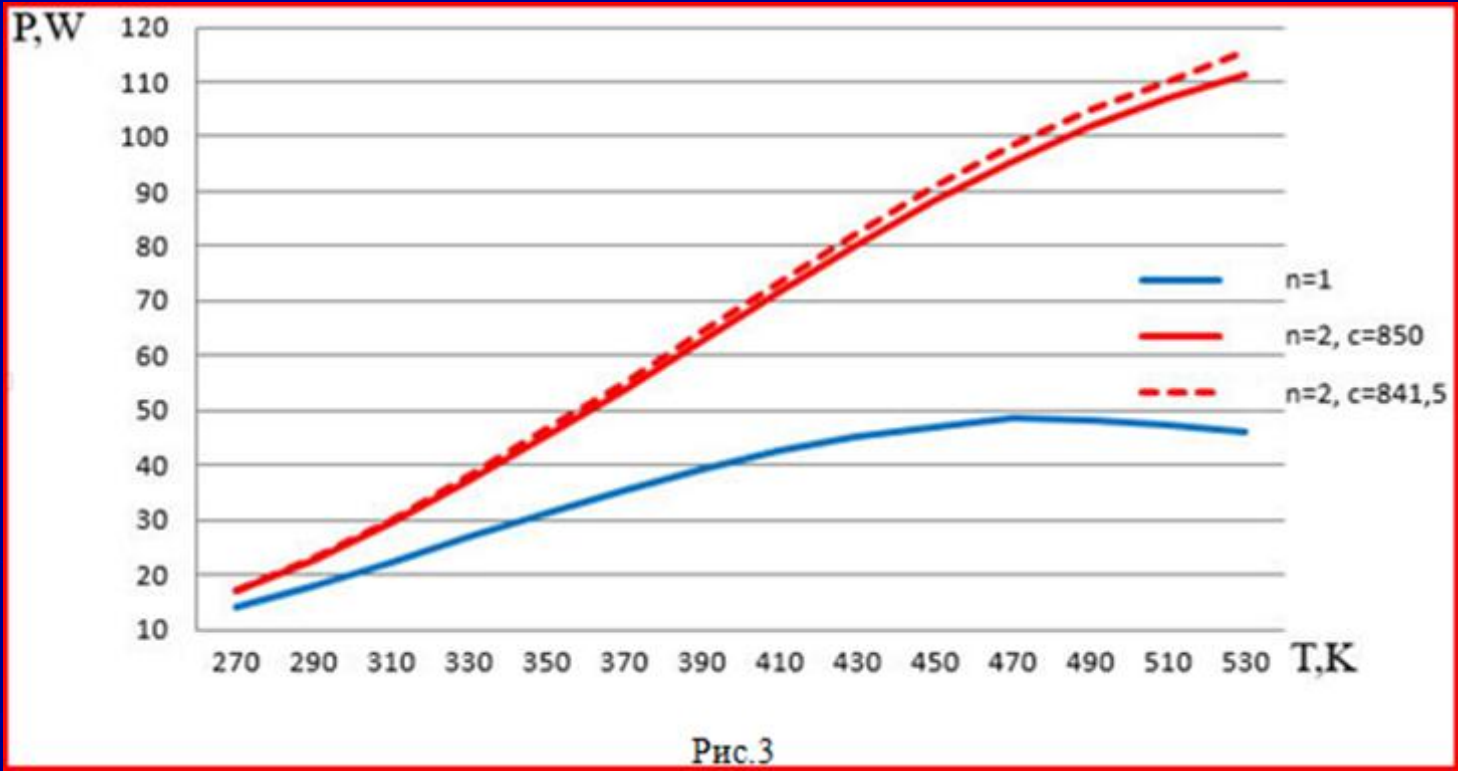
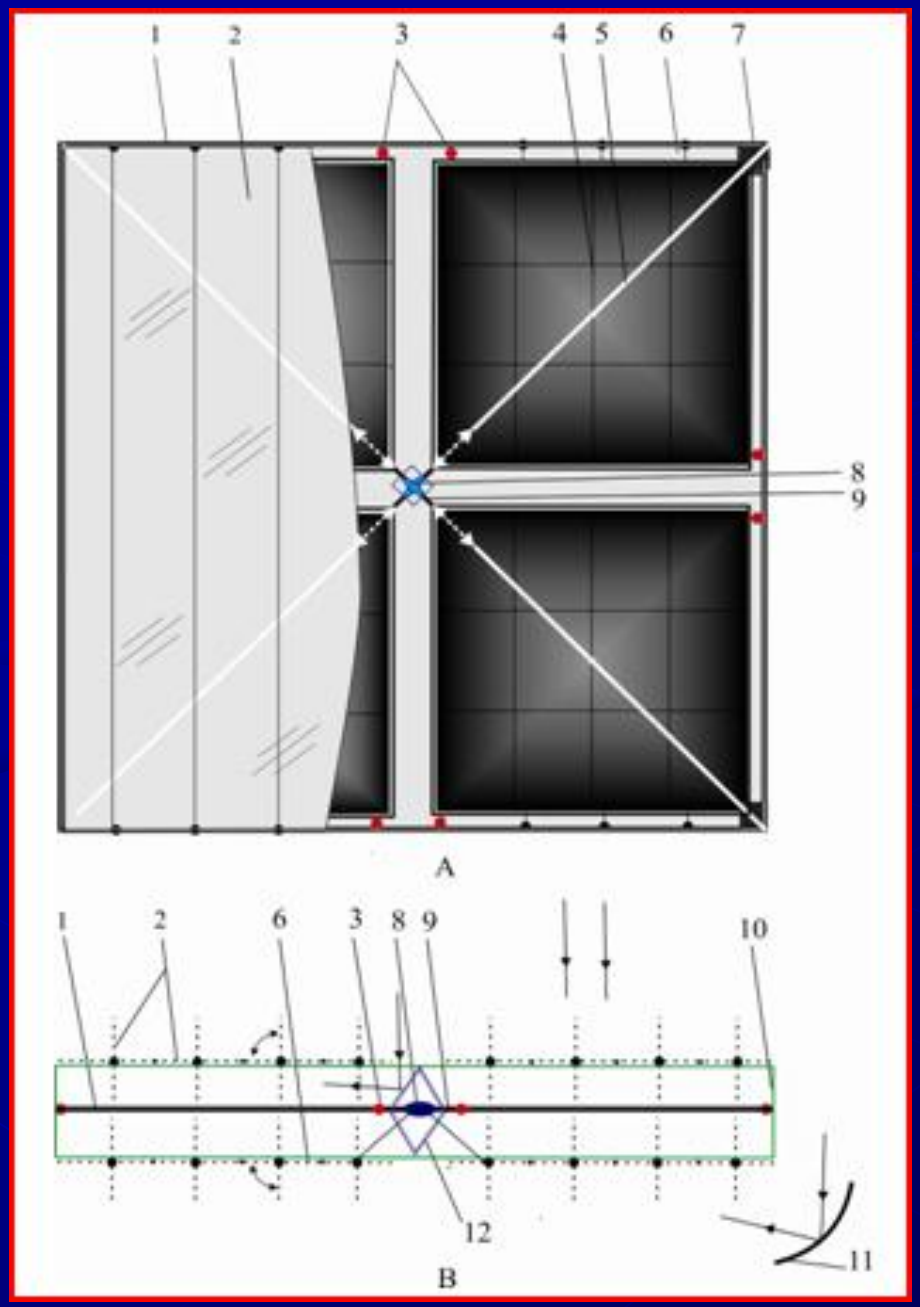


Рис.3

$$P'' = \frac{\int_{T_0}^{T} 4VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^{T} \frac{hc\rho + 2Eh\alpha^2 T}{nG - \varepsilon\delta T^4} dT + \int_{T}^{T_0} \left(\frac{hc\rho - 2hE\alpha^2 T}{2\varepsilon\delta T^4} \right) dT}$$



ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ

(1,5) - жорсткий каркас з карбону, його сторони і діагоналі з відбиваючим покриттям служать напрямними для переміщення по ним закінчення сторін (3) площині (4) з теплоперетаорюючих сегментів активного матеріалу; (2,6) - протилежні поверхні теплової пастки в каркасі (10); (7) - жорстке з'єднання; (8) - двовісний генератор; (9) - штоки генератора; (11) - сонячний концентратор; (12) - відбивач випромінювання.

maryinskykh.ishostka.sumdu.edu.ua