

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництва та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництва різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2024
© Сумський державний університет, 2024

ІЗОТОП ГЕЛІЮ-3 І СОНЯЧНА ЕНЕРГОСТАНЦІЯ МІСЯЧНОГО БАЗУВАННЯ

А.Л. Баланюк, Ю.М. Мар'їнських

Шосткинський інститут Сумського Державного Університету
13kaiifleem@gmail.com, myih44@gmail.com

Розвиток людської цивілізації супроводжується зростанням населення Землі і водночас збільшенням споживаної їм енергії. Сьогодні в середньому на людину припадає більш 2 кВт потужності та тенденція енергоспоживання найближчим часом з урахуванням реалізації проєктів по відновлюваним та екологічно чистим джерелам визначатиметься в залежності від лінійно-зростаючого перевищення. Причина такого зростаючого споживання енергії пояснюватиметься з позицій введення нових потужностей екологічно чистих джерел. Тому сама проблема способу одержання енергії стає домінуючою. Перспективною в цьому плані є сонячна енергетика, а в майбутньому воднева і безрадіаційна термоядерна енергетика на основі ізотопу гелію три.

На початку 2022 року низка космічних агенцій, серед яких, зокрема, ESA, NASA та JAXA, зголосилися відновити дослідження в галузі космічної сонячної енергетики (Solar-based Solar power, SBSP). Видобуток енергії на орбіті та її подальша передача на Землю за допомогою мікрохвильового випромінювання може стати майбутнім альтернативної енергетики. Проте, перш ніж це здійсниться, аерокосмічним інженерам необхідно буде вирішити кілька технічно складних завдань.

Основні переваги SBSP

Порівняно із наземними сонячними панелями, процес перетворення сонячного випромінювання на електричну енергію на орбіті має такі переваги:

відсутність земної атмосфери, яка поглинає і розсіює від 30% до 50% сонячного випромінювання, що надходить на неї. У космосі цієї проблеми немає, а інтенсивність сонячного випромінювання у космічному вакуумі приблизно вдесятеро вище, ніж на Землі. Це впливає на можливу кількість електроенергії, яку зможуть генерувати сонячні панелі на орбіті;

періоди добового обертання Землі - наземні сонячні панелі неефективні вночі, а також малоефективні в хмарну погоду. Супутники сонячної енергії будуть позбавлені такої проблеми і зможуть приймати та перетворювати на електроенергію сонячне світло 24 години на добу (за винятком кількох хвилин на день, коли Земля проходить між SPS-супутником та Сонцем);

сонячні панелі SPS-супутників завжди можуть бути спрямовані строго на Сонце - таким чином забезпечується максимальний коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання. Отже, космічні апарати зможуть виробити та передати на Землю більшу кількість електроенергії;

можливість передачі енергії з одного SPS-супутника на приймальні станції, розташовані в різних куточках світу. Вказана можливість може звести нанівець витрати на транспортування електроенергії. Адже більше не потрібно буде передавати електроенергію за допомогою кілометрів ліній електропередачі, достатньо просто направити супутник на потрібну приймальну станцію на Землі та використати отриману енергію відразу за місцем її споживання;

екологічно чиста електроенергія - слід розуміти, що саме альтернативна та відновлювальна енергетика на сьогодні є єдиною альтернативою викопним

енергоресурсам. Розвиток космічних сонячних електростанцій може мінімізувати рівень викидів вуглецю в атмосферу, а у віддаленому майбутньому дозволить повністю відмовитися від електростанцій, що сприяють забрудненню атмосфери. В умовах зростаючої загрози глобального потепління саме сонячна енергетика є єдиною альтернативою на шляху до досягнення незалежності від викопних енергоресурсів.

Зростаюча тенденція до здешевлення космічних запусків та виведення корисного навантаження на орбіту може суттєво наблизити появу космічних сонячних електростанцій вже у наступні 10 років. Однак, для того щоб це стало здійсненним, необхідно усунути низку серйозних інженерних проблем.

Деякі негативні наслідки від перетворення сонячної енергії

До того, як перші орбітальні електростанції будуть виведені на орбіту, їхнім провідним інженерам і проєктувальникам спочатку доведеться вирішити досить складні технічні завдання. Насамперед йдеться про розв'язання задачі з перетворення електричної енергії на мікрохвильове або лазерне випромінювання. Процес конвертації енергії не є на 100% ефективним і тягне за собою втрати потужності електроенергії, що надсилається на Землю. Водночас у момент надходження мікрохвильового випромінювання на приймальне обладнання на Землі перетворення має бути виконане ще раз (з мікрохвильового випромінювання на електроенергію), що знову спричинить втрати потужності. Зараз саме це завдання є наріжним каменем, що гальмує реалізацію амбітних проєктів SBSP.

Окрім питання перетворення енергії, інженерам треба буде детально опрацювати нову концепцію орбітальної безпеки під час використання SPS. Сильне мікрохвильове випромінювання здатне вплинути на роботу авіатранспорту, який може пройти через мікрохвильовий промінь. І якщо це питання цілком реально вирішувати в авіадиспетчерських, то проблема відстеження та утилізації космічного орбітального сміття стоїть гостро. Зіткнення космічної сонячної електростанції з метеоритами та іншим орбітальним мотлохом може відхилити мікрохвильовий промінь супутника та направити його у не обладнані для прийому зони на Землі.

Тож, цілком можливо, у майбутньому ядерні реактори стануть звичними у космосі. Щоправда, для цього доведеться розв'язувати проблему завантаження та вивантаження з них палива, а також утилізації радіоактивних відходів. Це не та проблема, яка може зробити використання подібних силових установок неможливим, проте вона значно може ускладнити їхню експлуатацію.

Ще однією проблемою, яка ускладнить експлуатацію ядерних реакторів у космосі, може бути їхня відсутність на інших небесних тілах. Принаймні поки що за межами Землі достатніх покладів урану не виявлено. Можливо, їх знайдуть у майбутньому, а можливо, паливо, хоч і раз на кілька років, та все ж доведеться завозити із Землі.

Необхідність створення проєкту космічної сонячної енергостанції Місячного базування СЕМБ

Одним із аргументів на користь створення та реалізації проєкту СЕМБ є явна неминучість енергетичної кризи на Землі, і з цієї причини виникає необхідність освоєння Місяця з метою видобутку ізотопу гелію три як компоненту для здійснення керованої термоядерної реакції на Землі. Із цього приводу у наукових колах відповідних відомств виникли дві точки зору. Наскільки економічно вигідно буде співвідноситися міжнародний проєкт експериментального реактора ІТЕР, що завершується у Франції, з керованого термоядерного синтезу з використанням

ізотопів водню дейтерію і тритію $2\text{H}+3\text{H}=4\text{He}+\text{n}$ (+7,6 MeV) з супутнім небезпечним нейтронним випромінюванням і великими витратами на видобуток тритію, порівняно із здійсненням термоядерного реакції на основі гелію три $2\text{H}+3\text{He}=\text{p}+4\text{He}$ (+8,35 MeV) (рис 1).

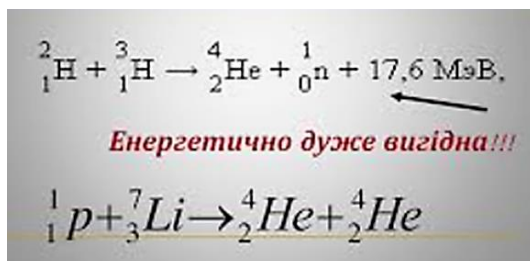


Рисунок 1 Термоядерний реактор у космосі

Хоча вчені поки що не можуть побудувати діючий термоядерний реактор на Землі, інженери вже замислюються над тим, як застосувати його у космосі. Причина цього навіть не в тому, що термоядерні реакції ефективніші за ядерні. Головна причина - у паливі [1].

На відміну від урану, водень та гелій зустрічаються практично всюди. А у місячному реголіті навіть можна зустріти ізоотп гелію-3, який майже неможливо знайти на Землі. Він є головним компонентом найперспективнішої з усіх термоядерних реакцій, яка може дати найбільше енергії (рис. 2).

Тож саме термоядерні реактори найкраще підходять для використання у космосі. Зрештою, навіть продукти їхньої роботи не треба якось особливим чином утилізувати.

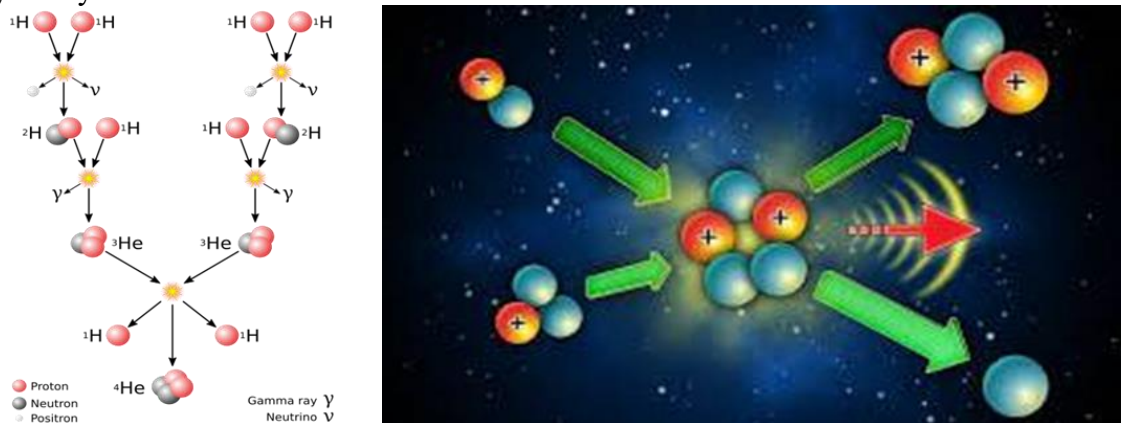


Рисунок 2 Термоядерні реакції

Усі спроби матеріально та економічно обґрунтувати аргументацію у необхідності реалізації проекту з видобутку та доставки гелію три з Місяця на Землю дає більше підстав схилитися на користь першої точки зору. Згідно з міжнародними проектами з видобутку корисних речовин з реголіту [2], планується створення ліній індустрії з постійно діючими базами для механічних методів збору реголіту енергоємною технікою, з подальшою лазерною та термічною обробкою його. Найпростіші розрахунки з витрат енергії, отриманої фотоперетворювальними панелями, з високим ККД, яка могла б забезпечити роботу всіх систем, з видобутку та переробки 1 млн. м3 регеля, що становить значну величину. Звідси виникає основна проблема проектів цього типу, без вирішення якої реалізація будь-якого з них буде малоімовірною - це одержання енергії енергостанцією на Місяці у необхідних обсягах.

На даний момент перспективними вважаються космічні енергооб'єкти прямого перетворення сонячної енергії на електричну. Однак, у схемах аналогічних проєктів як у [3] є негативні сторони: великі масогабарити, невирішені завдання з геліостеження, низький ККД та ресурс роботи. Проблеми сучасних концептуальних проєктів створення космічних сонячних електростанцій, що транслюють енергію на Землю, представлені в [4] і реалізувати їх без проривних технологій, що перетворюють сонячну енергію на інший вид енергії, найближчим часом буде складно, так само як у перспективі в майбутньому [5] через масивність і великогабаритність фотоперетворювальних каркасних конструкцій. Використання ж енергосистем на основі безкаркасних відцентрових фотоперетворювальних конструкцій, ефективних у космічних умовах через гравітацію на Місяці, не є доцільним. У запропонованих проєктах теплового перетворення сонячної енергії космічними енергостанціями ККД досягав 40% [6]. Однак питома потужність становила 2,2-4 кг/кВт, а тепловідвідна система становила 30-60% від усієї маси, що відповідає 18-36 тис. тон. Через низку причин, а саме таких, як: масогабаритність параметрів агрегатів генеруючої установки, рекуператорів, холодильника-випромінювача, це призводить до неможливої реалізації проєктів найближчим часом. Усунути основні недоліки, при створенні потужної енергостанції на Місяці можливо шляхом реалізації нових принципів її функціонування, основна ідея якої полягає у створенні замкнутих теплоперетворювальних камер з робочим тілом, поверхні яких наближені до абсолютно чорного тіла, які виконують одночасно функцію нагрівача та холодильника-випромінювача [87].

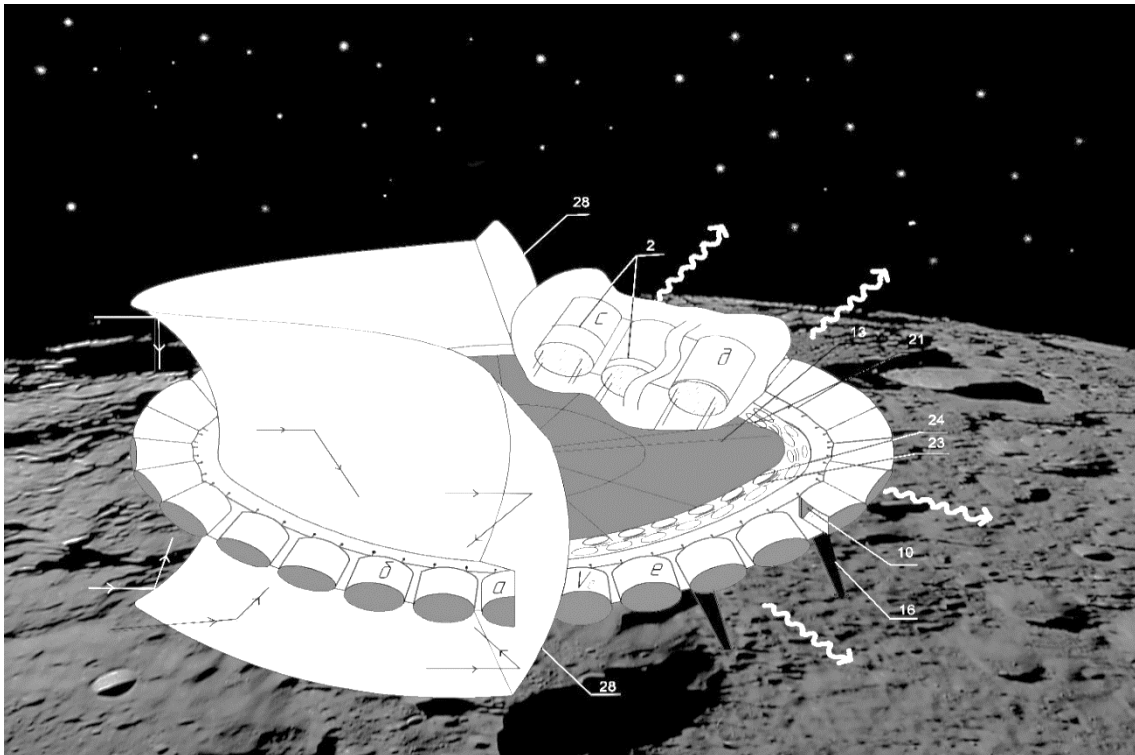


Рисунок 3 Конструкція СЕМБ

Принцип роботи СЕМБ

Принцип функціонування СЕМБ полягає у перетворенні кожною камерою сонячної енергії в енергію обертального руху складових надпровідного електрогенератора за допомогою кінематичних зв'язків. Нагрівачами

концентрованим потоком повного спектру сонячної радіації легковажну жароміцну камеру, поверхня якої наближена до абсолютно чорного тіла, з рухомим поршнем, в якій знаходиться система з рідкої та газоподібної фаз (вода та волога пара) при високому тиску і відповідної йому температурою кипіння, виникає ізобарно-ізотермічний процес.

Один з варіантів конструкції СЕМБ представляє енергооб'єкт, що складається з трьох частин (рис.3). До першої відноситься конструкція з послідовно з'єднаних між собою по колу на периферії камер, що поглинають тепло, з циліндрами, робочим тілом і поршнями зі штоками в них. До другої належить силова ферма. На ній відразу за корпусами камер, ближче до центру, закріплені елементи кінематичних зв'язків для штоків поршнів, за якими, також по колу, розміщені обмотки надпровідного ротора жорстко закріплених з рамою. Між обмотками ротора розміщені обмотки надпровідного статора, які за допомогою жорсткого зв'язку закріплені з нерухомою віссю. Ця частина розміщена коаксіально щодо першої та обидві мають загальну вісь, перпендикулярну площині кола. Детальний опис конструкцій, схеми та функціонування [9].

Список літературних джерел

1. Space-Based Solar Power As an Opportunity for Strategic Security. Phase o Architecture Feasibility Study /Report to the Director, National Security Space Office. 10 October 2007.

2. Райкунов Г.Г., Мельников В.М., Чеботарёв А.С., Гусевский В.И., Харлов Б.Н. Проблемы создания космических электростанций (КЕСЕ) мощностью 1-10 ГВт, транслирующих энергию на Землю. //Наука и технологии в промышленности. 2011. №3. С.69-73.

3. M.J. O'Neill, M.F. Piszczor, M.I. Eskenazi, M.M. Botke, H.W. Brandhorst, D.L. Edwards, P.A. Jaster. Proc. 29 th IEEE Photovolt. Specialists Conf. (New Orleans, 2002) p. 916.

4. Gregory D.L. – J. Energy, 1977., vol. 1, № 2, p. 85.

5. Gregory D.L. – In: Proc. 13 th JECEK., N.Y., 1977, p.1386.

6. Manoff M. – In: Proc. 13 th JECEK., N.Y., 1978, p. 185.

7. Комбінований перетворювач сонячної енергії [текст]: пат. 86983 UA ПМК (2009), НО1L 31/00, F03G 6/00/ Мар'їнських Ю.М. Мар'їнських І.Ю. - № 2007 00416; публікація 25.07.08, Бюл. №14.

8. Автономно керуюча космічна сонячна енергостанція Мар'їнських (АКСЕМ) [текст]: пат. 59308 UA МПК 2011.01, НО1L 31/00/, Мар'їнських Ю.М., Акуленко В.Л., Пепеляєв І.О., - № 2010 12588, публікація 10.05.11, Бюл. №9.

9. <https://maryinskykh.ishostka.sumdu.edu.ua>.

10. U.M. Mar'yinskykh. Gyroscopic Solar Power Satellite With The New Thermal Conversion System And Superconductive Generator // *Applied Solar Energy*, 2019, Vol. 55, no. 6, pp. 409–411.