




Дніпровський національний університет  
імені Олеся Гончара



# ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АВТОФАЖНИХ СИСТЕМ ВІДВЕДЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З НИЗЬКИХ НАВКОЛОЗЕМНИХ ОРБІТ

Мета дослідження:


теоретичне і експериментальне обґрунтування систем  
ефективного відведення об'єктів космічного сміття з  
низьких навколоземних орбіт.



Керівник НДР: **проф. М.М. Дронь**



# ВПЕРШЕ ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ



Надано наукове обґрунтування балістичного проєктування комбінованого відведення великогабаритних об'єктів космічного сміття (ОКС) з низьких навколоземних орбіт (ННО), використовуючи аеродинамічні вітрильні пристрої та двигуни з багаторазовими вмиканням



Розроблено схему відведення великогабаритних ОКС комбінованим методом із врахуванням реалізації особливостей функціонування електроракетної двигунної установки (ЕРДУ), пов'язаних з наявністю багаторазово повторюваних ділянок роботи і простою, та методіку визначення її параметрів, таких як мінімальна сумарна швидкість та мінімальний приріст швидкості, який здійснюється за одне ключення ЕРДУ



Досліджено вплив висоти початкової орбіти, балістичного коефіцієнта, фази сонячної активності, параметрів системи енергозабезпечення і часу активного функціонування системи керування на енергетичні витрати, що необхідні на забезпечення процесу відведення з використанням ЕРДУ протягом 25 років, та отримано оптимальний, з погляду енергетичних витрат, час початку відведення в умовах динамічної зміни стану верхньої атмосфери

## ВПЕРШЕ ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

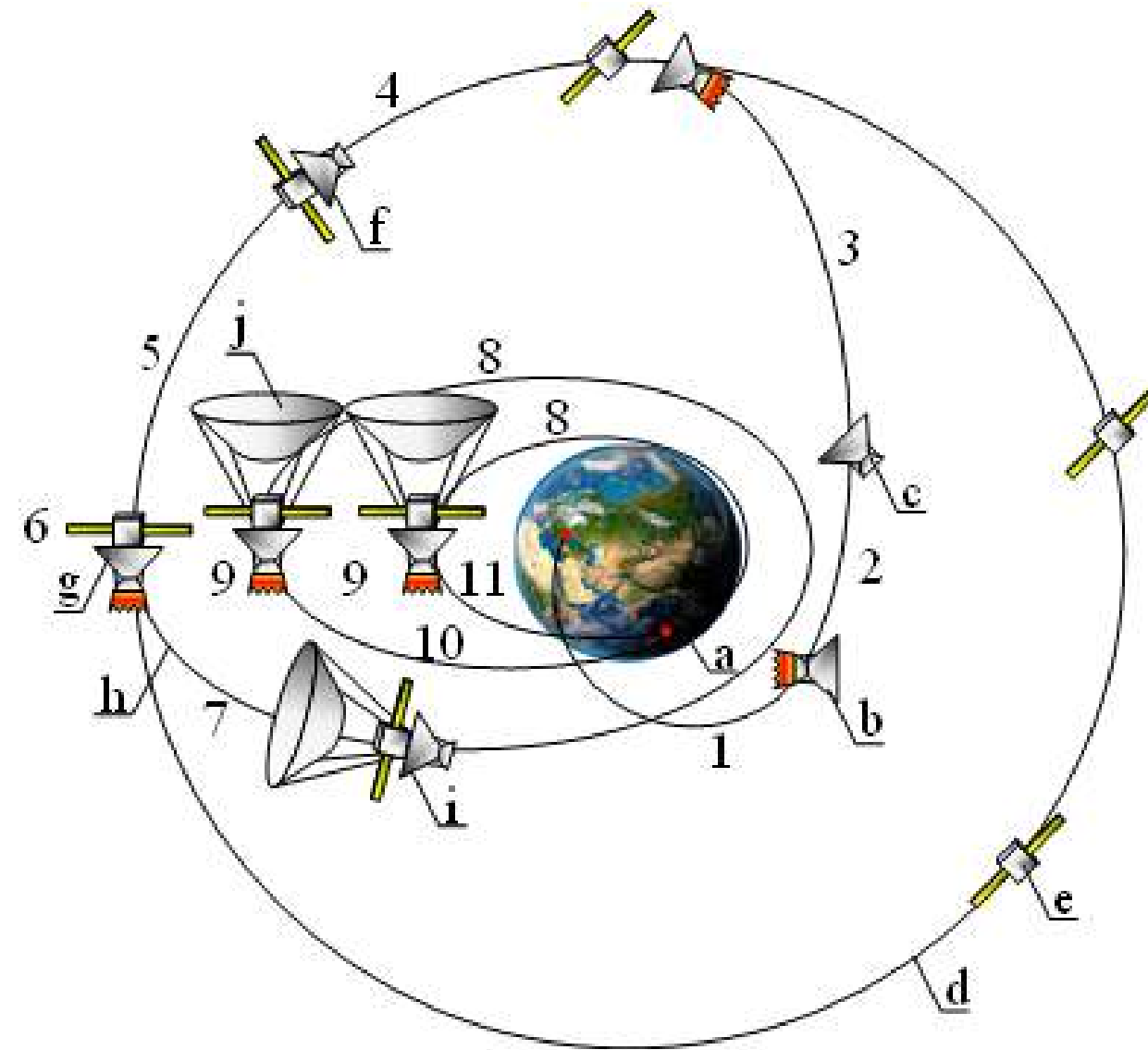
Доведено, що комбінований метод відведення ОКС може бути ефективним для перших ступенів ракет-носіїв (РН) і паливних баків розгінних блоків, забезпечуючи повне теплове знищення їх в атмосфері Землі у разі, якщо конструкційним матеріалом є алюмінієві сплави. Визначено області застосування методу та показники ефективності.

Обґрунтовано можливість реалізації автофажних ракет з урахуванням особливостей роботи її двигуна, теоретично та експериментально доведено їх переваги порівняно з іншими. Показано, що вони більш ефективні для розв'язання двох актуальних задач сучасного космічного транспортування – зниження питомої вартості виведення на ННО і зниження вартості пуску РН.



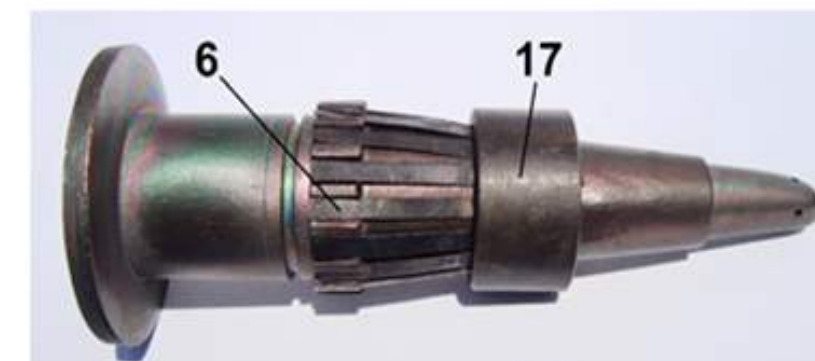
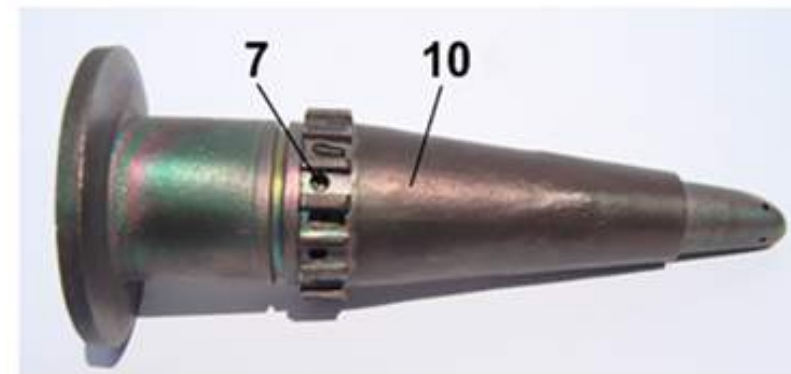
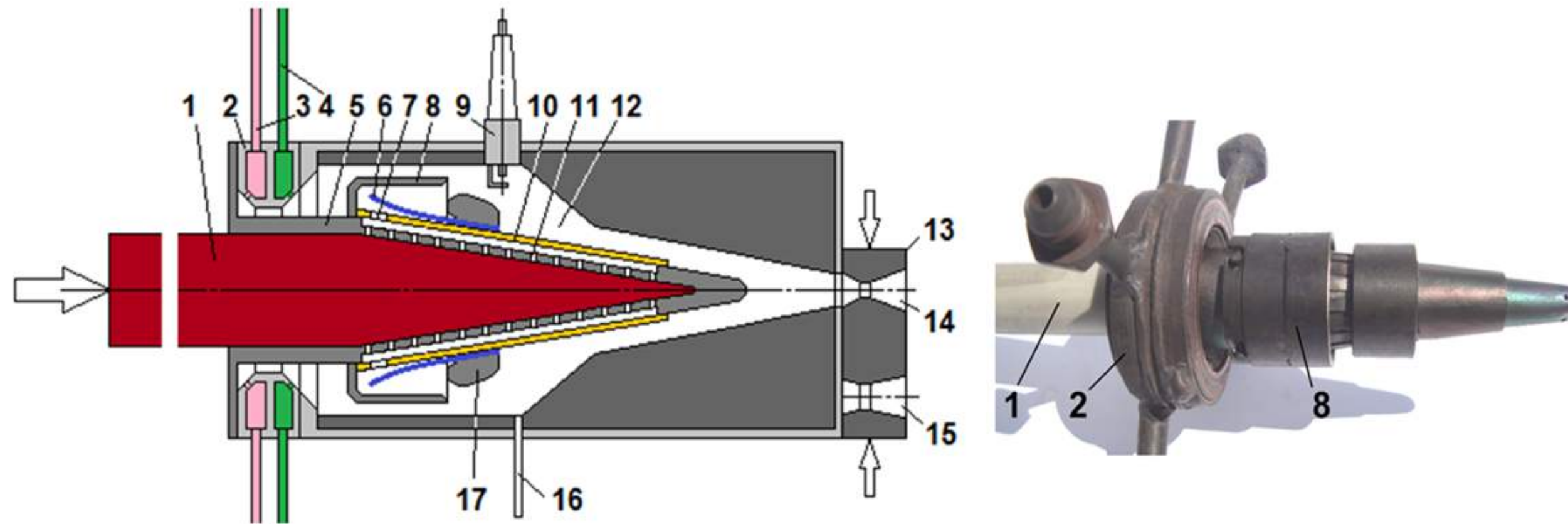
# Схема комбінованого відведення ОКС з використанням ЕРДУ й АВП

- 1 – дільниця виведення засобу відводу (ЗВ) на ННО;
- 2 – пасивний політ ЗВ з переорієнтацією в напрямку на ОКС;
- 3 – переслідування ОКС;
- 4 – захоплення ОКС;
- 5 – переорієнтація ЗВ з ОКС;
- 6 – перше увімкнення ЕРДУ для відводу;
- 7 – пасивний політ ОКС після першого включення ЕРДУ, розгортання АВП, зарядка акумуляторної батареї;
- 8 – пасивний політ, переорієнтація перед повторним увімкненням ЕРДУ;
- 9 – повторне увімкнення ЕРДУ;
- 10 – пасивний політ після повторного увімкнення ЕРДУ, зарядка акумуляторної батареї;
- 11 – пасивний політ після досягнення строку активного функціонування СК.



- а – Земля; б – ЗВ з увімкненою ЕРДУ; с – ЗВ з вимкненою ЕРДУ; д – орбіта ОКС; е – ОКС; ф – ЗВ з ОКС і вимкненою ЕРДУ; г – ЗВ з ОКС і увімкненою ЕРДУ; h – орбіта відводу; і – ЗВ з ОКС, розгорнутим АВП і вимкненою ЕРДУ; і – ЗВ з ОКС, розгорнутим АВП і увімкненою ЕРДУ

# Схематичний вигляд автофажного двигуна



1 – поліетиленовий стрижень (стрілкою показано зусилля подачі); 2 – колектор; 3 – пілотна паливна (пропанова) труба; 4 – труба окислювача (газоподібного кисню); 5 – випарник; 6 – стулковий клапан; 7 – інжектор випаруваного поліетилену; 8 – клапанний захист; 9 – свічка запалювання; 10 – теплообмінна кришка; 11 – розплавлений і випаруваний поліетиленовий отвір; 12 – камера згоряння; 13 – перемикач форсунок (стрілки вказують напрямки зсуву); 14 – мала насадка; 15 – велика насадка; 16 – патрубок датчика тиску; 17 – тримач клапана

## ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ

Автофажні системи відведення космічних об'єктів сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних ракетно-космічних технологій і можуть бути рекомендовані для планування і здійснення досліджень з проблеми очищення низьких навколоземних орбіт у рамках космічної програми України і широкого комерційного застосування.

---

Результати досліджень можуть бути використані у ході виконання проєктних і конструкторських робіт на Державному підприємстві «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля» та в інших ракетно-космічних фірмах світу, що займаються вирішенням проблеми очищення навколоземного простору від космічного сміття.

Автофажні ракети-носії дають змогу не тільки реалізувати виведення легких систем очищення навколоземного простору, вони з успіхом можуть бути масово використані для виведення малих супутників, забезпечуючи зниження їх сучасної вартості і відкриваючи простір для широкого використання в наукових, освітніх, комунікаційних, геодезичних, розвідувальних і військових цілях.

## ПУБЛІКАЦІЇ



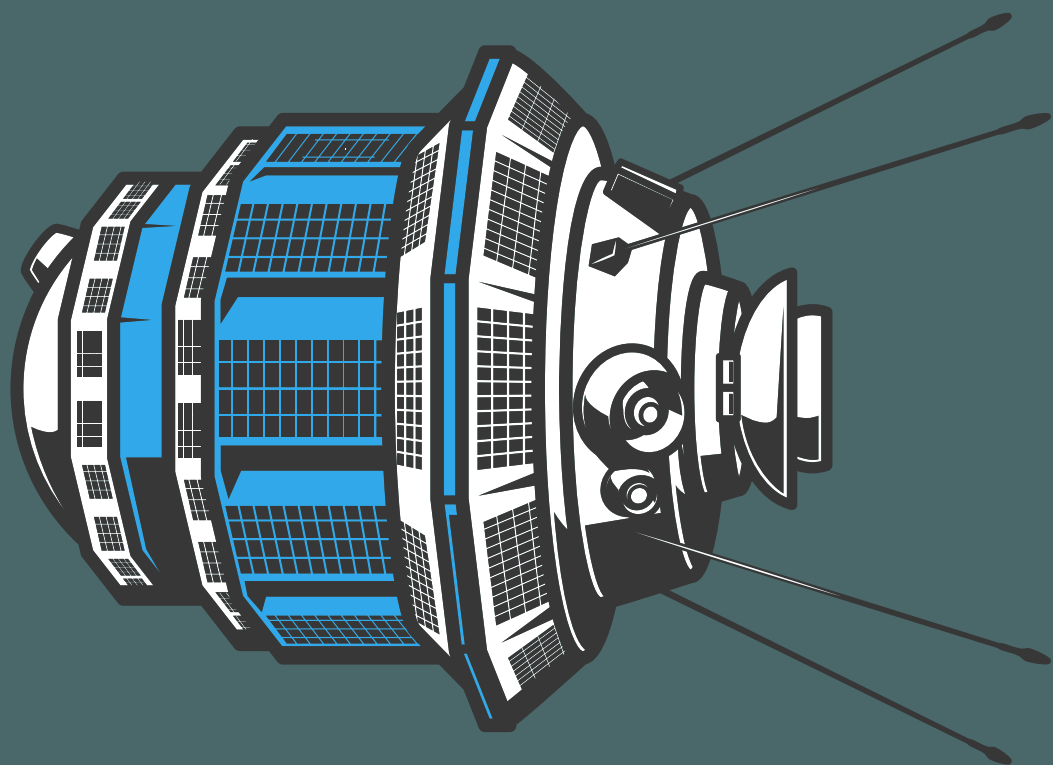
✓ За результатами НДР опубліковано 7 статей у журналах і 8 в матеріалах конгресів і конференцій, що входять до науково-метричних баз даних SCOPUS та WEB of SCIENCE; 6 статей у фахових виданнях; 1 монографію; розділи 2-х монографій та 21 тези доповідей.

✓ Отримано 3 патенти на винаходи, захищено 1 дисертацію доктора наук.



## НАУКОВА НОВИЗНА

Вперше синтезовано метод комбінованого відведення великогабаритних об'єктів космічного сміття з низьких навколоземних орбіт, який враховує особливості електроракетної двигунної установки як активного засобу відведення і забезпечує задані строки існування в умовах динамічної зміни сонячної активності.



Вперше поставлено й вирішено задачу мінімізації енергетичних витрат (потрібного імпульсу швидкості і маси компонентів палива) залежно від фази сонячної активності в момент початку відводу.

Значимість роботи полягає у підвищенні безпеки польоту як космічних керованих кораблів, так і автоматичних космічних апаратів.

