



**АЛПАТОВ**

**Анатолій Петрович** – член-кореспондент НАН України, завідувач відділу системного аналізу та проблем керування Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України

## НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБКИ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ

---

Доброго дня, шановні колеги!

У створенні ракетно-космічної техніки України беруть участь конструкторські бюро, підприємства, галузеві та академічні інститути. Сьогодні до української ракетно-космічної галузі входять кілька десятків великих підприємств та значна кількість малих і середніх підприємств-розробників. Разом з ДП «КБ «Південне» і ДП «ВО Південмаш» над створенням ракетних комплексів працюють такі підприємства, як Київський завод «Арсенал», Харківське науково-виробниче об'єднання «Хартрон», виробниче об'єднання «Київський радіозавод», Київський машинобудівний завод «Артем» та ін.

Співробітництво провідних підприємств ракетно-космічної галузі та наукових організацій країни є необхідною умовою створення конкурентоспроможних виробів ракетно-космічної техніки. І ця умова виконується. ТанDEM академічна наука – промисловість створювався протягом десятків років.

До дослідної роботи в ракетно-космічному комплексі широко залучено науковий потенціал установ НАН України. Це, зокрема, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка, Інститут технічної механіки, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна, Харківський фізико-технічний інститут, Інститут гідромеханіки, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного та інші установи.

Незважаючи на труднощі, зумовлені введенням воєнного стану в Україні, наукові установи плідно співпрацюють з підприємствами – виробниками ракетно-космічної техніки. Завдяки багаторічному, налагодженому науково-технічному співробітництву досвідчених фахівців ракетно-космічної галузі і науковців НАН України продовжуються роботи за пріоритетними напрямками розвитку галузі, зокрема з підвищення

обороздатності та зміцнення безпеки нашої країни.

Наукові установи беруть участь у дослідженнях проблемних питань створення ракетно-космічної техніки. Це широке коло проблем — від розроблення ракетних комплексів і космічних апаратів до створення нових матеріалів, апаратури тощо.

Для більш ефективної організації спільних робіт ДП «КБ «Південне» та наукових установ НАН України було підписано Генеральну угоду і створено Координаційну раду з організації спільних робіт ДП «КБ «Південне» та наукових установ НАН України. На засіданнях Координаційної ради її учасники вирішують важливі питання, пов'язані з розробкою ракетно-космічної техніки, підбивають підсумки спільних науково-дослідних робіт, розглядають довгострокові перспективні плани досліджень. Особливу увагу рада приділяє практичній значущості результатів, їх спрямованості на розроблення конкретних проєктів, зокрема оборонної тематики.

Установи Академії, відповідно до своїх основних напрямів наукової діяльності, беруть участь у розробленні науково-методичного забезпечення створення ракетно-космічної техніки. Така робота ведеться в рамках фундаментальних та прикладних науково-дослідних робіт, контрактів з підприємствами ракетно-космічної галузі, договорів про творче співробітництво. Координація таких робіт здійснюється за затвердженим Планом спільної діяльності установ НАН України та відповідних підприємств космічної галузі України. Після введення воєнного стану в Україні було розроблено більш детальні плани співпраці на 2022 і 2023 рр.

Незважаючи на складну ситуацію, в космічній галузі України у 2022 р. відбулися значні події. У січні американська ракета-носій Falcon-9 вивела на навколосезну орбіту український космічний апарат дистанційного зондування Землі «Січ-2-30», який було спроектовано, виготовлено і протестовано на ДП «КБ «Південне» у кооперації з іншими українськими підприємствами та установами.

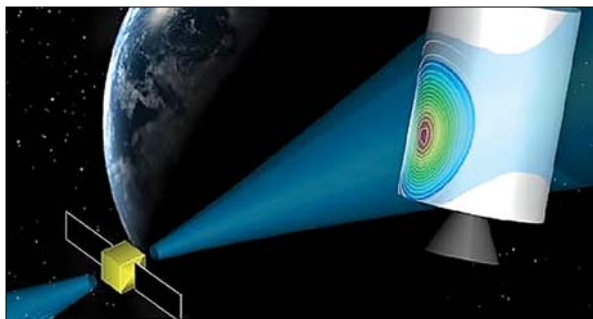
Україна продовжує міжнародну співпрацю в рамках міжнародних проєктів Antares (США) і Vega (Європа). У 2022 р. відбувся 16-й пуск ракети Antares. Крім того, з космодрому Куру було здійснено перший пуск ракети-носія Vega-C з українським маршовим двигуном. Під час реалізації цих проєктів установи НАН України працювали над науково-методичним супроводом зазначених розробок.

За проєктом Antares на замовлення компанії Northrop Grumman ДП «КБ «Південне» розробило основну конструкцію першого ступеня ракети-носія, яку виготовило ДП «ВО Південмаш» у кооперації з українськими підприємствами «Хартрон-АРКОС», «Київприлад», «Чезара», «Телеметрія» та ін. Для ракети-носія Vega-C було розроблено й виготовлено блок маршового двигуна двигунної установки верхнього ступеня (ДП «КБ «Південне» і ДП «ВО Південмаш» відповідно). І, як я вже зазначав, у 2022 р. було виконано успішні пуски цих ракет-носіїв.

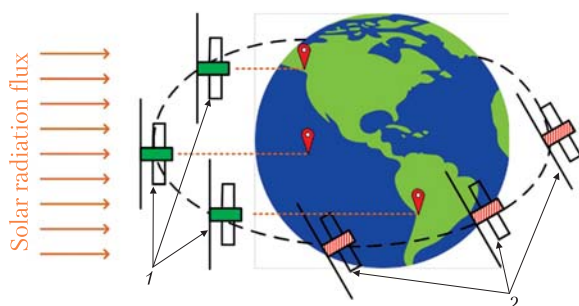
Наприкінці 2022 р. було проведено підсумкове засідання Координаційної ради, на якому розглянуто отримані у 2022 р. результати за основними напрямками спільних робіт розробників ракетно-космічної техніки та установ НАН України, прийнято План спільної науково-дослідної діяльності на 2023 р., а також обговорено перспективи майбутніх робіт на 2023–2027 рр. Отже, у 2022 р. важливих результатів було досягнуто за такими напрямками спільних робіт:

- перспективи і стратегія діяльності ракетно-космічної галузі;
- балістика, аеродинаміка і теплообмін;
- навантаження і міцність конструкцій;
- нові матеріали і перспективні технології;
- основні проблеми ракетних двигунів на твердому паливі;
- супутникові системи наукового та спеціального призначення.

Загалом результатів було дуже багато. Усі з них опубліковано, і самий лише їх перелік свідчить про те, що до цієї важливої роботи долучилася велика кількість наукових колективів Академії, які співпрацювали з україн-



**Рис. 1.** Технологія видалення космічного сміття «Пастух з іонним променем» (проєкт LEOSWEEP)



**Рис. 2.** Створення штучної тіні від сонячного випромінювання з використанням: 1 — модуля затінення в активному режимі; 2 — модуля затінення в пасивному режимі

ськими розробниками ракетно-космічної техніки. В цих роботах активну участь брали такі установи НАН України: Інститут технічної механіки, Інститут космічних досліджень, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка, Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача, Інститут гідромеханіки, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка, Інститут хімії високомолекулярних сполук та багато інших.

Аналіз твердопаливних ракет, розроблених у провідних країнах світу (США, Китай, Ізраїль та ін.), засвідчує наявність тенденції до збільшення максимальної дальності їх польоту. Саме на вирішення цього завдання були спрямовані методичні розробки фахівців НАН

України, які дозволяють оперативно оптимізувати проєктні параметри та забезпечити розроблення систем керування відповідно до сучасних вимог.

Розроблене науковими установами НАН України методичне забезпечення дає змогу визначати й проєктні параметри ракет легкого класу. Створено комплекс математичних моделей для розрахунків габаритно-масових, енергетичних, аеродинамічних та балістичних характеристик, програм керування і параметрів руху ракетних об'єктів на різних ділянках польоту для балістичних і аеробалістичних траєкторій. Розроблено алгоритми спільної оптимізації проєктних параметрів і програм керування ракетного об'єкта. Це методичне забезпечення дозволяє проводити оперативне розроблення конкурентоспроможних на світовому ринку ракет легкого класу, а також здійснювати оперативний аналіз балістичних та аеробалістичних траєкторій для різних аеродинамічних конструкцій і схем польоту оперативно-тактичних ракет різних країн-виробників.

Нові тенденції у розробленні літальних апаратів пов'язані з використанням прямоточних повітряно-реактивних двигунів. Створено програмно-методичне забезпечення оперативного розрахунку аерогазодинамічних параметрів ракет і літальних апаратів з такими двигунами.

Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України бере активну участь у науково-технічному супроводі розробки ракети-носія «Циклон-4М». Зокрема, це стосується питань динаміки багатодвигунної установки першого ступеня ракети-носія, несинхронного запуску двигунів та їх взаємодії у складі двигунної установки. Показано, що врахування взаємодії двигунів та несинхронності їх запуску дає можливість суттєво уточнити теоретичний прогноз розкиду тяги маршової двигунної установки при запуску ракети-носія «Циклон-4М». При цьому виявилось, що розкид тяги для багатодвигунної установки в цілому приблизно вдвічі менший, ніж для кожного окремого двигуна у складі цієї установки. Встановлено, що динамічна взаємодія 4 двигунів пер-

шого ступеня, які входять до складу двигунної установки, при запуску не призводить до порушення її працездатності, зокрема до кавітаційного зриву насосів.

Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України спільно з ДП «КБ «Південне», Інститутом біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України та Національним аерокосмічним університетом ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» розробили математичні моделі і програмне забезпечення роботи керуючих двигунів для супроводу льотних випробувань ракети-носія «Циклон-4М» і математичну модель термокаталітичних процесів у камерах розкладання й горіння системи двигунів на «зеленому» паливі (цей вид палива зараз активно впроваджується у передових космічних країнах світу).

Космічні системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) — це сучасна технологія оперативного отримання інформації про зміни на поверхні планети. З їх використанням вирішують такі завдання, як розвідка і дослідження надр; управління водними ресурсами; вивчення ґрунтів, стану рослинності і складу атмосфери; планування міського середовища та багато інших.

Сучасний стан систем ДЗЗ характеризується зростанням просторової роздільної здатності, мультиспектральності, повторюваності зйомки, оперативності. Розробляються методичні питання створення супутників, що несуть радар із синтетичною апертурою. Це дозволить розширити можливості проникнення радіолокаційних хвиль; зменшити залежність від погодних умов; підвищити якість зйомки вдень і вночі; забезпечити незалежність геометричної роздільної здатності від відстані тощо.

Досліджуються проблеми використання супутників на наднизьких орбітах, що дасть змогу підвищити просторову роздільну здат-

ність для оптичних систем; збільшити масу корисного навантаження для ракет-носіїв; розширити спектр використання більш легких і дешевих носіїв; зменшити ризик зіткнення супутників із космічним сміттям.

Науковці Академії тісно співпрацюють з європейськими колегами у вирішенні проблеми космічного сміття. Прикладом є європейський проєкт LEOSWEEP у рамках програми FP7, успішно реалізований за участю українських фахівців. Цей проєкт було спрямовано на розроблення піонерської технології безконтактного, а отже, — безпечного, видалення космічного сміття (рис. 1).

Концепція орбітального сервісу передбачає виконання операцій для забезпечення функціонування космічних апаратів під час перебування їх на орбіті, а також інших операцій, наприклад видалення космічного сміття, усунення несправностей та ін. Українські фахівці розробляють алгоритми визначення параметрів взаємного руху сервісного апарата і некооперованого об'єкта, методи й алгоритми керування взаємним положенням апарата і об'єкта сервісу; розглядають контактні і безконтактні методи впливу на рух та функціональність об'єктів.

Ще однією з основних тенденцій розвитку світової ракетно-космічної галузі є створення космічних виробництв у ближньому космосі. Основою таких виробництв є космічні індустріальні платформи. В Україні розробляють методичні засади проєктування цих платформ для потреб людства.

Вчені НАН України вивчають також можливість застосування космічних технологій для зміни альbedo Землі завдяки створенню штучної тіні від сонячного випромінювання (рис. 2) як один з потенційних шляхів захисту населення планети від шкідливих змін клімату.

Дякую за увагу!