

Щодо концепції створення відсіку бортової радіоелектроніки суборбітальних ракет надлегкого класу

Ілля Григорович Лук'яненко

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4128-4377>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Тамара Антонівна Манько

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4146-607X>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Олексій Володимирович Кулик

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2913-4462>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Вступ

Нині космічна індустрія продовжує активно розвиватися, що вимагає від виробників ракетно-космічної техніки безперервного вдосконалення і модернізації своїх розробок. Бортове радіоелектронне обладнання (БРЕО) ракет є ключовим компонентом, який забезпечує надійну і безпечну роботу ракети під час запуску і польоту, також він повинен витримувати вібрації та удари при приземленні [1].

Концепція створення відсіку БРЕО надлегкої суборбітальної ракети є важливим напрямком розвитку космічної техніки в сучасній аерокосмічній галузі. З безперервним прогресом і модернізацією ракетної та аерокосмічної техніки бортова радіоелектроніка стала ключовим компонентом для забезпечення безперебійної та безпечної роботи ракети під час запуску та польоту. Вимоги до обладнання апаратного відсіку включають стійкість до високих температур і тиску під час старту та розгону ракети, а також до вібрації та ударів під час посадки. На ранньому етапі проектування нових зразків апаратного відсіку для суборбітальних ракет, виникають проблеми як при оцінці надійності нового виробу, так і з прогнозуванням результатів випробувань, що пов'язано з нестачею або відсутністю інформації для проведення потрібних розрахунків [2].

Постановка задачі досліджень

Метою даної роботи є вивчення попередніх спроб експлуатації БРЕО після запусків ракет та їх модернізація з метою підвищення надійності та розробки подальших надійних, ефективних та економічно вигідних апаратних відсіків для надлегких суборбітальних ракет. В

даній роботі будуть розглянуті аспекти роботи апаратного відсіку, проведено аналіз його невдалих випадків роботи під час польоту, і на основі цього проведено нові підходи до вирішення технічних проблем та модернізації апаратного відсіку.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Командою «Rocketry agency», яка налічує в собі як студентів початкових курсів, так і аспірантів, під керівництвом менторів інжинірингової школи, був запущений виріб «K80 Метео 7000»: довжина 1550 мм, діаметр 80 мм, висота польоту 7000 м. В якості БРЕО було два GPS модуля для фіксації координат, визначення висоти і положення ракети під час усього польоту ракети, антена GPS модуля та два акумулятори як джерело живлення [3].

В процесі льотних випробувань було виявлено недолік конструкції блоку БРЕО в виді низької стійкості конструкції і, відповідно, низької надійності роботи радіоелектронних систем [4]. Дані, отримані в ході випробувань, свідчать про те, що запуск відбувався в штатному режимі, але як тільки ракета перетнула позначку в 500 метрів, зв'язок з нею безнадійно втрачався - радіосигнали, пов'язані з даними телеметрії, GPS та ін. Аналіз процесу випробувань встановив, що причиною несправності стало перевантаження, спричинене ненормальною роботою двигуна, тоді як та ж конструкція БРЕО виявилася ненадійною. Конструкція мала вигляд консольних панелей з опорними платформами, що пронизують обтічник, послаблюючи його структуру. Надалі це призвело до збільшення кута атаки і руйнування стиків ракетних відсіків. Отриманий досвід та результати аналізу дозволили розробити та реалізувати комплекс заходів щодо підвищення надійності БРЕО – заміна акумуляторної батареї на більш надійну, заміна збірної конструкції корпусу ракети на посилену монолітну конструкцію [5].

Наступний виріб «K110 Метео 20000»: довжина 2800 мм, діаметр 110 мм, висота польоту 20000 м. Апаратний відсік даної ракети був кардинально перероблений ґрунтуючись по результатам попереднього дослідження. Раніше акумулятори були встановлені вертикально, через що акумуляторна батарея вийшла з ладу через польотні навантаження та ненадійне кріплення, це було виправлено, полиці з акумуляторами були розміщені під обтічником, а горизонтальна пластина спиралася на опорну площадку, що розташована нижче.

Креслення апаратного відсіку під обтічником даної ракети проілюстрований на рис. 1. В результаті тестування відсіку «Метео 20000» підтвердилася відповідність конструкції та технології

виробництва жорстким умовам експлуатації, було визначено граничні параметри експлуатації. Отримані під час робіт результати далі застосовуватимуться для розробки та модернізації метеорологічної апаратури, призначеної для комплектації виробів ракетно-космічної техніки.

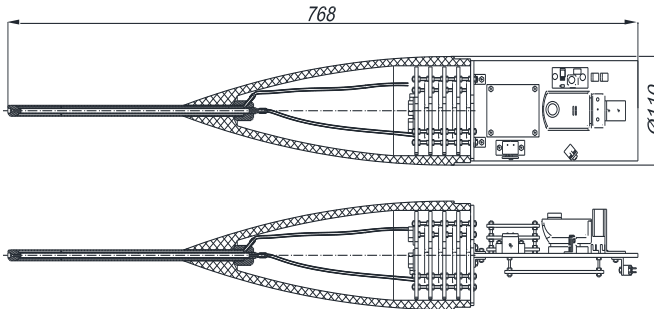


Рисунок 1

Було окремо розроблено спеціалізовану систему вібраційних випробувань для перевірки апаратних відсіків. Використання установки дозволяє експериментально отримати повну інформацію про частоти при коливаннях виробу в резонансних режимах [6]. Одержання цієї інформації дозволяє вже на етапі проектування розробляти методи та засоби захисту конструкцій від дестабілізуючого впливу механічних факторів. В результаті тестування відсіку підтвердилася відповідність конструкції та технології виробництва жорстким умовам експлуатації, було визначено граничні параметри експлуатації.

Отримані під час робіт результати далі застосовуватимуться для розробки та модернізації метеорологічної апаратури, призначеної для комплектації виробів ракетно-космічної техніки. Враховуючи граничні параметри експлуатації, буде можливо оптимізувати та вдосконалити функціональні можливості радіоелектронного обладнання, що в свою чергу додатково дозволить забезпечити надійність та точність збору метеорологічних даних під час польотів.

ВИСНОВКИ

Завдяки запуску суборбітальної надлегкої ракети з'ясувалося, що існуюча конструкція бортової радіоелектроніки не може забезпечити

необхідну надійність і продуктивність, оскільки вона вийшла з ладу під час польоту. Тому з урахуванням цих питань була запропонована нова конструкція бортового радіоелектронного апаратного відсіку, спрямована на усунення недоліків попереднього варіанту. Ця нова конструкція була ретельно розроблена з урахуванням технічних аспектів, через які попередні відсіки виходили з ладу. Завдяки черговому успішному запуску ракети з новим бортовим радіоелектронним відсіком підтверджено її працездатність і надійність. Це свідчить про те, що запропонована нова конструкція виявилася ефективним рішенням для уникнення проблем і забезпечення безперебійної роботи бортової радіоелектроніки під час польоту. Дані результати підкреслюють важливість удосконалення технологій в цій області та підтримують подальші дослідження та розвиток нових рішень у сфері ракетно-космічної техніки.

Посилання

1. Никольский В. В. Исследование процессов в бортовых системах автоматических космических аппаратов : Науч. изд. Санкт-Петербург : БГТУ, 2013. 58 с.
2. Кашин Б. А. Вопросы обеспечения качества и надежности izdeliy ракетной техники : Библиогр. Москва : Инновационное машиностроение, 2016. 111 с.
3. Боршнев А. В. Бортовое радиоэлектронное оборудование космических аппаратов : учебное пособие. Москва : МИРЭА, 2009. 135 с.
4. Винников В. Основы конструирования и надежности электронных средств : Учебнометодичес. комплекс. Санкт – Петербург : СЗТУ, 2003. 135 с.
5. Лук'яненко І. Г. Збільшення надійності конструкції бортової апаратури в суборбітальних ракетах надлегкого класу. Людина і космос : міжнарод. наук. - практ. конф, м. Дніпро, 11 квіт. 2021 р. Дніпро, 2021. С. 240.
6. Бахвалов Ю. Испытания ракетно-космической техники : учеб. пособие Москва : ООО «АИР», 2015. 228 с.