

Голові спеціалізованої вченої ради
К 26.894.01 Національного центру
управління та випробувань космічних
засобів

вул. Московська, 8, м. Київ, 01010

ВІДГУК

офіційного опонента – доцента кафедри застосування космічних систем та геоінформаційного забезпечення інституту інформаційних технологій Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Ракушева Михайла Юрійовича на дисертацію Іванової Валентини Іванівни за темою: “Науково-методичне забезпечення тренажерного моделювання динаміки сонячно-сінхронних орбіт”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.14 – авіаційно-космічні тренажери

Актуальність теми дисертації.

Відповідно до перспектив створення та запуску національних космічних апаратів (КА), в Україні абсолютна більшість КА буде призначена для вирішення завдань спостереження Землі та геофізичного моніторингу, тобто будуть відноситись до КА дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Так у 2019 році передбачається запуск КА ДЗЗ “Січ-2-1” з просторовим розрізненням 8 м, а в 2020-2021 роках – запуск КА “Січ-2М” з просторовим розрізненням 2,5 м. Досвід використання таких КА за цільовим призначенням показав високу ефективність вирішення завдань в областях природокористування, біології, екологічного моніторингу, сільського господарства, а також у сфері національної безпеки та оборони. Загальне орбітальне угруповання КА, згідно з Концепцією реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року, наприкінці зазначеного періоду складатиме: 10 КА ДЗЗ системи “Січ” з бортовими сканерами оптичного діапазону та радіолокаторами із синтезованою апертурою антени, а також 4 КА зв’язку на геостационарній орбіті. Основною орбітою для вищезазначених КА ДЗЗ є низька кругова сонячно-сінхронна орбіта. Таким чином, для

України всі питання, що відносяться до балістико-навігаційного забезпечення управління польотом КА на таких сонячно-синхронних орбітах є виключно актуальними.

На даний час серед широкого кола проблем, що вирішуються при підготовці і здійсненні космічних польотів, однією з найбільш складних є подальше удосконалення засобів і методів тренажерного моделювання яке проводиться на складових наземного комплексу управління КА. У зв'язку з цим, значна увага приділяється питанням розробки необхідного математичного забезпечення, що застосовується з цією метою в наземних тренажерах Головного балістичного центру та Центрі управління польотом КА.

Іншим фактором який впливає на ефективну експлуатацію КА ДЗЗ є забезпечення стабільності умов спостереження Землі які визначаються стабільністю параметрів сонячно-синхронної орбіти КА. При цьому, світовою практикою визначено, що стабільність підтримання зазначених параметрів сонячно-синхронних орбіт на значних часових інтервалах (які співмірні з терміном експлуатації КА – 5-10 років) можливо забезпечити виключно з проведенням орбітальної корекції. Це, зі свого боку, вимагає встановлення на КА двигунів для проведення корекцій орбіти, що суттєво ускладнює та здорожчує як КА так і наземний комплекс управління ним. Остання вимога особливо гостро відчувається за умов незначних вітчизняних фінансових спроможностей.

Узагальнюючи усе викладене вище, можна зазначити, що дисертаційна робота, яка присвячена вирішенню актуального наукового завдання щодо розробки аналітичної моделі впливу на динаміку сонячно-синхронних орбіт збурюючих факторів та, на її основі, вдосконалення методу розрахунку початкових значень параметрів таких орбіт, що спрямоване на мінімізацію відхилення місцевого сонячного часу висхідного вузла на терміні експлуатації космічного апарата без корекцій параметрів орбіти, є пріоритетною для реальних потреб космічної галузі України.

Мета та наукова новизна дисертаційної роботи.

Метою дисертаційної роботи є вдосконалення тренажерного моделювання процесів підготовки до запуску та супроводу космічних апаратів на сонячно-синхронних орбітах, що спрямоване на забезпечення відповідності цих процесів сучасним вимогам до стабільності умов функціонування космічних апаратів.

Для досягнення мети в роботі запропоновані такі наукові результати:

- розроблено новий метод оцінки систематичної (вікової) складової динаміки руху площини сонячно-синхронної орбіти. Метод ґрунтується на теоремі про зміну кінетичного моменту матеріальної точки і представляє собою єдину прозору за фізичною суттю основу для методики розрахунку параметрів впливу на кутовий рух площини сонячно-синхронної орбіти збурюючі факторів різної природи;

- вперше розроблено аналітичну модель для розрахунку вікової складової еволюції параметрів сонячно-синхронної орбіти під прямим та опосередкованим впливом гравітаційного поля Сонця як функції кута орієнтації площини орбіти відносно напрямку “Земля-Сонце”. Модель входить складовою частиною до методу визначення початкових значень нахилу сонячно-синхронної орбіти, а також може бути використана окремо у системі супроводу космічного апарату на сонячно-синхронній орбіті для оперативної чисельної оцінки параметрів еволюції площини цієї орбіти;

- удосконалено метод визначення початкових значень нахилу сонячно-синхронної орбіти шляхом введення поправки, що враховує вікові складові еволюції параметрів орбіти за рахунок домінуючих збурюючих факторів. Реалізація методу дозволяє запускати космічні апарати на сонячно-синхронну орбіту з забезпеченням максимально можливої стабільності умов його функціонування без корекції орбіти.

Зв’язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до планів науково-технічної діяльності Державного підприємства «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля з проектування та експлуатації ракет-носіїв і космічних апаратів у рамках Загальних цільових науково-технічних космічних програм України на 2008-2012 р.р. та 2013 - 2017 р.р. Зокрема, у дисертації використані результати проведених автором досліджень в рамках науково-дослідних робіт з проектування сучасних малих КА, створених за Державними контрактами: №2-01/10 від 05.10.2010 р. “Космічної системи для спостереження Землі в оптичному діапазоні” (реєстраційний номер 0110U004830); №2-01/11 від 21.10.2011р. “Підготовка космічної системи “Січ-2” з КА МС-2-8 до пуску та льотно-конструкторські випробування космічної системи “Січ-2” (реєстраційний номер 0111U009283).

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Обґрунтованість одержаних результатів ґрунтується на коректному використанні науково-методичного апарату та його вихідних даних, узгодженості отриманих результатів математичного моделювання з відомими теоретичними положеннями та чіткому формулюванню часткових завдань щодо досягнення поставленої мети роботи.

Достовірність дисертаційних досліджень підтверджується результатами запуску та експлуатації КА ДЗЗ “Egypsat-1” розробленого “КБ “Південне” ім.М.К. Янгеля.

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 6 наукових статей в наукових фахових виданнях, з них 2 статті опубліковані у виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз. Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на 8 науково-технічних конференціях у 2011-2017 роках. В роботах опублікованих у співавторстві автором визначено його особистий внесок.

Відповідність дисертації встановленим вимогам МОН України.

Дисертаційна робота Іванової Валентини Іванівни на тему: “Науково-методичне забезпечення тренажерного моделювання динаміки сонячно-синхронних орбіт” за оформленням відповідає вимогам МОН України, що пред’являються до дисертаційних робіт. Дисертація написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно, логічно і грамотно.

Автореферат дисертації достатньо повно розкриває її зміст. Стиль викладу матеріалів дисертаційної роботи забезпечує доступність їх сприйняття.

Практичне значення наукових результатів дисертаційних досліджень.

Отримані в роботі співвідношення є зручним методичним інструментом для розробки програмного забезпечення систем підготовки та супроводу КА на сонячно-синхронних орбітах. Вони можуть бути використані як на етапі проектування, так і на етапі безпосередньо підготовки та супроводу польоту КА та тренажерного моделювання цих процесів.

Впровадження розроблених методів у програмне забезпечення тренажерів систем підготовки до запуску та супроводу КА приводить останні у відповідність сучасним вимогам до КА ДЗЗ, що розробляються без рушійних установок корекції орбіти або з суттєвими обмеженнями на кількість і тривалість корекцій. Зокрема, запропонований метод розрахунку початкового значення нахилу типових сонячно-синхронних орбіт з поправкою дозволяє без корекцій орбіти зменшити відхилення місцевого сонячного часу висхідного вузла на терміні функціонування КА приблизно у 6 разів, порівняно з розрахунком без поправки.

Основні результати дисертаційної роботи були апробовані при підготовці до запуску КА “Egypatsat-1” та підтверджені результатами спостереження за його польотом.

Результати досліджень прийняті до впровадження у практику проектування КА в ДП “КБ “Південне” (акт від 09.01.2018 р.).

Зауваження та недоліки роботи.

1. В підрозділі 2.3 при аналізі впливу атмосферного гальмування на еволюцію параметрів сонячно синхронної орбіти КА, автор наводить результати визначення змін висоти орбіти КА які розраховані за моделлю, що реалізує числове інтегрування рівняння руху КА. При цьому у роботі не описана зазначена модель, що унеможливило оцінку її характеристик точності.

2. При описі моделі для визначення збурень від приливних деформацій Землі автор недостатньо обґрунтував необхідність розробки та подальшого використання власної (наближеної) моделі деформації Землі, замість моделі Лява чи Вара. Додатково, при врахуванні збурень від приливних деформацій Землі, автор не врахував те, що Земля не є абсолютно пружним тілом, і тому “горб” від гравітаційного впливу Сонця буде зміщеним від напрямку на нього, і буде “наздоганяти” Сонце, що обов’язково буде впливати на результуючий ефект від цього фактору.

3. В роботі всі оцінки щодо достатності чи недостатності підтримки значення місцевого сонячного часу висхідного вузла орбіти КА у необхідному діапазоні зроблені евристично. Наприклад, в розділі 3 при визначенні умов квазістабільності підтримки параметрів сонячно синхронної орбіти – мінімізації інтегрального відхилення місцевого сонячного часу висхідного вузла для інтервалу 5 років, автор оперує граничними значеннями +10 хв./-30 хв. та робить висновок про достатність підтримки параметрів орбіти КА у такому діапазоні. Автору доцільно було-б більш чітко обґрунтувати достатність саме таких граничних значень.

4. При перевірці адекватності отриманих в роботі аналітичних моделей, автор використовував порівняння з числовими моделями які реалізують інтегрування диференціального рівняння руху КА. Та, при цьому, визначав числові моделі як еталонні. Однак в роботі не наведено, яким чином враховується обчислювальна похибка інтегрування яка на значних часових інтервалах прогнозування буде мати, відповідно, великі значення.

5. В дисертаційній роботі, при дослідженні впливу на стабільність сонячно-синхронної орбіти КА похибок виведення ракетою-носієм, автор зазначає, що такі похибки розподілені за нормальним законом. Прийнятий закон розподілу суттєво впливає на ймовірність реалізації граничних відхилень і, як наслідок, на доцільність врахування їх у кінцевій моделі. При цьому, припущення про “нормальний закон розподілу” є недостатньо аргументованим. Додатково, при розрахунку нахилу квазістабільної сонячно синхронної орбіти КА, недостатньо висвітлено порядок щодо врахування, чи неврахування похибок виведення ракетою-носієм.

Вказані зауваження не знижують цінності дисертаційної роботи, її науково-теоретичного і практичного значення. Дисертація є рукописом, в якому отримані нові науково-обґрунтовані результати.

Висновок. Дисертаційна робота Іванової Валентини Іванівни є завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису, що містить висунуті автором науково обґрунтовані теоретичні результати і наукові положення, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо розробки аналітичної моделі впливу на динаміку сонячно-синхронних орбіт збурюючих факторів та, на її основі, вдосконалення методу розрахунку початкових значень параметрів таких орбіт, що спрямоване на мінімізацію відхилення місцевого сонячного часу висхідного вузла на терміні експлуатації космічного апарата без корекцій параметрів орбіти.

За актуальністю, ступенем новизни та рівнем обґрунтованості дисертаційна робота Іванової В.І. відповідає вимогам п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.14 – авіаційно-космічні тренажери.

Офіційний опонент:

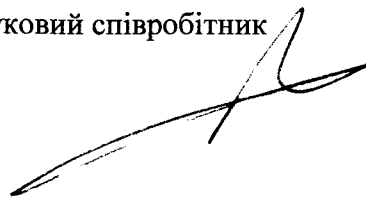
доцент кафедри застосування космічних систем та геоінформаційного забезпечення інституту інформаційних технологій

Національного університету оборони України імені Івана Черняховського

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

М.Ю.РАКУШЕВ

“31” травня 2018 року



Підпис Ракушева М.Ю. засвідчую.

Начальник адміністративного управління

Національного університету оборони України

Імені Івана Черняховського



Б.А.БІЛЯВСЬКИЙ