

Реферат

конкурсної роботи: “Засоби та системи інерціальної навігації і початкового орієнтування ракетної і космічної техніки”

Представлено:

Казенним підприємством спеціального приладобудування “Арсенал” (КП СПБ “Арсенал”)

Короткий опис роботи:

В роботі, за її описом, послідовно, з посиланнями на публікації авторів (перелічені у списку публікацій) описано результати досліджень, розробок, випробувань та впровадження засобів і систем інерціальної навігації і початкового орієнтування ракетної і космічної техніки, виконаних авторами роботи в період з 2004 по 2021 р.р. За цей час авторами створено кілька модифікацій, з унікальними характеристиками, лазерних гіроскопів (ЛГ) та кілько варіантів навігаційних акселерометрів (АК) з кремнієвим чутливим елементом, які побудовані за принципово новою «моментною» кінематичною схемою. У світі виробництво ЛГ, окрім України, існує в 4-х країнах: США (компанії HONEYWELL, NORTROP GRUMAN), Франції (компанії SAFRAN, TALES), КНР та Росії.

На базі створених ЛГ та АК, розроблені та впроваджені в виробництво, вібраційно та температурно незалежні, різні варіанти інерційних вимірювальних модулів (комплексів командних приладів (ККП)), які ввійшли до складу РН “Циклон-4”, оперативно-тактичного ракетного комплексу “Грім-2”, та в прийнятті на озброєння Збройних Сил України комплекс крилатих ракет “Нептун”.

Крім того на базі високоточних ЛГ та АК створені модифікації безплатформених інерціальних навігаційних систем (БІНС) наземного (УКНІС), авіаційного (БІНС-А), ракетного та космічного призначення, які пройшли автономні чи комплексні випробування, в тому числі в складі

рухомих наземних чи авіаційних лабораторій або в складі систем управління ракетної чи космічної техніки.

В той же час авторами даної роботи було виконано комплекс робіт з уdosконалення і розробки нових систем початкового азимутального орієнтування ракетних комплексів різних типів, новітніх гірокомпасів і гіротеодолітів з унікальними характеристиками.

І В даній роботі, за її розширеним описом, послідовно і розгорнуто надаються результати виконання комплексу науково-технічних досліджень та наукових інноваційних розробок чутливих елементів ЛГ та АК - інших засобів та систем інерціальної навігації, приладів та систем інерціальної навігації, що забезпечили роботу систем управління ракетного озброєння та високоефективний кінцевий результат – створення конкурентноздатної ракетно-космічної техніки надвисокого світового рівня, а саме:

1. В напрямку розробки та досліджень лазерних гіроскопів:
 - 1.1. Вирішена низка науково-технічних проблем створення вітчизняних навігаційних ЛГ (необхідної точності та експлуатаційних якостей для БІНС різного призначення і застосування).
 - 1.2. Розроблені математичні моделі і засоби забезпечення температурної компенсації характеристик ЛГ.
 - 1.3. Для забезпечення точності лазерних гіроскопів в умовах експлуатаційних вібраційних навантажень визначено шляхи забезпечення вібраційної стійкості ЛГ; розглянуте джерело виникнення вібраційних похибок для ЛГ; наведено опрацьовані конструктивні особливості таких ЛГ; описані методики тестування вібраційних похибок ЛГ.
 - 1.4. Створені кілька модифікацій ЛГ, проведені їх дослідження та випробування при дії різних кліматичних та механічних факторів, представлені основні технічні характеристики, технічні характеристики в порівнянні з кращими закордонними зразками.

2. В напрямку забезпечення розробки і виготовлення вітчизняних навігаційних акселерометрів, з необхідною для застосування в БІНС точністю:

2.1. Розв'язані науково-технічні проблеми створення навігаційних маятниковых компенсаційних акселерометрів (МКА) ракетних БІНС.

2.2. Розглянута у порівнянні з традиційною “силовою” схемою нова “моментна” схема побудови МКА (захищена патентами на винаходи в Україні, США, Європі та Росії).

2.3. Для забезпечення точності навігаційних МКА розроблені математичні моделі інструментальних похибок таких акселерометрів і їх вплив на точність вирішення навігаційних задач.

2.4. Для забезпечення динамічних характеристик навігаційних МКА ракетних БІНС розглянуто та вирішено задачу забезпечення динамічних характеристик навігаційного МКА після забезпечення його статичної точності. Для цього розроблено моделі динаміки МКА і синтезовано його параметри. Розроблено спосіб та стендове обладнання для визначення динамічних характеристик МКА.

2.5. З метою забезпечення вібростійкості навігаційних МКА в умовах реальної експлуатації розроблено математичні моделі методичних та інструментальних вібраційних похибок МКА, за результатами цих досліджень визначені вимоги щодо допустимих значень коефіцієнтів нелінійної функції перетворення акселерометра.

Розроблено і впроваджено у виробництво два ефективних способи ідентифікації вібраційних похибок акселерометра в польоті ракети, які забезпечують суттєве підвищення точності вимірювання прискорення польоту ракети.

3. З метою безперервного забезпечення точності тривісного блоку навігаційних акселерометрів (БА) ракетної БІНС у складі об'єкту використання на протягі усього терміну його наземної експлуатації, послідовно вирішенні три задачі: задача перед польотного контролю

справного стану пружного підвісу (ПП) МКА, задача резервування МКА у складі БА та задача докалібрування БА.

4. За результатами робіт зі створення МКА (та тривісних блоків акселерометрів) представлена:

4.1. Основні технічні характеристики акселерометрів в серійному виробництві;

4.2. Аналіз статистичного розподілу за точністю приладів, що виготовлені і встановлені на об'єктах використання;

4.3. Технічні характеристики акселерометрів у порівнянні з кращими закордонними зразками.

5. В напрямку забезпечення розробки і виготовлення вітчизняних комплексів командних приладів ККП БІНС для систем керування рухомими об'єктами (в т.ч. об'єктами ракетної техніки), з необхідною точністю, виконані наступні роботи:

5.1. Розроблені, виготовлені та випробувані кілька модифікацій ККП, які ввійшли до складу ракети носія, оперативно-тактичної ракети та протикорабельної крилатої ракети.

5.2. Розроблена і широко застосовується в виробництві методика калібрування командних приладів, що основана на використанні скалярного метода для калібрування 9-ти параметрів тріади акселерометрів (три зміщення нуля, три масштабних коефіцієнта і три кутових параметра неортогональності осей чутливості акселерометрів) та методика контролю похибок калібрування 21-ого параметру ККП БІНС.

5.3. Вирішена задача проектування алгоритмів орієнтації ККП БІНС з урахуванням динамічних характеристик застосованих інерціальних датчиків (ЛГ і АК) і передбачуваного спектрального складу вібраційного збурення, що діє на прилад.

5.4. Розроблені нові методи калібрування і тестування метрологічних характеристик ККП БІНС для всіх етапів його виготовлення і наступного використання.

5.5. Розроблені методики: оцінювання вібраційних похибок ККП в умовах впливу широкосмугової випадкової вібрації, оцінювання похибок ККП в умовах кутових коливань;

5.6. Розроблені спеціальні методи забезпечення вібростійкості та спеціальні системи вібро та ударозахисту ККП: розроблена оригінальна система віброударозахисту СВУЗ, для забезпечення стійкості ККП в умовах механічних навантажень при польоті РН.

6. За результатами виконаних робіт зі створення сучасних комплексів командних приладів БІНС представлені:

6.1. Основні технічні характеристики ККП БІНС;

6.2. Порівняльні характеристики розроблених ККП БІНС з характеристиками кращих закордонних зразків;

6.3. Приведені результати лабораторних і натурних випробувань ККП БІНС для різних призначень.

7. За результатами виконаних робіт зі створення сучасних автономних інерціальних навігаційних систем для наземного та космічного призначення представлені:

7.1. Алгоритми і програмно-математичне забезпечення БІНС для об'єктів ракетно-космічної техніки та рухомих наземних об'єктів;

7.2. Алгоритми нового класу інтегрування рівнянь орієнтації БІНС;

7.3. Алгоритмічне забезпечення початкової виставки БІНС для об'єктів ракетно-космічних систем та наземної техніки;

7.4. Приведені результати натурних випробувань БІНС на літаку – винищувачі СУ-17 та на РН “Дніпро-1”.

8. За результатами виконаних робіт зі створення сучасної навігаційної системи для проти корабельної крилатої ракети Р360 “Нептун” представлені алгоритми початкової виставки виробу Р360 на нерухомій основі, завдяки чому визначаються початкові кути орієнтації і виріб не потребує введення додаткових даних у польотному завданні перед пуском ракети. А також, у співпраці з іншими членами творчого авторського колективу, розроблені

алгоритми навігаційної системи на базі ККП – блоку датчиків інерціального вимірювального (БДВ), що укомплектований ЛГ та АК, які забезпечують виведення виробу в точку захвату цілі. Відпрацювання розроблених алгоритмів здійснювалось на стендах напів натурного моделювання та при натурних випробуваннях на вертолітоті МІ-8. Проведенні попередні та державні випробувань виробу Р360, який успішно пройшов всі випробування і був прийнятий на озброєння ЗС України.

ІІ Представлені результати розробки, виготовлення та впровадження приладів і систем початкового азимутального орієнтування ракетної та ракетно-космічної техніки:

1. Аналіз та визначення шляхів розвитку приладів початкового азимутального орієнтування та порівняльний аналіз приладів орієнтування, що реалізують різні методи визначення азимуту, а також особливості приладів орієнтування залежно від моделі їхнього застосування.
2. Основні новітні технічні рішення та результати досліджень приладів орієнтування на базі гіроскопічного маятника та двоступеневого датчика кутової швидкості.
3. Новітні технічні рішення щодо режиму гірокомпасування БІНС на базі лазерних гіроскопів.
4. Основні технічні характеристики розроблених приладів і систем початкового орієнтування у порівнянні з кращими закордонними зразками.
5. Результати різних видів випробувань приладів і систем початкового орієнтування різного призначення.

Отримані результати науково-технічних досліджень та здійснені розробки систем початкового азимутального орієнтування застосовані в ракетних і ракетно-космічних комплексах різного призначення та є перспективними в застосуванні в подальших ракетних і ракетно-космічних

проектах і забезпечать конкурентоздатність на світовому рівні та інноваційність таких розробок.

За результатами виконання даної роботи кількість публікацій 99, в т.ч. статей 99 (41 – у англомовних журналах з імпакт-фактором). 28 праць опубліковані у виданнях, які входять до науково метричних баз Web of Science, Scopus, Copernicus, та ін. Загальна кількість посилань на публікації авторів згідно Scopus -1, Google Scholar – 37, /h-індекс робіт: Scopus - 1, Google Scholar – 3.

Отримано 7 патентів України на винахід, 4 міжнародних патентів.

За тематикою конкурсної роботи, окрім опублікованих наукових статей, тез доповідей на міжнародних та спеціалізованих конференціях, патентів і описів до них, зазначених в переліку публікацій, авторами за їх дослідженнями і розробками створені чисельні звіти за виконані НДДКР.

За тематикою даної конкурсної роботи захищено 5 дисертацій кандидата технічних наук (4 дисертації захищені безпосередньо авторами конкурсної роботи, в одній роботі використані результати співавторів, які входять до складу творчого колективу авторів роботи).

Практична цінність роботи полягає у застосуванні створених засобів та технологій при виготовленні лазерних гіроскопів та акселерометрів, комплексів командних приладів, систем інерціальної навігації ракет космічного призначення «Циклон-4», крилатої ракети Нептун, багатофункціональних ракетних комплексів «Грім-2» і «Сапсан», створенні перспективних систем інерціальної навігації УКННС, БІНС-А.

Автори роботи:

Начальник сектору систем навігації і
датчиків Державного підприємства
“ДержККБ “Луч”, кандидат технічних
наук

Басанець О.П.

Директор з комплексного проектування
та бортового програмування Науково-
виробничого підприємства
ХАРТРОН-АРКОС ЛТД



Воронченко В.Г.

Заступник начальника відділу
науково-технічного комплексу
КП СПБ “Арсенал”



Приходько С.М.

Начальник науково-технічного
комплексу – Головний
конструктор напрямку КП СПБ
“Арсенал”



Сладкий А.М

Провідний інженер науково-технічного
комплексу НТК-1 КП СПБ “Арсенал”,
кандидат технічних наук



Слюсар В.М.

Начальник лабораторії Науково-
виробничого підприємства
ХАРТРОН-АРКОС ЛТД,
кандидат технічних наук



Тиховський В.М.

Доцент Інституту аерокосмічних
технологій НТУУ “Київський
політехнічний інститут” імені
Ігоря Сікорського,
кандидат технічних наук



Черняк М.Г.

Заступник начальника науково-
технічного комплексу КП СПБ
“Арсенал”



Юр'єв Ю.Ю.