

Система керування навігаційного комплексу легких броньованих машин

Система управления навигационного комплекса легких бронированных машин

Control system of navigation complex of light armored cars

1. Номер державної реєстрації №0117U000405,

2. Науковий керівник - д.т.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки Безвесільна О.М., приладобудівний факультет, кафедра приладобудування.

Безвесильная Е.Н. - д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, приборостроительный факультет, кафедра приборостроения.

Bezvesilyna E.N.- doctor of technical sciences, professor, department of instrumentation, chair of instrumentation.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Створено нову наукову концепцію, нові методи та засоби удосконалення системи керування (СК) приладового навігаційного комплексу (НК), стабілізатора, легких броньованих машин (ЛБМ). Досягнуто підвищення точності та швидкодії вимірювання параметрів руху СК НК сучасних ЛБМ більше ніж у 2 рази. Отримано нові математичні моделі роботи СК стабілізатора, формули, алгоритми, оцінки параметрів руху. Розроблено нову автоматизовану систему керування стабілізатора ЛБМ. Запропоновано новий науковий підхід забезпечення точності елементів, пристроїв системи керування стабілізатора ЛБМ. Розроблено нові методи та алгоритми визначення координат об'єкту наведення шляхом багатократного вимірювання кута візування об'єкта. Отримано оцінки значень середньоквадратичних похибок. Розроблено метод графічного визначення вимог до параметрів СК. Створено функціональну схему СК стабілізатора ЛБМ з використанням нових чутливих елементів. Створено нову систему ударо-віброзахисту для забезпечення експлуатаційного захисту СК стабілізатора ЛБМ від вібрацій та ударів з гарантуванням заданої точності. Створено наукові основи побудови нового прецизійного пристрою для високоточної наземної виставки навігаційних елементів СК стабілізатора ЛБМ. Уперше запропоновано використовувати на стадії проектування СК СК стабілізатора ЛБМ метод найшвидшого спуску. Уперше запропоновано використовувати розроблений метод алгоритмічної обробки навігаційної інформації на основі апарату нейронних мереж у задачах створення алгоритмів функціонування СК стабілізатора ЛБМ.

(рос.)

Создана новая научная концепция, новые методы и средства усовершенствования системы управления (СК) приборного навигационного комплекса (НК) стабилизатора легких бронированных машин (ЛБМ). Достигнуто повышение точности и быстродействия измерения параметров движения СК НК современных ЛБМ более чем в 2 раза. Получены новые математические модели работы СК стабилизатора, формулы, алгоритмы, оценки параметров движения. Разработана новая автоматизированная система управления стабилизатора ЛБМ. Предложен новый научный подход обеспечения точности элементов, устройств системы управления стабилизатора ЛБМ. Разработаны новые методы и алгоритмы определения координат объекта наведения путем многократного измерения угла визирования объекта. Получены оценки значений среднеквадратических погрешностей. Разработан метод графического определения требований к параметрам СК. Разработана функциональная схема СК стабилизатора ЛБМ с использованием новых чувствительных элементов. Создана новая система ударо- виброзащиты для обеспечения эксплуатационного защиты стабилизатора ЛБМ от вибраций и ударов с обеспечением заданной точности. Созданы научные основы построения

нового прецизионного устройства для высокоточной наземной выставки навигационных элементов СК стабилизатора ЛБМ. Впервые предложено использовать на стадии проектирования СК гиростабилизатора ЛБМ метод наискорейшего спуска. Впервые предложено использовать разработанный метод алгоритмической обработки навигационной информации в задачах создания алгоритмов функционирования СК стабилизатора ЛБМ.

(англ.)

A new scientific concept, new methods and means of improving the control system (SC) of the instrument navigational complex (NK), stabilizer, light armored vehicles (LBM) have been created. Achieved the increase of accuracy and speed of measurement of the parameters of the TC NK of the modern LBM more than 2 times. New mathematical models of IC stabilizer work, formulas, algorithms, estimation of parameters of motion are obtained. A new automated control system of the stabilizer LBM has been developed. A new scientific approach is proposed to ensure the accuracy of elements, devices of the control system of the stabilizer LBM. New methods and algorithms for determining the coordinates of the object of guidance in the system of rectangular coordinates are developed by repeated measurements of the object's angle of sight. Estimates of values of mean-square errors are obtained. The method of graphical definition of requirements to the parameters of the SC is developed. The functional scheme of the LC stabilizer LBM with the use of new sensory elements is created. A new system of shock and vibration protection was created to provide operational protection of the LMB gyrostabilizer against vibrations and impacts with guaranteed precision. The scientific basis for construction of a new precision meter for high-precision ground exhibition of navigational elements of the IC of the stabilizer LBM was created. For the first time it is proposed to use the method of the fastest descent in the stage of designing the LC gyrostabilizer LBM. For the first time it was proposed to use the developed method of algorithmic processing of navigation information in the problems of creating algorithms for the functioning of the LC stabilizer LBM.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

За результатами НДР отримано наступні патенти України:

- Безвесільна О.М., Черепанська І., Сазонов А. Метод вимірювання кутів // Патент № 124155 Дата 26.03.2018 Бюл.№6 від 26.13.18. Заявка на винахід № U201709792 від 09.10.2017.
- Безвесільна О.М., Черепанська І., Сазонов А. Інтелектуальна система вимірювання кутів // Патент №127373 від 25.07.2018 по заявці № u 2018 02424 від 02.03.2018
- Безвесільна О.М., О.М. Безвесільна, А.О. Возняковський, О.М. Гержан, В.Г. Цірук, М.В. Цірук. Модульне гарматне свердло // Патент №129074 Україна, МПК G01B B23B 51/00, B23B 41/02 2006.01), B23P 15/00. № u201802731; заявл. 19.03.2018; опублік. 25.10.2018, Бюл. № 20/2018.
- Безвесільна О.М., Мірошник С.В., Маляров С.П., Петренко О.В., Цірук В.Г., Цірук Г.В. Електричний двигун постійного струму // Патент на корисну модель №127341 Дата 25.07.2018 Бюл.№14 від 25.07.2018 по заявці № u 2018 02152 від 02.03.2018.
- Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. Чепюк Л.О.Тензометричний гравіметр // Патент на корисну модель №132179 Дата 11.02.2019 Бюл.№3 від 11.02.2019 по заявці № u 2018 09741 від 01.10.2018.
- Безвесільна О.М., А.О. Возняковський, В.Г. Цірук, М.В. Цірук М.В.Киричок Д.В. Спосіб утворення сферичних поверхонь над крихких магнітів // Патент на корисну модель №132285 Дата 25.02.2019 Бюл.№4 від 25.02.2019 по заявці № u 2018 07776 від 11.07.2018

5. Порівняння зі світовим аналогом: відповідає світовому рівню.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники). Розроблена система керування (СК) забезпечує автоматизоване вимірювання механічних параметрів стабілізатора озброєння з більшими точністю (у 2 рази) та швидкодією (у 10 разів) на відміну од відомих систем, тобто розроблена СК є значно ефективнішою. Використання нової СК СО ЛБМ в оборонній, аерокосмічній, суднобудівній, автомобільній галузях. Це дасть суттєвий прибуток за рахунок значного зменшення габаритів, маси та підвищення точності, швидкодії у порівнянні з аналогами. Розробка теорії та принципів побудови СК СО ЛБМ дозволить проводити автоматизовані дослідження механічних параметрів в екстремальних умовах на БТР. Вартість реалізації проекту – 900 тис. грн. Терміни впровадження – 3 роки. Термін окупності – 3 роки.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації)

Результати розробки можуть застосовуватись в оборонній, аерокосмічній, суднобудівній, автомобільній галузях відповідних міністерств. Потенційні споживачі результатів розробки: ПАТ «Науково-виробниче об'єднання «Київський завод автоматики» (м. Київ).

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження). Технічна документація: звіт (розроблено математичні моделі, алгоритми, методи та методики проведення досліджень СК СО ЛБМ), лабораторний стенд, звіт по НДР.

9. Існуючі результати впровадження.

Досягнуто підвищення точності та швидкодії вимірювання навігаційних параметрів СК СО ЛБМ більше, ніж у 2 рази шляхом:

- розробки нової теорії, методики, засобу (6 патентів України), алгоритмічних **методів** збільшення точності вимірювання навігаційних параметрів, наданих **рекомендацій** по збільшенню точності;

- запропонованого нового методу високоточного вимірювання механічних параметрів з цифровою обробкою вимірювальної інформації більшої точності та швидкодії порівняно із відомими;

- розробленої нової математичної моделі СК СО ЛБМ;

- розробленого нового методу використання апарату штучних нейронних мереж для корекції динамічних та інструментальних похибок навігаційних елементів СК СО ЛБМ;

- проведених фундаментальних досліджень СК СО ЛБМ з використанням нових алгоритмічних методів та апарату штучних нейронних мереж, які дозволили створити нові теорію, методи для подальшого втілення у сучасній високоточній СК СО ЛБМ;

- виконаних уперше аналізу вимірювальної інформації і компенсації похибок чутливих елементів СК СО ЛБМ;

- вибору сучасних алгоритмічних методів компенсації динамічних похибок вимірювань навігаційних параметрів, що забезпечать покращення точності та інших метрологічних характеристик нової СК СО ЛБМ;

- використаної теорії штучних нейронних мереж для побудови комп'ютеризованих методів обробки вимірювальної інформації у новій СК СО ЛБМ з метою компенсації похибок.

Всі результати НДР впроваджено у ПАТ «НВО «КЗА» (м. Київ).

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Кафедра приладобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського, лабораторія вимірювальних перетворювачів та наукових досліджень 168-а, тел. роб. (095)160-32-18, дом. 279-33-75.

11. Фото розробки



12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. Двоканальний ємнісний MEMS гравіметр авіаційної гравіметричної системи / Безвесільна О.М., Хильченко Т.В. // Монографія з грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, НПО «Пріоритети» -2017 Київ:, 181 с.
2. Штучні нейронні мережі при вирішенні задач технологічної підготовки гнучкого виробництва / Безвесільна О.М., Черепанська І.Ю., Сазонов А.Ю. // Монографія з грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, НПО «Пріоритети» – 2018 Київ: 192с
3. Вібраційний чутливий елемент приладового комплексу / Безвесільна О.М., Чепюк Л.О. // Монографія з грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, НПО «Пріоритети» – 2018 Київ: 235 с
4. Scientific development and achievements / Olena Bezvesilna, Andrii Tkachuk та ін.// Монографія London: «Sciences Publishing». - London :-2018, 404 с.
5. Прецизійний приладовий навігаційний комплекс та його чутливі елементи / Безвесільна О.М. // Монографія з грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського, НПО «Пріоритети» 2019. – 451с.
6. Безвесільна О.М. Наукові дослідження в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. / О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик. - НПО «Пріоритети», Київ, 2018. – 592 с.
7. Безвесільна О.М. Перетворювачі фізичних величин. Технічні засоби автоматизації / О.М. Безвесільна. - НПО «Пріоритети», Київ, 2019. - 810 с.
8. Introducing The Principle of Constructing an Aviation Gravimetric System With Any Type of Gravimeter / О.М. Bezvesilnaya, А. Tkachuk, Cheryuk, S.Nechai, Т.Khylchenko // Східно-Європейський журнал передових технологій №1/7(85),2017,с.45-56 (**Scopus**)
9. Artificial Neural Network as a Basic Element of the Automated Goniometric System / О.М. Bezvesilnaya, Cherepanska I., Sazonov А. // Recent advanced in systems, Control and Information Technology. – P.5, 2017. - p.43-51 V.543 Springer (**Scopus**)
10. Two-channel MEMS gravimeter for the automated aircraft gravimetric system / О.М. Bezvesilnaya, Korobiichuk I., Tkachuk А., Chilchenko Т. // Recent advanced in systems, Control and Information Technology. – P.5, 2017. - p.481-487 V.543 Springer (**Scopus**)
11. Gravimeters o Aviation Gravimetric System: Classification, Comparative Analysis, Prospects. / О.М. Bezvesilnaya, Kaminski M. // International Publishing Switzerland Journal Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.550, Automation – 2017, p.496-504. (**Scopus**)
12. Heat Transfer in the Thermo-Anemometric Flowmeter for Biofuels / О.М. Bezvesilnaya, Kaminski M., Ilchenko А. // International Publishing Switzerland Journal Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.550, Automation – 2017, p.505-511. (**Scopus**).

13. Thermo-anemometric Flowmeter of Biofuels for Motor Transport / O.M. Bezvesilnaya, Korobiichuk I., Ilchenko A., Trostenyuk Y. // Recent Global Research and Education Technological Challenges 519 Springer International Publishing AG 2017, p.443-449 V.519 Springer (**Scopus**).
14. Analysis of Modern Gravimeters of the Aviation Gravimetric System / O.M. Bezvesilnaya, Cheruyuk L, Tkachuk A, Nechai S, Khylychenko T // Технологічний аудит і резерви виробництва №3/1(35), 2017, с.53-59 (**Copernicus**).
15. The procedure for determining the number of measurements in the normalization of random error of an information-measuring system with elements of artificial intelligence / O.M. Bezvesilnaya, Cherepanska I., Sazonov A. S.Nechai, T.Khylychenko // Східно-Європейський журнал передових технологій №5/9(89),2017,с. 58-67 (**Scopus**).
16. Calorimetric Flow Meter of Motor Fuel With Inlet Temperature Regulation / O.M. Bezvesilnaya, Korobiichuk I., Ilchenko A, Kachniarz M., Nowicki M., Szewczyk R. // Control, Decision and Information Technologies. – p.0957-0979 April 5-7, 2017, Barcelona, Spain (**Scopus**).
17. Methods and Ways of Piezoelectric Accelerometers Fastening on the Objects of Research / O.M. Bezvesilnaya, Korobiichuk I., Kachniarz M., Koshovij M., Kvasnikove V. // ACTA PHYSICA POLONICA V.133(18) N4 p.1112-1115 (**Scopus**).
18. Розробка штучної нейронної мережі визначення складових похибок вимірювання кутів гоніометричним програмно-технічним комплексом / Bezvesilna O.M., І.Ю. Черепанська, А.Ю. Сазонов, С.О. Нечай, О.В. Підтиченко // Східно-Європейський журнал передових технологій №5/9(95),2018,с. 43-51 (**Scopus**).
19. Аналітичний огляд існуючих приладових комплексів / Bezvesilna O.M., Tsiрук Victor, Cheruk Larina // Технологічні комплекси (Луцьк) №1 (15), 15-26 с. 2018 (**Copernicus**).
20. Intelligent precise goniometric system of analysis of spectral distribution intensities for definition of chemical composition of metal-containing substances / O.M. Безвесільна., Ю.М. Коваль, І.Ю. Черепанська, А.Ю. Сазонов // Металлофізика и новейшие технологии. – 2019. – vol. 41, №2(41). – P. 263–278 (**Scopus**).
21. Трикоординатний гравіметр з виставленням осей чутливості на основі цифрових відео зображень (three-coordinate gravimeter with exhibition of axis sensitivity based on digital videoimages) / Безвесільна О.М., Ю. О. Подчашинський, Ю. О. Шавурський, С. О. Нечай. ICRIS 2019: The 2 nd International Conference on Robotics and Intelligent System Warsaw, Poland, February 23-25, 2019, p.89-93. (**Scopus**).
22. Штучна нейронна мережа для автоматизованого розпізнавання складових похибок вимірювання / Безвесільна О.М., Черепанська І.Ю., Сазонов А.Ю. // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ. – 2019. – №1 (269). С. 137-145. (**Index Copernicus, Google Scholar, ПИНЦ, Polish Scholarly Bibliography**).
23. Алгоритмічна корекція результатів вимірювання прецизійної приладової гоніометричної системи/ Безвесільна О.М., Черепанська І.Ю., Сазонов А.Ю. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки. – Київ. – Том 30 (69). № 2 Частина 2, 2019 С.6 – 11. (**Index Copernicus International** (Республіка Польща)).
24. Three-Axis Low-Frequency Piezoelectric Sensor/ Bezvesilna O.M., Tkachuk A. // Sheffield Science and Education LTD, 2017. V.10. England, p.44-47
25. Instrumental errors of piezoelectric sensors used in automatic weapons stabilizer system/ Безвесільна О.М., Ткачук А.Г.// Sheffield Science and Education LTD, 2017. V.15. England, p.53-56

26. A sensor for measuring the navigation parameters of the stabilization system/ Безвесільна О.М., Ткачук А.Г.// Sheffield. Modern scientific potential, 2018 England 28.02-27.03. 2018, р.3-6.
27. Прецизійна приладова система вимірювання кутів/ Безвесільна О.М., Черепанська І.Ю., Сазонов А.Ю. //Aktuelle themen im kontext der entwicklung der modernen wissenschaften: Zu den materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen konferenz (Німеччина,Dresden, 23 Januar, 2019). – Dresden: NGO «Europäische //Wissenschaftsplattform». – 2019. – V. 5. – 122 s. pp. 79 – 82.
28. Neural network technology for recognizing errors components of the precise instrumental goniometric system/ Bezvesilna Olena, Cherepanka Irina, Sazonov Artem //La science et la technologie à l'ère de la société de l'information: coll. de papiers scientifiques «ΛΟΓΟΣ» avec des matériaux de la conf. scientifique et pratique internationale, (Bordeaux, 3 mars, 2019). – Франція, Bordeaux : ОР «Plateforme scientifique européenne», 2019. V.9. p. 106. pp. 43 – 47.
29. Безвесільна О.М., Черепанська І., Сазонов А. Метод вимірювання кутів // Патент № 124155 Дата 26.03.2018 Бюл.№6 від 26.13.18. Заявка на винахід № U201709792 від 09.10.2017.
30. Безвесільна О.М., Черепанська І., Сазонов А. Інтелектуальна система вимірювання кутів // Патент №127373 від 25.07.2018 по заявці № u 2018 02424 від 02.03.2018
31. Безвесільна О.М., О.М. Безвесільна, А.О. Возняковський, О.М. Гержан, В.Г. Цірук, М.В. Цірук. Модульне гарматне свердло // Патент №129074 Україна, МПК G01B B23B 51/00, B23B 41/02 2006.01), B23P 15/00. № u201802731; заявл. 19.03.2018; опублік. 25.10.2018, Бюл. № 20/2018.
32. Безвесільна О.М., Мірошник С.В., Маляров С.П., Петренко О.В., Цірук В.Г., Цірук Г.В. Електричний двигун постійного струму // Патент на корисну модель №127341 Дата 25.07.2018 Бюл.№14 від 25.07.2018 по заявці № u 2018 02152 від 02.03.2018.
33. Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. Чепюк Л.О.Тензометричний гравіметр // Патент на корисну модель №132179 Дата 11.02.2019 Бюл.№3 від 11.02.2019 по заявці № u 2018 09741 від 01.10.2018.
34. Безвесільна О.М., А.О. Возняковський, В.Г. Цірук, М.В. Цірук М.В.Киричок Д.В. Спосіб утворення сферичних поверхонь над крихких магнітів // Патент на корисну модель №132285 Дата 25.02.2019 Бюл.№4 від 25.02.2019 по заявці № u 2018 07776 від 11.07.2018.
35. Автоматизована система стеження коріолісового гіроскопа системи стабілізації озброєння за резонансною частотою / Безвесільна О.М., Ткачук А.Г., Янчук В.М., Калита А.С. // Вісник інженерної академії наук України, №3, 2017, С. 171-173.
36. Шляхи підвищення точності стабілізаторів озброєння легкої броньованої техніки / Безвесільна О.М., В. Г. Цірук, М. В. Ільченко, С. О. Нечай // Вісник інженерної академії наук України, №4, 2017, С. 89-92.
37. Визначення похибки струнного чутливого елемента стабілізатора озброєння / Безвесільна О.М., В. Г. Цірук, А.Г. Ткачук, В.О. Мордань, Л.О.Чепюк // Вісник інженерної академії наук України, №1, 2018, С. 150-155.
38. Двоканальний ємнісний мемс чутливий елемент стабілізатора озброєння / Безвесільна О.М., В. Г. Цірук, Д.С. Козюков, Т.В. Хильченко // Вісник інженерної академії наук України, №1, 2018, С. 28-32.
39. П'єзоелектричний чутливий елемент стабілізатора озброєння / Безвесільна О.М., В. Г. Цірук, А. Г. Ткачук, Байбурдов К.К // Вісник інженерної академії наук України, №1, 2018, С. 33-37.

40. Дослідження поведінки динамічно-настроюваного чутливого елемента за допомогою ЦОМ / Безвесільна О.М., Цірук В.Г., Киричук Ю.В., Ткачук А.Г. // Вісник інженерної академії наук України, №1, 2018, С. 48-51.
41. Будова та принцип роботи нового прецизійного п'єзоелектричного чутливого елемента системи стабілізації / Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. // Вчені записки Таврійського Національного університету ім. В.І. Вернадського Серія «Технічні науки» Том 29 (68) №3, 2018, с. 54-58.
42. Алгоритмічні методи високоточного визначення лінійних прискорень / Безвесільна О.М. // Вісник Хмельницького національного університету №5, 2018, С. 100-105.
43. Виставлення просторового положення чутливого елемента навігаційної системи на основі цифрових відеозображень / Безвесільна О.М., Ю.О. Подчашинський // Вісник інженерної академії наук України, №2, 2018, С.8-14.
44. Штучна нейронна мережа для автоматизованого розпізнавання складових похибок вимірювання / Безвесільна О.М., Петренко О.В., Ільченко М.В. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький НУ. – 2019. – 3(273). – С. 158 -163.
45. Оцінка впливу конструкцій кронштейна для установки приладів ГТ46, ГТ46001 на їх вхідні сигнали / Безвесільна О.М., Петренко О.В., Ільченко М.В. // Науковий журнал «Молодий вчений» №7(71) липень 2019, С.1-5.
46. Дослідження можливості підвищення рівномірності вихідної характеристики тахометра / Безвесільна О.М., Петренко О.В., Ільченко М.В. // Науковий журнал «Молодий вчений» №8(72) серпень 2019, С.149-152.
47. Вибір робочого діапазону кутів тахометра для виробів легкої броньованої техніки / Безвесільна О.М., Петренко О.В., Ільченко М.В. // Вісник ХНТУ 2 (69), Херсон 2019. 21-24 с..

13. Надати ключові слова до розробки

Система керування, навігаційний комплекс, навігаційні параметри