

УДК528.563

DOI 10.31891/2307-5732-2020-285-3-22

О. М. БЕЗВЕСІЛЬНА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

В. Г. ЦІРУК, В. А. ГАЛИЦЬКИЙ, М. В. ІЛЬЧЕНКО

Публічне акціонерне товариство «Науково-виробниче об'єднання «Київський завод автоматики»

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СТАБІЛІЗАТОРА

У роботі розглянуто відому методику перевірки механічних параметрів стабілізатора, що впливають на його функціонування та використовувались з початку виготовлення перших аналогових стабілізаторів і використовувались до теперішнього часу та були доволі трудомісткими. З розробкою цифрових стабілізаторів з'явилися нові можливості в частині зміни схемо-технічної побудови стабілізаторів та удосконалення методів вимірювання механічних параметрів, що зменшують та спрощують відомі методику.

Ключові слова: стабілізатор, механічні параметри.

O. BEZVESILNA

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

V. TSIRUK, V. HALYTSKYI, M. ILCHENKO

Public joint stock company «Research-and-Production association «Kyiv automatics plant»

IMPROVEMENT OF METHODS OF MEASUREMENT OF MECHANICAL PARAMETERS AFFECTING THE FUNCTIONING OF WEAPON STABILIZERS

The purpose of improving the known method of measuring the mechanical parameters of the stabilizer for BMP-2, which affects the functioning of the stabilizer. This technique was developed and implemented in practice for analogue stabilizers 2E36 and developed in the 80s of last century. The advantages and disadvantages of this technique are considered. The advantages of the known technique include the fact that the inspections made it possible to fully control the mechanical parameters. The disadvantages include the fact that many manual, time-consuming operations were used and the work on its implementation was carried out by a larger number of service personnel using a metalwork tool. Modern stabilizers based on digital element base have more opportunities to improve these methods. The proposed management methods reduce the number of manual labour-intensive operations and are performed by fewer staff. New methods of verification are introduced on the basis of known methods and do not require additional refinement of the material part of the tested stabilizers during their implementation. The implementation of methods is performed by changing the software and algorithms of the control unit and the control panel of the stabilizer. The developed techniques exclude the use of metalwork measuring instruments - dynamometers and indicators, while the correctness of the controlled parameters is determined by the operator visually by indications on digital displays. The developed technique of electronic exhibition of angular velocity sensors is performed with the help of adjusting coefficients entered from the control panel of the stabilizer and completely excludes manual laborious operations on calculation of thickness, selection and installation of washers under planes of fastening of angular velocity sensors. The proposed techniques can be used by developers of stabilizers in the control of mechanical parameters for different types of machines.

Keywords: stabilizer, mechanical parameters.

Вступ. Основою для практичного вимірювання механічних параметрів, що впливають на функціонування стабілізаторів озброєння легкої бронетехніки, була відома методику, створена на базі виробу БМП-2 [1, 2]. Ця методику була розроблена та впроваджена для аналогових стабілізаторів 2E36 у 1980-х роках. Розроблена методику мала ряд переваг та недоліків.

До переваг відомої методику можна віднести те, що вона дозволяла всебічно у повному обсязі проконтролювати механічні параметри виробу та забезпечувала стабілізаторам задане функціонування. До недоліків відомої методику можна віднести те, що використовувалось багато ручних, трудомістких операцій із застосуванням застарілих вимірювальних інструментів та технологічних пристосувань. Все це виправдовувалось застосуванням на той час у стабілізаторах аналогової елементної бази, яка не давала оперативно, без зміни апаратної частини, вносити корективи до логіки роботи системи.

З переходом до нової цифрової елементної бази [3] з використанням нових, оптико-електронних приладів спостереження за ціллю, нових цифрових заводських ліній зв'язку і програмованих мікропроцесорів стала можливою зміна логіки роботи стабілізатора шляхом перепрограмування його програмного забезпечення. З початком розробки, впровадженням цифрових стабілізаторів озброєння [4] змінювались методику їх перевірок у процесі виготовлення та випробувань, але методи контролю механічних параметрів бойових модулів, до яких входили ці стабілізатори, залишилися такими, як і для аналогових стабілізаторів.

Постановка проблеми. З плином часу виникли принципово нові вимоги до методику вимірювання механічних параметрів, що впливають на функціонування стабілізаторів озброєння. Ця методику перевірок механічних параметрів модулів мала бути удосконалена у частині зменшення трудомісткості, зменшення кількості особового складу бойової машини, що їх виконував, та часу на виконання перевірок.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності розробки та впровадження у виробництво сучасної прогресивної методику для цифрових стабілізаторів, в якій будуть застосовані сучасні методи вимірювань із скороченням кількості ручних операцій при зменшенні часу на їх виконання та зменшенні числа обслуговуючого персоналу.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Проаналізувавши відомі літературні джерела [1–16], в яких висвітлено методи вимірювання механічних параметрів, що впливають на функціонування

стабілізаторів, можна сказати, що у цих джерелах обмаль відомостей та викладено недостатньо систематизований матеріал щодо сучасних методів контролю та перевірки механічних параметрів виробу, що впливають на функціонування стабілізаторів.

У названій літературі наводяться, в основному, тільки кількісні значення деяких механічних параметрів стабілізатора та супутніх параметрів виробу (БМП). Це наступні параметри:

– моменти опору обертанню (≤ 40 кгсм для горизонтального каналу ВН та ≤ 30 кгсм для вертикального каналу);

– моменти неврівноваженості (≤ 3 кгсм для вертикального каналу при горизонтальному положенні блоку озброєння);

– моменти неврівноваженості (≤ 30 кгсм для вертикального каналу на інших кутах наведення);

– жорсткість каналів (≥ 40 кгсм/т.д. для горизонтального та ≥ 17 кгсм/т.д. для вертикального каналів),

а також значення люфтів на моторних гілках наведення та значення зусиль які необхідно прикладати при вимірюванні кожного параметра.

У вказаних літературних джерелах для перевірки механічних параметрів стабілізатора запропоновано використовувати:

– динамометри, через які прикладаються до окремих частин механіки нормовані для кожного типу випробувань зусилля;

– слюсарні індикатори, за допомогою яких вимірюється переміщення частин виробу;

– використовувати ручну трудомістку працю декількох співробітників.

Однак ці технічні засоби контролю параметрів застарілі, громіздкі і вимагають значної кількості персоналу, потребують додаткового технологічного обладнання, виконуються у ручному режимі. Сьогодні для сучасних цифрових стабілізаторів використання такої методики є неприпустимим.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є удосконалення методів контролю та вимірювання механічних параметрів, що впливають на функціонування та точні параметри стабілізатора, а саме, моментів опору обертанню, неврівноваженостей блоку озброєння та башти, люфтів на моторних гілках управління, жорсткості каналів стабілізації.

Дані вимірювання механічних параметрів виробу будуть проводитись після встановлення стабілізатора до виробу перед налаштуванням стабілізатора у складі виробу, а також контролюватись у процесі експлуатації стабілізатора при виконанні технічного обслуговування.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Навести та проаналізувати відому методику контролю механічних параметрів;

2. Навести нову удосконалену методику контролю механічних параметрів;

3. Проаналізувати методи контролю удосконаленої методики шляхом порівняння з відомими діючими.

Експериментальна частина. Стан вітчизняного виробництва легкої броньованої техніки (ЛБТ) характеризується стрімким переходом від:

– застарілої елементної бази з використанням транзисторів, резисторів, діодів до нової перспективної цифрової елементної бази з використанням перепрограмованих мікропроцесорів;

– аналогових ліній зв'язку, що зазнають вплив дії завад, на цифрові завадостійкі лінії зв'язку;

– оптичних засобів спостереження за цілями на оптико-електронні засоби з виводом відеозображення поля бою на РКІ-монітори (рідкокристалічні монітори);

– світлодіодної інформації на інформацію, що відображається на цифрових дисплеях;

– електромеханічних чутливих сенсорів первинної інформації на твердотільні чутливі сенсори та ін.

Це забезпечило перехід на схемо-технічні методи побудови цифрових стабілізаторів [15] замість відомих аналогових. Але на практиці, на жаль, все ще застосовуються трудомісткі методи контролю механічних характеристик блоку озброєння та башти бойових модулів, в які встановлюються стабілізатори. Це суттєво впливає на точнісні характеристики (або параметри) останніх. До цих параметрів відносяться моменти опору обертанню, точність встановлення датчиків кутової швидкості (ДКШ), моменти неврівноваженості, люфти, жорсткість, з якою налаштовано стабілізатор. Невідповідність цих параметрів технічним вимогам призводить до труднощів при налаштуванні стабілізатора або призводить до погіршення технічних характеристик стабілізатора та, як правило, до відсутності кучності при стрільбі ЛБТ.

Вимірювання моменту опору обертанню. До механічних величин, що суттєво впливають на точнісні параметри та функціонування приладової системи стабілізації, відноситься опір обертанню башти (не більш 40 кгсм для каналу горизонтального наведення (ГН) та блока озброєння (не більше 30 кгсм для каналу вертикального наведення (ВН)).

Відома методика вимірювання моментів опору обертанню ($M_{опор}$ (кгсм)) для БМП-2 [1, 2]

полягала у тому, що вимірювання проводилось динамометром, який закріплювали на кінці ствола ($L \approx 1,5$ м), до якого прикладалось зусилля вручну та фіксувалось його максимальне значення $P_{опор}$ (кгс), при якому башта чи блок озброєння плавно без ривків переміщується у всьому діапазоні кутів наведення: $n \times 360^\circ$ для каналу ГН та від -3° до 74° для каналу ВН. Максимальне значення моменту опору обертанню по каналу ГН визначалось за формулою:

$$M_{i\delta}(\hat{\alpha}) = L(\hat{i}) \cdot P_{i\delta}(\hat{\alpha}). \quad (1)$$

Перевірки за допомогою цієї відомої методики потребували участі двох членів екіпажу, були трудомісткі, потребували додаткового спеціального технологічного оснащення для виконання робіт та виконувались у ручному режимі.

Для виключення з перевірок моменту опору обертанню ручних операцій та додаткового оснащення було уперше розроблено нову методику. Для виконання цих вимірів було відкориговане програмно-алгоритмічне забезпечення (ПАЗ) шляхом введення окремої технологічної програми виміру струмів (режим контролю струмів або РКС) споживання для кожного з каналів ВН та ГН.

При виконанні перевірки оператор за допомогою ручок пульта управління стабілізатора задає плавне наведення у всьому діапазоні кутів каналу ГН ($n \times 360^\circ$) та контролює за даними цифрового табло пульта управління значення струму споживання. При контролі струму споживання оператор фіксує його максимальне значення, яке має не перевищувати певних значень, що відповідають максимальному моменту опору обертання каналу ГН. За такою методикою перевіряється момент опору обертанню башти при нахилах корпусу виробу по курсу та крену. Як ми бачимо, у новій запропонованій методиці необхідність додаткового технологічного оснащення відсутня; ці роботи успішно виконує один оператор без виконання математичних розрахунків.

Усунення взаємовпливу каналів. Для виставки датчиків кутової швидкості (ДКШ) у виробках легкої броньованої техніки, відносно площин стабілізації, додаткові вимоги не пред'являються, але обов'язковою є операція по усуненню взаємного впливу каналів ВН та ГН один на одного.

Роботи по усуненню взаємного впливу каналів є чисто механічними операціями. Для виконання їх у відомій методиці необхідно було увімкнути стабілізатор, навести марку приціла на віддалену точку (предмет), зафіксувати значення вертикального кута на екрані монітора. Потім, за допомогою ручок пульта управління стабілізатора, на максимальній швидкості 35 %с повернути башту на кут 360° , навести марку приціла по каналу горизонтального наведення на обрану раніше точку (предмет). По екрану монітора визначити вертикальний кут відхилення марки прицілу. Відхилення марки прицілу не повинне перевищувати 25 т.д. (1 тисячна відстані = 3,6 кут хв). Якщо переміщення марки прицілу більше зазначеного вгору, то необхідно встановити шайбу (набір шайб) під верхню установочну поверхню ДКШ-ВН, якщо вниз, то під нижню установочну поверхню ДКШ-ВН, у такий спосіб усунувши це переміщення. Необхідну товщину шайби (набору шайб) визначали за формулою:

$$S_{ВН} = 0,02 \times \Delta \quad (\text{мм}), \quad (2)$$

де $S_{ВН}$ – товщина шайби (набору шайб), що необхідно встановити під ДКШ-ВН, мм; Δ – переміщення виробу у площині ВН по екрану монітора, т.д.

Аналогічно у відомій методиці проводились роботи по усуненню взаємного впливу каналу ВН на канал ГН. Тільки при цьому фіксувалось відхилення каналу ГН від похідної точки при наведенні вертикального каналу з максимальною швидкістю від нижнього до верхнього упору. Якщо воно більше 3 т.д. вліво, то установкою шайб між кронштейном і верхньою настановною поверхнею ДКШ-ГН, а якщо величина переміщення башти більше 3 т.д. вправо, то – домогтись зменшення взаємовпливу установкою шайб між кронштейном та нижньою настановною поверхнею ДКШ-ГН. Необхідну товщину шайби (набору шайб) визначали за формулою:

$$S_{ГН} = 0,07 \times \Delta \quad (\text{мм}), \quad (3)$$

де $S_{ГН}$ – товщина шайби (набору шайб), що необхідно встановити під ДКШ-ГН, мм; Δ – переміщення виробу в площині ГН по екрану монітора т.д.

У новій запропонованій методиці для виключення всіх цих ручних операцій відкориговане ПАЗ цифрового блоку управління введенням до режиму налаштувань додаткової програми для усунення взаємного впливу каналів за допомогою коригувальних коефіцієнтів. Ці коригувальні коефіцієнти, залежно від каналу та напрямку відхилення марки прицілу, вводяться оператором на цифровому дисплеї пульта керування, які надходять до обчислювача блоку управління стабілізатором та зменшують взаємний вплив до нульових або до допустимих значень [16].

Таким чином, як перевагу наведеної нової методики налаштувань перед відомою методикою, зазначимо повну відсутність механічних операцій, що виконувались за допомогою гайкових ключів та технологічних шайб.

Вимірювання жорсткості приводів. У відомій методиці вимірювання жорсткості приводів ВН та ГН – одного з трьох параметрів, що разом з неплавною наведення та кількістю перебігів при гальмуванні визначає точнісні характеристики стабілізатора, проводять два члени екіпажу за допомогою динамометра і слюсарного індикатора. Операція вимірювання жорсткості кожного з каналів виконується окремо та є громіздкою механічною роботою, результатом якої є вимірювання кута відхилення блоку озброєння (ствола гармати) при прикладанні до нього нормованого зусилля.

У методиці для перевірки жорсткості приводу ВН (див. рис. 1) необхідно виконати операції:

– встановити стійку з індикатором на башту так, щоб щуп індикатора торкався ствола кулемета на відстані 323 мм від осі обертання блоку озброєння (БО);

– прикласти зусилля не менше 20 кг у бік, протилежний виміру жорсткості, до хомута з гачком, який установлений на гармату на відстані $2,0 \pm 0,02$ м від осі обертання БО, та зменшити його до нуля вручну короткочасно і плавно;

- прикласти зусилля 15 кг у бік виміру жорсткості (подолання моменту опору обертання) до хомути через динамометр, а потім плавно збільшити його до 20 кг;
- зафіксувати різницю показань індикатора Δ_n за розподілами шкали слюсарного індикатора при цих зусиллях.

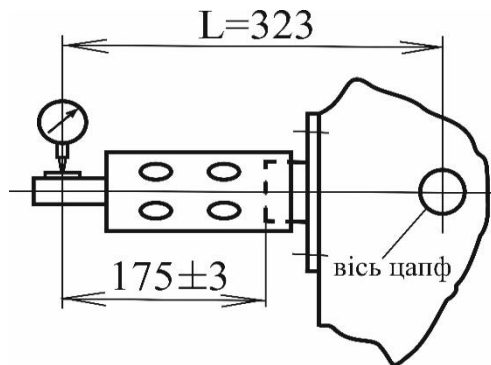


Рис. 1. Схема встановлення індикатора при вимірюванні жорсткості каналу ВН

Жорсткість привода ВН ($G_{ВН} \geq 17 \text{ кгм/т.д.}$) визначають за формулою:

$$G_{ВН} = \frac{3,23}{\Delta_n} \text{ (кгм/т.д.)} \quad (4)$$

де Δ_n – різниця показань індикатора в розподілах шкали (1 розподіл дорівнює 0,01 мм), повинна бути не менше 19 розподілів.

За аналогічною відомою методикою проводилось вимірювання жорсткості каналу ГН (рис. 2) з тією різницею, що стійка з закріпленим індикатором встановлюється на шасі виробу так, щоб щуп індикатора торкався кронштейна прожектора на відстані 900 мм від осі обертання башти.

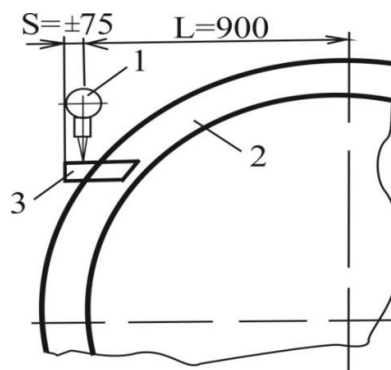


Рис. 2. Схема встановлення індикатора при вимірі жорсткості каналу ГН

Жорсткість привода ГН ($G_{ГН} \geq 40 \text{ кгм/т.д.}$) визначали за формулою:

$$G_{ГН} = \frac{25}{\Delta_n} \text{ (кгм/т.д.)} \quad (5)$$

де Δ_n – різниця показань індикатора у розподілах шкали (1 розподіл дорівнює 0,01 мм) повинна бути не менше 63 розподілів.

У новій запропонованій методиці зменшення трудомісткості виконання ручних операцій при вимірюванні жорсткості зведено до мінімуму. У цій методиці виключено з перевірок технологічну стійку з індикатором та необхідність проведення математичних розрахунків за формулами (4, 5).

Для цього на відстані 10 метрів від осі обертання башти або блоку озброєння встановлюється щит перевірки, на якому закріплена таріровочна таблиця перевірки, що має шкалу розподілу у тисячних відстані.

При проведенні випробувань жорсткості вертикального або горизонтального каналу відлік відхилення осі візування від початкового положення визначаємо по кількості розподілів по таріровочній таблиці. Для отримання необхідної жорсткості приводу виміряне значення має не перевищувати встановлених значень.

Замість щита перевірки допускається використовувати значення кутових відхилень осей каналів по екрану монітора оператора або командира, якщо точність відтворення кутів відхилення відповідає нормативним документам.

За наведеною вище методикою допускається проводити вимірювання люфтів на моторних або ручних гілках каналів горизонтального та вертикального наведення стабілізатора.

Висновки. Запропоновано та впроваджено нову описану вище більш ефективну методику удосконалення методів вимірювання механічних параметрів, що впливають на функціонування стабілізатора:

1. У відомій методиці вимірювання моментів опору обертанню вимірювання проводилось динамометром, який закріплювали на кінці ствола, до якого вручну прикладалось зусилля та фіксувалось його максимальне значення, при якому башта чи блок озброєння плавно без ривків переміщається у всьому діапазоні кутів наведеному.

Перевірки за допомогою цієї відомої методики потребували участі двох членів екіпажу, були трудомісткими, потребували додаткового оснащення (спеціальних технологічних настилів) для виконання робіт та виконувались у ручному режимі.

У новій запропонованій методиці необхідність додаткових технологічних настилів відсутня; ці роботи успішно виконує один оператор без виконання математичних розрахунків. Для виконання цих вимірів було відкориговане програмно-алгоритмічне забезпечення шляхом введення окремої технологічної програми виміру струмів споживання для кожного з каналів ВН та ГН.

2. У відомій методиці усунення взаємного впливу каналів ВН та ГН один на одного виконувалось складно, з великою кількістю ручних операцій з використанням додаткових математичних розрахунків.

У новій запропонованій методиці для виключення всіх цих ручних операцій відкориговане ПАЗ цифрового блоку управління введенням до режиму налаштувань додаткової програми для усунення взаємного впливу каналів за допомогою коригувальних коефіцієнтів. Ці коригувальні коефіцієнти залежно від каналу та напрямку відхилення марки прицілу вводяться оператором на цифровому дисплеї пульта керування, які надходять до обчислювача блоку управління стабілізатором та зменшують взаємний вплив до нульових або до допустимих значень. Таким чином, як перевагу наведеної нової методики налаштувань перед відомою методикою, зазначимо повну відсутність механічних операцій, що виконувались за допомогою гайкових ключів та технологічних шайб.

3. У відомій методиці вимірювання жорсткості приводів ВН та ГН, що великим чином визначає точнісні характеристики стабілізатора, проводять два члени екіпажу за допомогою динамометра і слюсарного індикатора. Операція вимірювання жорсткості кожного з каналів виконується окремо та є громіздкою механічною роботою, результатом якої є вимірювання кута відхилення блоку озброєння (ствола гармати) при прикладанні до нього нормованого зусилля.

У новій запропонованій методиці зменшення трудомісткості виконання ручних операцій при вимірюванні жорсткості зведено до мінімуму. У цій методиці виключено з перевірок технологічну стійку з індикатором та необхідність проведення математичних розрахунків.

Таким чином, можна стверджувати, що у новій запропонованій методиці зменшення трудомісткості виконання ручних операцій при вимірюванні жорсткості зведено до мінімуму. У цій методиці виключено з перевірок технологічну стійку з індикатором та необхідність проведення математичних розрахунків за формулами. Тобто, нова методика є більш ефективною.

Дана методика може бути використана розробниками та проектувальниками стабілізаторів.

Література

1. Боевая машина пехоты БМП-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть. 1 [Электронный ресурс] / Министерство обороны СССР. – 1987. – Режим доступа : <http://armyman/info/books/id-44.html>.
2. Кудрявцев А.М. Стабилизаторы вооружения 2Э36 устройство и обслуживание [Электронный ресурс] / [Кудрявцев А.М., Уласевич О.К., Жеглов В.Н., Гумилев В.Ю.]. – Рязань, 2013. – Режим доступа : <http://portalnp.ru/wp-content/uploads/2014/04/KUDRYVTSEV-GUMELEV-SV-2E36pdf>.
3. Tsiruk V. Development of method of increasing accuracy of measuring angular velocity and acceleration of gyro-stabilized platform / V. Tsiruk // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2018. – № 4/1 (42) . – С. 11–16.
4. Безвесільна О.М. The analytical review of existing instrumental stabilizing complexes / О.М. Безвесільна, В.Г. Цірук, Л.О. Чепюк // Технологічні комплекси. – 2018. – № 1(15). – С. 15–26.
5. Стабилизатор 2Э26М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Альбом рисунков. – Москва : Воениздат, 84.
6. БМП-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть 1 и 2 [Электронный ресурс] / Министерство обороны. – М.: Воениздат, 1998. – Режим доступа : <https://mil.in.ua/forum/viewtopic.php?t=893>.
7. Березин С.М. Комплекс вооружения БМП-3 / С.М. Березин, В.П. Конончук, А.П. Луньков, А.И. Никонов // Вестник бронетанковой техники. – 1991. – № 5.
8. Стабилизатор вооружения боевого модуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://findpatent.ru/patent/255/2550379.html>.
9. Автоматические системы управления вооружением : учебное пособие [Электронный ресурс] / [Лепешинский И.Ю., Варлаков П.М. и др.]. – Омск, 2009. – 266 с. – Режим доступа : mslstarjussia.ru/forum/dowland/life.php?id=36773.
10. Безвесільна О.М. Аналіз закордонних систем наведення та стабілізації / О.М. Безвесільна, В.Г. Цірук, Л.О. Чепюк // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 2. – С. 155–159.
11. Цірук В.Г. Розробка методу підвищення точності вимірювання кутової локалізації та прискорення гіростабілізованої платформи / В.Г. Цірук // Технологічний аудит та резервування. – 2018. – № 4 / 1 (42). – С. 11–16.

12. Cherepansra I., Bezvesilna O., Sazonov A., Nechai S., Khylichenko T. The procedure for determining the normalization of random error of an information-measuring system with elements of artificial intelligence. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017.
13. Korobiichuk I., Bezvesilna O., Kachniarz M., Tkachuk A., Chilchenko T. Two-channel MEMS gravimeter of the automated aircraft gravimetric system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2017, v. 543, p. 481–487.
14. Bezvesilna O., Tkachuk A., Nechai S., Khylichenko T. Simulation of influence of perturbation parameters on the new dual-channel capacitive mems gravimeter performance. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, v. 6 (7-84), p. 50–57.
15. Цірук В.Г. Існуючі системи наведення та стабілізації / В.Г. Цірук, О.М. Безвесільна, Л.О. Чепюк // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – № 2. – С. 8–13.
16. Цірук В.Г. Компенсація похибок та коригування положення гармати відносно цілі при сумісному швидкому русі башти та машини / В.Г. Цірук // Вісник ЖДТУ. – 2018. – № 1 (81). – С. 169–172.

References

1. Boevaya mashina pehoty BMP-2. Tehnicheskoe opisanie i instrukciya po ekspluatcii. Chast. 1 [Elektronnyj resurs] / Ministerstvo oborony SSSR. – 1987. – Rezhim dostupa : <http://armyman/info/books/id-44.html>.
2. Kudryavcev A.M. Stabilizatory vooruzheniya 2E36 ustrojstvo i obsluzhivanie [Elektronnyj resurs] / [Kudryavcev A.M., Ulasevich O.K., Zheglov V.N., Gumilev V.Yu.]. – Ryazan, 2013. – Rezhim dostupa : <http://portalnp.ru/wp-content/uploads/2014/04/KUDRYVTSEV-GUMELEV-SV-2E36pdf>.
3. Tsiрук V. Development of method of increasing accuracy of measuring angular velocity and acceleration of gyrostabilized platform / V. Tsiрук // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2018. – № 4/1 (42). – С. 11–16.
4. Bezvesilna O.M. The analytical review of existing instrumental stabilizing complexes / O.M. Bezvesilna, V.H. Tsiрук, L.O. Chepiuk // Tekhnolohichni komplekxy. – 2018. – № 1(15). – С. 15–26.
5. Stabilizator 2E26M. Tehnicheskoe opisanie i instrukciya po ekspluatcii. Albom risunkov. – Moskva : Voenizdat, 84.
6. BMP-3. Tehnicheskoe opisanie i instrukciya po ekspluatcii. Chast 1 i 2 [Elektronnyj resurs] / Ministerstvo oborony. – Moskva : Voenizdat, 1998. – Rezhim dostupa : <https://mil.in.ua/forum/viewtopic.php?t=893>.
7. Berezin S.M. Kompleks vooruzheniya BMP-3 / S.M. Berezin, V.P. Kononchuk, A.P. Lunkov, A.I. Nikonov // Vestnik bronetankovoj tehniki. – 1991. – № 5.
8. Stabilizator vooruzheniya boevogo modulya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <https://findpatent.ru/patent/255/2550379.html>.
9. Avtomaticheskie sistemy upravleniya vooruzheniem : uchebnoe posobie [Elektronnyj resurs] / [Lepeshinskij I.Yu., Varlakov P.M. i dr.]. – Omsk, 2009. – 266 s. – Rezhim dostupa : mslstarussia.ru/forum/dowland/life.php?id=36773.
10. Bezvesilna O.M. Analiz zakordonnykh system navedennia ta stabilizatsii / O.M. Bezvesilna, V.H. Tsiрук, L.O. Chepiuk // Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy. – 2014. – № 2. – С. 155–159.
11. Tsiрук V.H. Rozrobka metodu pidvyshchennia tochnosti vymiriuvannia kutovoi lokalizatsii ta pryskorennia hirostabilizovanoi platformy / V.H. Tsiрук // Tekhnolohichni audyt ta rezervuvannia. – 2018. – № 4 / 1 (42). – С. 11–16.
12. Cherepansra I., Bezvesilna O., Sazonov A., Nechai S., Khylichenko T. The procedure for determining the normalization of random error of an information-measuring system with elements of artificial intelligence. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017.
13. Korobiichuk I., Bezvesilna O., Kachniarz M., Tkachuk A., Chilchenko T. Two-channel MEMS gravimeter of the automated aircraft gravimetric system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2017, v. 543, p. 481–487.
14. Bezvesilna O., Tkachuk A., Nechai S., Khylichenko T. Simulation of influence of perturbation parameters on the new dual-channel capacitive mems gravimeter performance. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, v. 6 (7-84), p. 50–57.
15. Tsiрук V.H. Isnuichi systemy navedennia ta stabilizatsii / V.H. Tsiрук, O.M. Bezvesilna, L.O. Chepiuk // Visnyk Inzhenernoi akademii Ukrainy. – 2014. – № 2. – С. 8–13.
16. Tsiрук V.H. Kompensatsiia pokhybok ta koryhuvannia polozhennia harmaty vidnosno tsili pry sumisnomu shvydkomu rusi bashy ta mashyny / V.H. Tsiрук // Visnyk ZhDTU. – 2018. – № 1 (81). – С. 169–172.

Надійшла / Paper received: 05.05.2020

Надрукована / Paper Printed : 04.06.2020