

БЕЗВЕСІЛЬНА О. М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0002-6951-1242>
e-mail: o.bezvesilna@gmail.com

КОТЛЯР С. С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0002-6747-5698>
e-mail: s.tkachenko@kpi.ua

НЕЧАЙ С. О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0002-0056-6341>
e-mail: prilad@ukr.net

ІЛЬЧЕНКО М. В.

ПАТ «НВО «Київський завод автоматики»
e-mail: inv125@ukr.net

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПРИЛАДОВОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ

У даній статті надано методику та результати проведених науковцями кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського та ПАТ «НВО «Київським заводом автоматики» експериментальних досліджень основних компонентів стабілізатора озброєння легкої броньованої техніки. Метою експериментальних досліджень є вимірювання на кожному із двигунів системи стабілізації ЕДМ20 електромагнітної та електромеханічної постійних часу. Випробування двигунів за оцінкою електромагнітної постійної часу проводились у складі автоматизованої приладової системи вимірювання механічних величин та стабілізації і на автономному робочому місці перевірки двигунів.

Ключові слова: стабілізатор озброєння, легка броньована техніка, двигун, системи стабілізації

Olena BEZVESILNA, Svitlana KOTLIAR, Serhii NECHAY
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Mikola ILCENKO
PJSC "RPA "Kyiv Automatic Plant"

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE MAIN COMPONENTS OF AUTOMATED INSTRUMENT SYSTEM STABILIZATION

This article presents the methodology and results of scientists conducted by the Department of Automation and Non-Destructive Testing Systems (ASNK) KPI. Igor Sikorsky and PJSC "RPA "Kyiv Automatic Plant"(KZA) experimental studies of the main components of the stabilizer of light armored vehicles (LAV). The purpose of experimental research is to measure on each of the motors of the stabilization system (SS) EDM20M, EDM02, EDM20 electromagnetic ($\tau_{EL. MAGN.}$) And electromechanical time constants ($\tau_{EL. MEX.}$). Testing of engines according to the assessment of $\tau_{EL. MAGN.}$ were carried out as part of an automated instrument system for measuring mechanical quantities and stabilization and in an autonomous workplace for testing engines. When testing as part of the SS in the winding of the braked EDM20M (EDM02, EDM20) voltages were supplied from the amplifier of the engine control unit (ECU) level 27V. The feed time was limited to 20ms due to the use of technological time relay (TR) in the signal input circuit "SIGN. PWM" of the amplifier of the engine control unit. Simultaneously with the supply of this voltage, oscillography was performed: the voltage applied to the motor windings (to use this parameter as a reference) and the output voltage of the current sensor (U_{CS}) of the ECU amplifier, which informs about the current in the winding. The current values were recalculated only for the maximum U_{CS} values. The U_{CS} oscillogram (increasing exponent) determined the time constant of the exponent, which corresponds to the electromagnetic time constant of the motor (excluding errors introduced by the inductances of the ECU chokes and power supply). When tested according to the autonomous scheme, the estimate $\tau_{EL. MAGN.}$ the engine was carried out according to the method, which is similar to the test method in the SS with the following differences: the voltage in the motor winding (hereinafter U_{PWR}) was applied at 2.4 V for ~ 25 ms; in the scheme of autonomous tests of engines the source of tension of a direct current B5-21, the switch 831140A 27B, technological R.Ch. to measure the EDM current consumed, a 75 mV × 50A shunt was installed in series in the motor winding. According to the results of experiments, the following main technical characteristics are established. Electromagnetic time constants are: 0.7 ms - for EDM20M; 0.7 ms - for EDM02; 0.85 ms - for EDM20. Electromechanical time constants are: 20 ms - for EDM20M; 24 ms - for EDM02; 26 ms - for EDM20.

Keywords: arm stabilizer, light armored vehicles, engine, stabilization systems

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Мета статті – розробка та надання опису методики проведення експериментальних досліджень основних компонентів стабілізатора озброєння (СО) легкої броньованої техніки (ЛБТ).

Задача статті – доступними засобами та методами експериментальних досліджень, у тому числі, із застосуванням методів математичного моделювання, підтвердити достовірність технічних характеристик, які наведені у прийнятих схемо-технічних рішеннях.

Аналіз досліджень та публікацій

У відомій літературі [1-2 та ін.] немає відомостей щодо сучасних експериментальних досліджень основних компонентів СО ЛБТ - двигунів. Точнісні параметри СС та обороноздатність ЛБТ великим чином залежать від характеристик та параметрів двигунів, що входять до складу СС. Тому мета даної статті є надзвичайно актуальною. У статті викладено останні нові досягнення у галузі експериментальних досліджень основних компонентів сучасних СС ЛБТ - двигунів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проведено експериментальні дослідження основних елементів СС ЛБТ - двигунів марок ЕДМ20М, ЕДМ02, ЕДМ20, присвячені визначенню їх електромагнітної та електромеханічної постійних часу.

Метою експериментальних досліджень є вимірювання у кожного із двигунів ЕДМ20М, ЕДМ02, ЕДМ20 електромагнітної ($\tau_{ел. магн.}$) та електромеханічної постійних часу ($\tau_{ел. мех}$) [3-13].

Обсяг досліджень двигунів за оцінкою $\tau_{ел. магн.}$

Випробування двигунів за оцінкою $\tau_{ел. магн.}$ проводились у складі автоматизованої приладової системи вимірювання механічних величин та стабілізації і на автономному робочому місці перевірки двигунів.

При випробуваннях у складі стабілізатора в обмотку загальмованого ЕДМ20М (ЕДМ02, ЕДМ20) подавались напруги від підсилювача БКД рівнем 27 В. Час подачі обмежувався до 20 мс за рахунок використання технологічного реле часу (Р. Ч.) у вхідному ланцюзі сигналу «СИГН. ШІМ» підсилювача БКД. Одночасно з подачею зазначеної напруги проводилося осцилографування.

На обмотки двигуна подавалась напруга для використання цього параметру надалі, як довідкового.

Напруга на виході датчика струму ($U_{дс}$) підсилювача БКД двигуна інформує про струм в обмотці. Перерахування значення струму проводилось тільки для максимальних значень $U_{дс}$.

По осцилограмі $U_{дс}$ (зростаюча експонента) визначалась постійна часу експоненти, що відповідає електромагнітний постійний часу двигуна (без врахування похибок, що внесені індуктивностями дроселів БКД та джерела живлення).

При випробуваннях за автономною схемою оцінка $\tau_{ел. магн.}$ двигуна проводилася за методикою, яка аналогічна випробуванням у складі СС при наступних відмінностях:

- напруга в обмотку двигуна (далі $U_{жив. обм.}$) подавалася рівнем 2,4 В на час ~ 25 мс.;

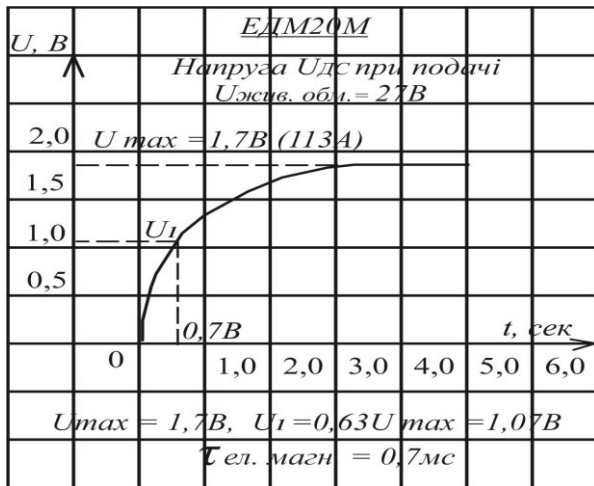


Рис. 1. Напруга $U_{дс}$ ЕДМ20М при подачі $U_{жив. обм.} = 27В$

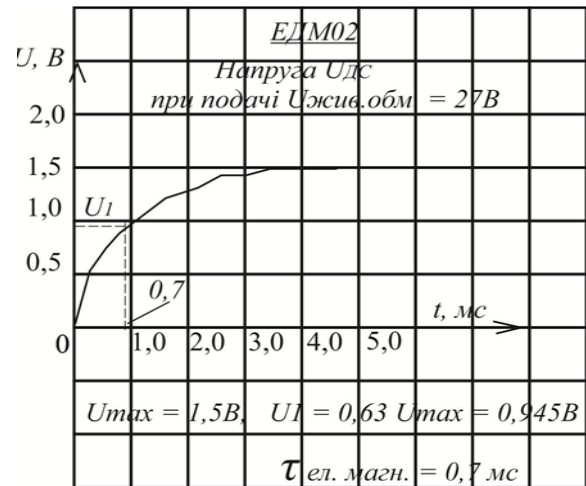


Рис. 2. Напруга $U_{дс}$ ЕДМ02 при подачі $U_{жив. обм.} = 27В$

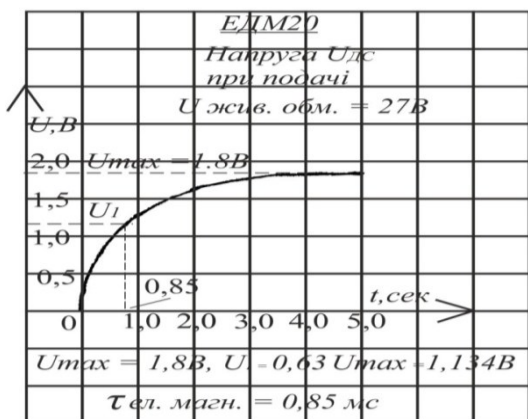


Рис. 3. Напруга $U_{дс}$ ЕДМ20 при подачі $U_{жив. обм.} = 27В$

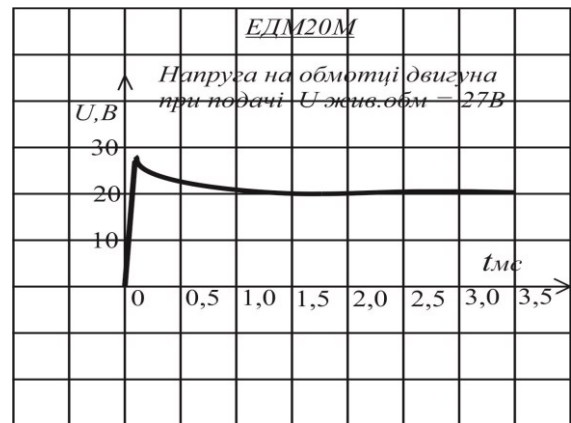


Рис. 4. Напруга на обмотці двигуна ЕДМ20М при подачі $U_{жив. обм.} = 27В$

- у схемі автономних випробувань двигунів використані джерело напруги постійного струму Б5-21, комутатор 831140А 27В, технологічне Р.Ч.;

- для виміру споживаного ЕДМ струму послідовно в обмотку двигуна був установлений шунт «75 мВ × 50А».

Обсяг досліджень двигунів за оцінкою $\tau_{\text{ЕЛ. МЕХ.}}$

Випробування проводились у складі стабілізатора з двигунами, які було включено в режим холостого ходу.

Для виміру $\tau_{\text{ЕЛ. МЕХ}}$ в обмотку ЕДМ подавалась напруга від БКД 27 В тривалістю ≈ 60 мс з одночасним осцилографуванням напруги $U_{\text{ДС}}$, а також - напруга на обмотку двигуна, як довідкова.

По осцилограмі $U_{\text{ДС}}$ (спадаюча експонента) визначалася постійна часу експоненти, що відповідає електромеханічній постійній часу двигуна $\tau_{\text{ЕЛ. МЕХ.}}$

Результати досліджень двигунів за оцінкою $\tau_{\text{ЕЛ. МАГН.}}$

На рис. 1-4 наведено осцилограми напруги $U_{\text{ДС}}$ (з показниками вимірюваного значення $\tau_{\text{ЕЛ. МАГН.}}$) для двигунів при випробуваннях у складі СС (для поданої в обмотки двигунів напруги $U_{\text{ЖИВ. ОБМ}}$, що рівна 27В).

На рис. 4 наведено отриману осцилограму напруги на обмотці ЕДМ20М при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}} = 27\text{В}$ (аналогічно для ЕДМ02, ЕДМ20 при незначних відмінностях), що характеризується зменшенням напруги на 8В протягом 3,5 мс з моменту подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ}}$ через осідання джерела живлення =27 В та спад напруги при монтажі та на електро-радіо виробках підсилювача БКД.

На рис.5 наведено отриману осцилограму напруги на шунті «75 мВ × 50А» при подачі в обмотки двигунів напруг $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}} = 2,4$ В (автономні випробування ЕДМ).

На рис.6 наведено отриману осцилограму напруги на обмотці двигуна, при подачі $U_{\text{ЖИВ.}} = 2,4$ В (ідентично для ЕДМ20М, ЕДМ02, ЕДМ20). Спостерігається зменшення напруги на обмотці на 0,2В протягом 1 мс із моменту подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ}}$ при подальшій його стабільності.

Результати досліджень двигунів за оцінкою $\tau_{\text{ЕЛ. МЕХ.}}$

На рис. 9-11 наведено отримані осцилограми напруги $U_{\text{ДС}}$ при розгоні у режимі холостого ходу ЕДМ при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}} = 27\text{В}$ (з вказівкою вимірюваних значень $\tau_{\text{ЕЛ. МЕХ.}}$).

На рис. 12 наведено отриману осцилограму напруги на обмотці двигуна (ідентична для ЕДМ20М, ЕДМ02, ЕДМ20) при розгоні ЕДМ у момент подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}} = 27\text{В}$.

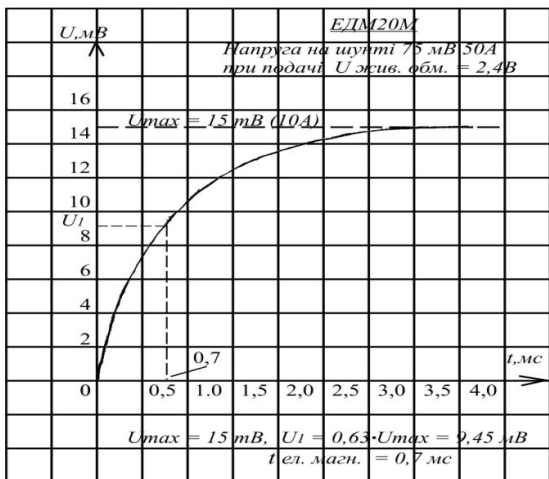


Рис. 5. Напруга на шунті 75мВ 50А на ЕДМ20М при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}}=2,4\text{В}$

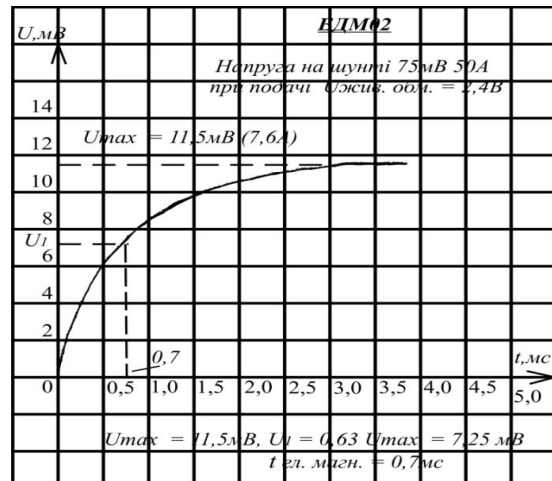


Рис. 6. Напруга на шунті 75мВ 50А на ЕДМ02 при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}}=2,4\text{В}$

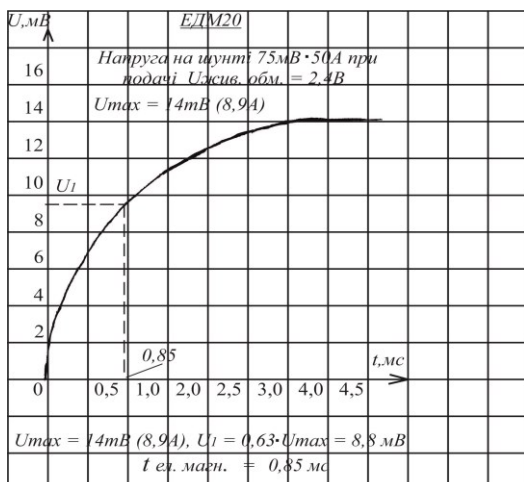


Рис. 7. Напруга на шунті 75мВ 50А при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}}=2,4\text{В}$

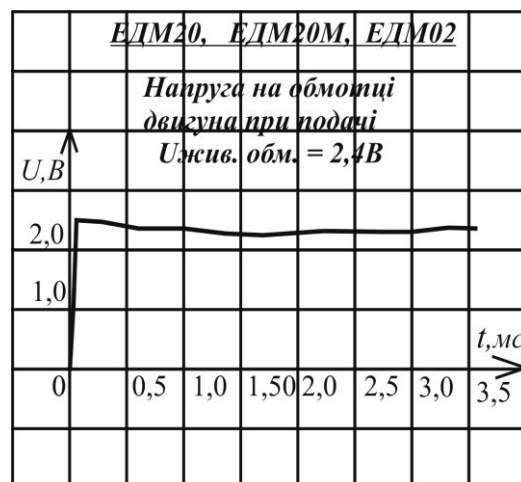


Рис. 8. Напруга на обмотці двигунів на ЕДМ20 при подачі $U_{\text{ЖИВ. ОБМ.}}=2,4\text{В}$

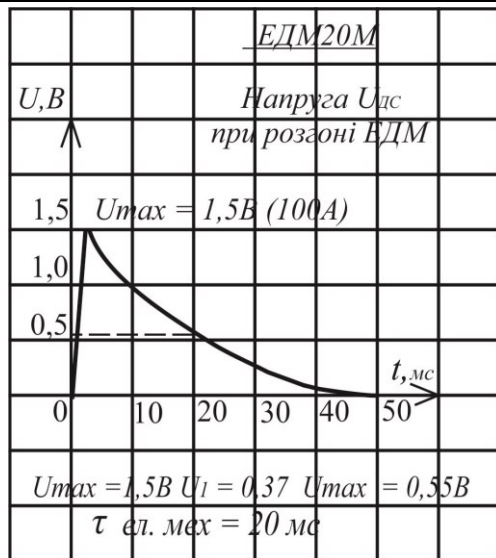
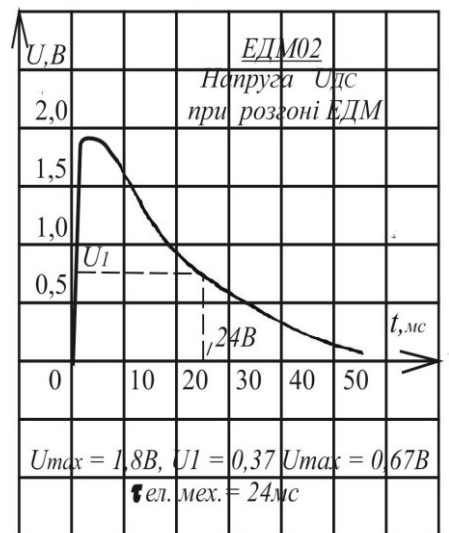
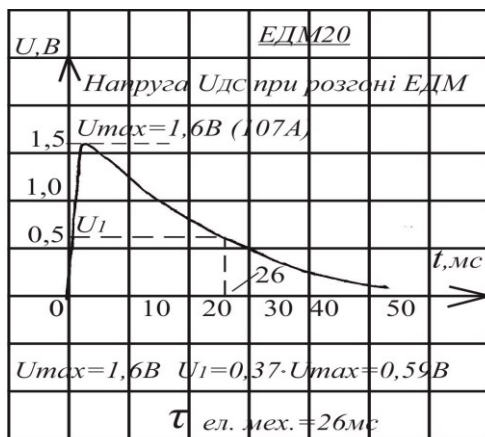
Рис. 9. Напряга $U_{дс}$ при розгоні ЕДМ20МРис. 10. Напряга $U_{дс}$ при розгоні ЕДМ02Рис. 11. Напряга $U_{дс}$ при розгоні ЕДМ20

Рис. 12. Напряга на обмотках двигунів

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

За результатами проведених експериментальних випробувань основних елементів СС - двигунів встановлено наступні основні технічні характеристики досліджуваних двигунів СС:

1. Електромагнітні постійні часу становлять:
 - 0,7 мс - для ЕДМ20М,
 - 0,7 мс - для ЕДМ02,
 - 0,85 мс - для ЕДМ20;
2. Електромеханічні постійні часу становлять:
 - 20 мс - для ЕДМ20М,
 - 24 мс - для ЕДМ02,
 - 26 мс - для ЕДМ20.

Література

1. Лепешинский И.Ю. Автоматические системы управления вооружением / И.Ю. Лепешинский, П.М. Варлаков, Д.Н. Захаров, О.И. Чикирев // Учебное пособие. – Омск. – 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mslstarjussia.ru/forum/dowland/life.php?id=36773>.
2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Боевая машина пехоты БМП-2. Часть. 1. – 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://armyman/info/books/id-44.html>.
3. Безвесільна О.М. Наукові, технологічні, організаційні та впроваджувальні основи створення нового комплексу стабілізатора озброєння легких броньованих машин / О.М. Безвесільна, В.Г. Цірук // Монографія. – НПО «Пріоритети», Київ з грифом ЖДТУ. – 2015. – 176с.
4. Bezvesilna O.M. The analytical review of existing instrumental stabilizing complexes / Bezvesilna Olena, Tsiрук Victor, Cheruk Larina // Технологічні комплекси, Луцьк. - 2018, №1(15). С. 15-26. (Copernicus).
5. Bezvesilna O.M. Methods and Ways of Piezoelectric Accelerometers Fastening on the Objects of Research / Bezvesilna O.M., Korobiichuk I., Kachniarz M., Koshovuj M., Kvasnikove V. // ACTA PHYSICA POLONICA V.133(18) -2018.-N4 p.1112-1115 (Scopus).

6. Tkachuk A. Scientific and theoretical development of stabilization systems for gravimetric systems and modern sensing elements for measuring gravitational acceleration / A.Tkachuk, O. Bezvesilna // Scientific development and achievements. – 2018. – Vol. 5. – P.115-129. London, UK, (Web of Science).
7. Безвесільна О.М. Інтегруючий режим вібраційного гіроскопа з металевим циліндричним ротором / Безвесільна О.М., Петренко М.В., Ільченко М.В. // Вісник Хмельницького технічного університету. Технічні науки — Хмельницький, 2019. — №4(275). — С.169-175. Index Copernicus, Google Scholar.
8. Безвесільна О.М. Шляхи підвищення точності приладових стабілізаторів / Безвесільна О.М., Петренко М.В., Ільченко М.В. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки — Хмельницький національний університет, Хмельницький, 2019. — №3(273). — С.158-163. Index Copernicus, Google Scholar.
9. Bezvesilna O.M. Devising and Introducing a Procedure for Measuring a dynamic Stabilization error in Weapon stabilizers // Безвесільна О., М., Петренко О., Галицький В. Ільченко М. // Східно-Європейський журнал передових технологій, Харків, №1/9(103),2020, с. 39-45 Scopus, CrossRef, Index Copernicus, DOAJ, SIS та ін.(Scopus).
10. Korobiichuk I. Numerical Modeling of Dynamic Disturbances Acting on the Sensitive Elements of an Instrument Navigation System / Igor Korobiichuk, Olena Bezvesilna, Yuriy Podchashinskiy Katarzyna, Rzeplińska-Rykała // Advances in Intelligent Systems and Computing Springer Nature is making SARS-CoV-2 research free. Conference on AUTOMATION 2020. P.279-288, 2020 (Scopus).
11. Tkachuk A. Information and measurement system of weapon stabilization parameters based on precision piezoelectric sensitive element / Andrii Tkachuk, Olena Bezvesilna, Aleksandr Dodrzhanskyi, Anna Ostapchuk, Mykola Horodyskyi // E3S Web of Conferences Volume 166 (2020) The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) Kryvyi Rih, Ukraine, May 20-22, 2020 (Scopus). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016605005> PDF (1012 KB) NASA ADS Abstract Service.
12. Безвесільна О.М. Математичні моделі основних вузлів та блоків автоматизованого приладового комплексу стабілізації / Безвесільна О.М., Ільченко М.В., Самойлов В.Д. // Електронне моделювання. Видавництво НАНУ, Vol 43, №5 (2021). (Google Scholar, Index Copernicus). p.108-121.
13. Bezvesilna O. Development of the model of the intelligent instrument system for measuring the parameters of the stress-strain state / Olena Bezvesilna, Lyudmyla Kuzmych, Volodymyr Kvasnicov // 2nd International Workshop on Computational & Information Technologies for Control & Modeling (CITCM 2021) co-located with V International scientific-practical conference on Modeling, Control and Information Technology (MCIT 2021). Rivne 5.11.21(Scopus).

References

1. Lepeshynskiy Y.Iu. Avtomaticheskiye systemy upravleniya vooruzheniyem / Y.Iu. Lepeshynskiy, P.M. Varlakov, D.N Zakharov, O.Y. Chykyrev // Uchebnoe posobie. – Omsk. – 2015. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://mslstarussia.ru/forum/dowland/life.php?id=36773>.
2. Tekhnicheskoe opysanye y unstruksyia po ekspluatatsyy. Bovevaia mashyna pekhoty BMP-2. Chast. 1. – 2007. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://armyman/info/books/id-44.html>.
3. Bezvesilna O.M. Naukovi, tekhnolohichni, orhanizatsiini ta vprovadzhuvalni osnovy stvorennia novoho kompleksu stabilizatora ozbroiennia lehkykh bronovanykh mashyn / O.M. Bezvesilna, V.H. Tsiruk // Monografiia. – NPO «Priorityety», Kyiv z hryfom ZhDTU. – 2015. – 176s.
4. Bezvesilna O.M. The analytical review of existing instrumental stabilizing complexes / Bezvesilna Olena, Tsiruk Victor, Chepuk Larina // Технічні комплекси, Луцьк. - 2018, №1(15). С. 15-26. (Copernicus).
5. Bezvesilna O.M. Methods and Ways of Piezoelectric Accelerometers Fastening on the Objects of Research / Bezvesilna O.M., Korobiichuk I., Kachniar M., Koshoviy M., Kvasnikove V. // ACTA PHYSICA POLONICA V.133(18) -2018.-N4 p.1112-1115 (Scopus).
6. Tkachuk A. Scientific and theoretical development of stabilization systems for gravimetric systems and modern sensing elements for measuring gravitational acceleration / A.Tkachuk, O. Bezvesilna // Scientific development and achievements. – 2018. – Vol. 5. – P.115-129. London, UK, (Web of Science).
7. Bezvesilna O.M. Intehruichy rezhym vibratsiinoho hiroskopa z metalovym tsylindrychnym rотором / Bezvesilna O.M., Petrenko M.V., Ilchenko M.V. // Visnyk Khmelnytskoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnichni nauky — Khmelnytskyi, 2019. — №4(275). — С.169-175. Index Copernicus, Google Scholar.
8. Bezvesilna O.M. Shliakhy pidvyshchennia tochnosti prykladovykh stabilizatoriv / Bezvesilna O.M., Petrenko M.V., Ilchenko M.V. // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky — Khmelnytskyi natsionalnyi niversytet, Khmelnytskyi, 2019. — №3(273). — С.158-163. Index Copernicus, Google Scholar.
9. Bezvesilna O.M. Devising and Introducing a Procedure for Measuring a dynamic Stabilization error in Weapon stabilizers // Безвесільна О., М., Петренко О., Галицький В. Ільченко М. // Східно-Європейський журнал передових технологій, Харків, №1/9(103),2020, с. 39-45 Scopus, CrossRef, Index Copernicus, DOAJ, SIS та ін.(Scopus).
10. Korobiichuk I. Numerical Modeling of Dynamic Disturbances Acting on the Sensitive Elements of an Instrument Navigation System / Igor Korobiichuk, Olena Bezvesilna, Yuriy Podchashinskiy Katarzyna, Rzeplińska-Rykała // Advances in Intelligent Systems and Computing Springer Nature is making SARS-CoV-2 research free. Conference on AUTOMATION 2020. P.279-288, 2020 (Scopus).
11. Tkachuk A. Information and measurement system of weapon stabilization parameters based on precision piezoelectric sensitive element / Andrii Tkachuk, Olena Bezvesilna, Aleksandr Dodrzhanskyi, Anna Ostapchuk, Mykola Horodyskyi // E3S Web of Conferences Volume 166 (2020) The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) Kryvyi Rih, Ukraine, May 20-22, 2020 (Scopus). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016605005> PDF (1012 KB) NASA ADS Abstract Service.
12. Bezvesilna O.M. Matematychni modeli osnovnykh vuzliv ta blokiv avtomatyzovanoho prykladovoho kompleksu stabilizatsii / Bezvesilna O.M., Ilchenko M.V., Samoilov V.D. // Elektronne modeliuвання. Vydavnytstvo NANU, Vol 43, №5 (2021). (Google Scholar, Index Copernicus). p.108-121.
13. Bezvesilna O. Development of the model of the intelligent instrument system for measuring the parameters of the stress-strain state / Olena Bezvesilna, Lyudmyla Kuzmych, Volodymyr Kvasnicov // 2nd International Workshop on Computational & Information Technologies for Control & Modeling (CITCM 2021) co-located with V International scientific-practical conference on Modeling, Control and Information Technology (MCIT 2021). Rivne 5.11.21(Scopus).