

ABSCHNITT X. MILITÄRWISSENSCHAFT, NATIONALE SICHERHEIT UND SICHERHEIT DER STAATSGRENZEN

DOI 10.36074/logos-12.08.2022.23

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МАКЕТА КОРПУСУ БОЙОВОЇ БРОНЬОВАНОЇ МАШИНИ

ORCID ID: 0000-0002-5009-2113

Бісик Сергій Петрович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України, м. Київ

УКРАЇНА

Проведення експериментальних досліджень різноманітних конструкцій вибуховим навантаженням є складним науково-технічним завданням. Дослідження реальних зразків потребує значних фінансових витрат, тому набуває актуальності масштабування цього процесу завдяки створенню макетів (зменшених копій реального об'єкта випробувань). Результати експериментальних досліджень на макетах можна використовувати для вивчення явищ у натурі, якщо дотримано розглянуті умови, що впливають з теорії подібності та розмірності.

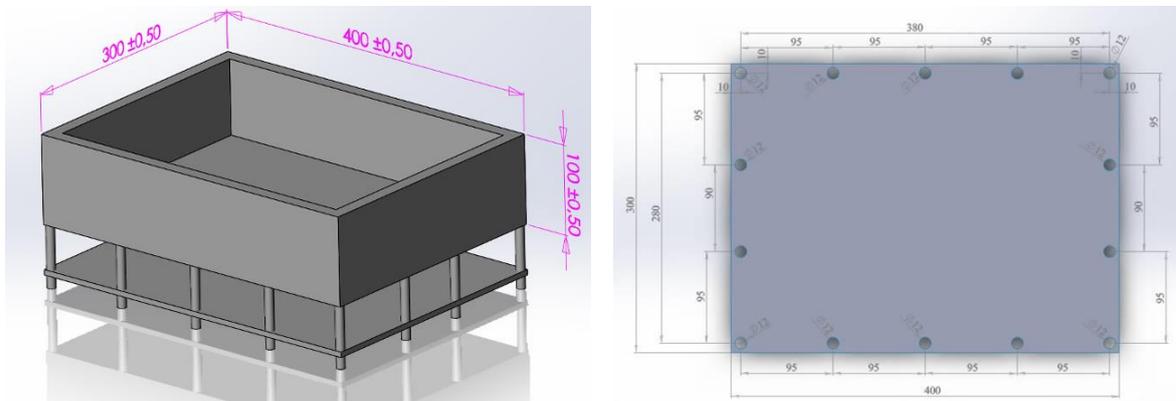
Щоб оцінити адекватність математичної моделі вибухового навантаження і можливості моделювання в ній процесів відбиття, а також оцінити конструкції зі складною геометрією, проведено експериментальні дослідження з перевірки адекватності і точності розробленої математичної моделі вибухового навантаження з урахуванням нестационарного відбиття УХ та перевірки окремих залежностей, отриманих із використанням чисельного моделювання.

Дослідженню підлягали захисні протимінні екрани (ЗПМЕ), встановлені на макет корпусу бойової броньованої машини (ББМ) (рис.1).



Рис. 1. Макет корпусу ББМ зі встановленим на нього ЗПМЕ:
1 – макет корпусу ББМ; 2 – ЗПМЕ; 3 – заряд ВР із детонатором;
4 – металева плита товщиною 70 мм; 5,6 – датчики прискорення

Макет ББМ виготовлений із броньової сталі товщиною 16 мм. Габаритні розміри макету ББМ та ЗПМЕ наведено на рис.2. Загальна маса макета ББМ (без ЗПМЕ) становить 31,1 кг. Захисний протимінний екран прикріплено болтовим з'єднанням із затисненням ЗПМЕ між двома рамками. Геометричні розміри макета корпусу ББМ та ЗПМЕ наведено на рис.2.



а

б

Рис. 2. Габаритні розміри макета корпусу ББМ (а) та ЗПМЕ (б)

Для усунення впливу ґрунту на результати підриву заряди вибухової речовини (ВР) було встановлено на металеву плиту товщиною 70 мм.

Ініціювання зарядів ВР проведено електродетонаторами ЕД-8Ж. Для випробувань використано ВР марки ТГ-50/50.

Розміри зарядів та відстань їх встановлення обрано на основі масштабного коефіцієнту Z , що враховує основні значення кліренсів ББМ.

В центрі макета встановлений датчик прискорення DYTRAN 3200В.

На першому етапі було оцінено прискорення макета корпусу із ЗПМЕ, що не деформується (пластина броньової сталі товщиною 10 мм, масою 10,7 кг) щоб визначити прискорення макета без втрати енергії на пружні та пластичні деформації. По суті така конструкція є еталонною, та співвідношення прискорення в ній та конструкції із ЗПМЕ, який зазнає пружно-пластичних деформацій, дає можливість оцінити внесок ЗПМЕ у зменшення прискорення при збереженні достатньої жорсткості.

Для проведення чисельного моделювання створено скінченно-елементну модель (СЕ модель) макета корпусу ББМ (рис.3). З її використанням досліджено вплив параметрів вибухового навантаження на прискорення корпусу макета. Кадри результатів моделювання підриву наведено на рис.4 і є типовими для результатів моделювання з різними параметрами.

Фото макета корпусу ББМ із жорстким та пластичним ЗПМЕ до випробувань та після них наведено на рис.6.

Порівняння прогинів, отриманих під час чисельного моделювання та в ході натурного експерименту, проведене з використанням 3D сканера EinScan Pro 2X Plus. Зразки ЗПМЕ після натурних випробувань було відскановано та обчислено значення прогинів у контрольних точках (рис.5).

Отримані значення швидкості та прискорення макета ББМ із жорстким ЗПМЕ наведено на рис.7. Значення прискорень під час чисельного моделювання та в ході натурного експерименту мають відносну похибку від 1,9 до 5,0 % (середнє значення похибки – 3,4 %).

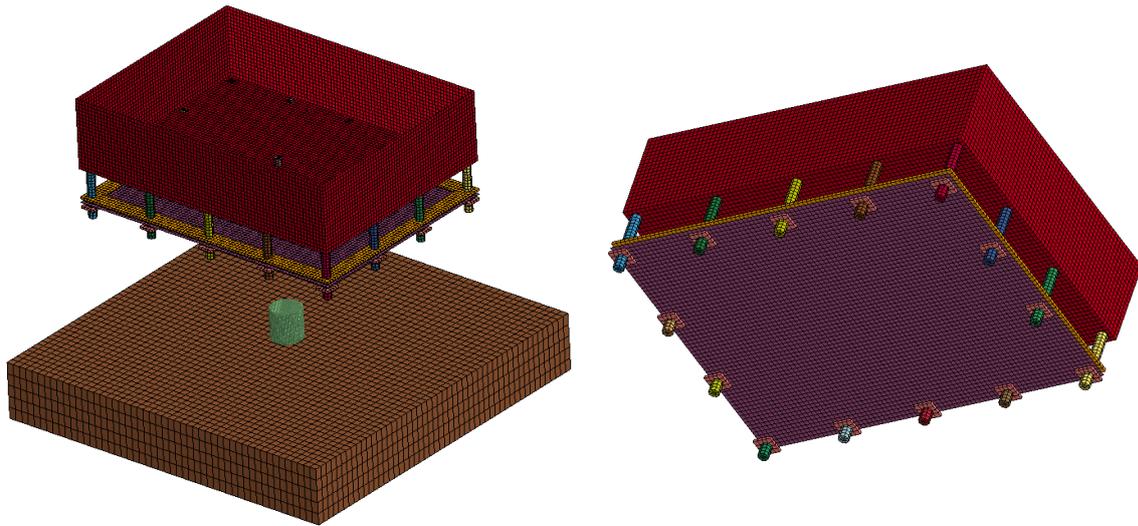


Рис. 3. SE модель макету корпусу БМ із ЗПМЕ

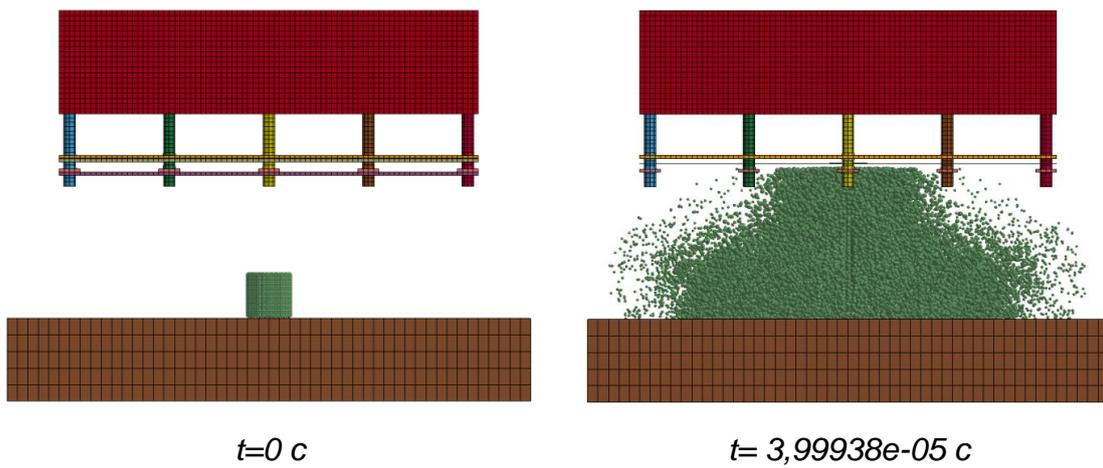


Рис. 4. Кадри результатів моделювання підриву макету корпусу БМ

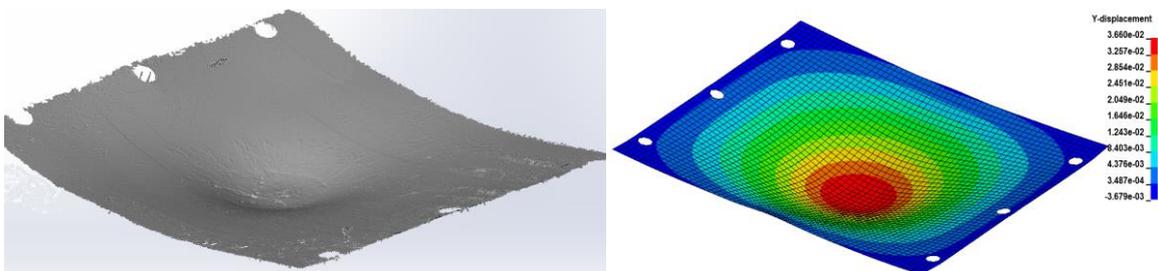


Рис. 5. Порівняння прогинів відсканованого на 3D сканері макета ЗПМЕ (а) та отриманого при чисельному моделюванні (б)

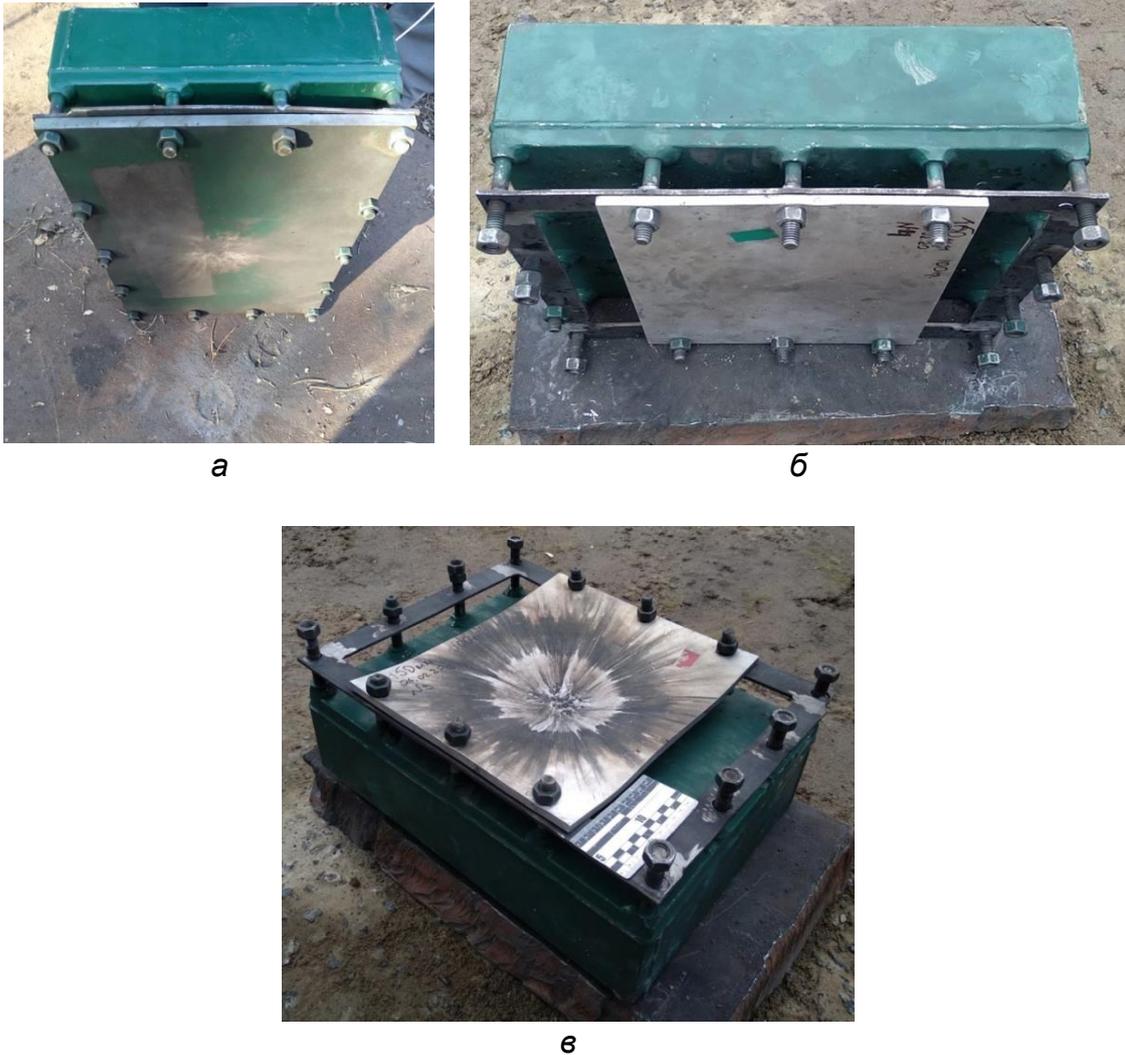


Рис. 6. Макет корпусу БМ з жорстким (недеформівним) ЗПМЕ (а), пластичним ЗПМЕ до підриву (б) та після нього (в)

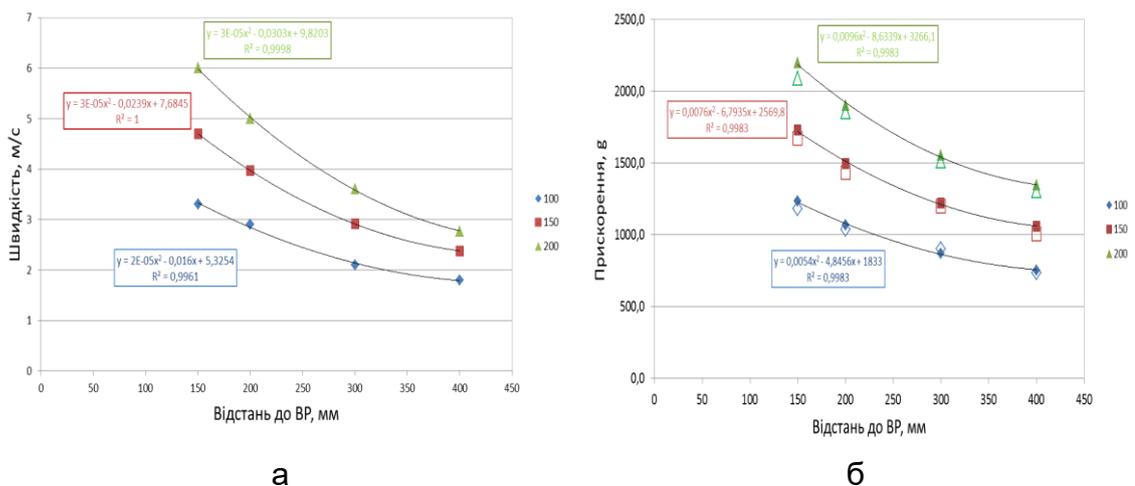


Рис. 7. Зміна швидкості (а) та прискорення (б) макета корпусу БМ із жорстким ЗПМЕ залежно від відстані встановлення ВР та її маси (залиті маркери – числове моделювання, маркери без заливки – натурний експеримент)

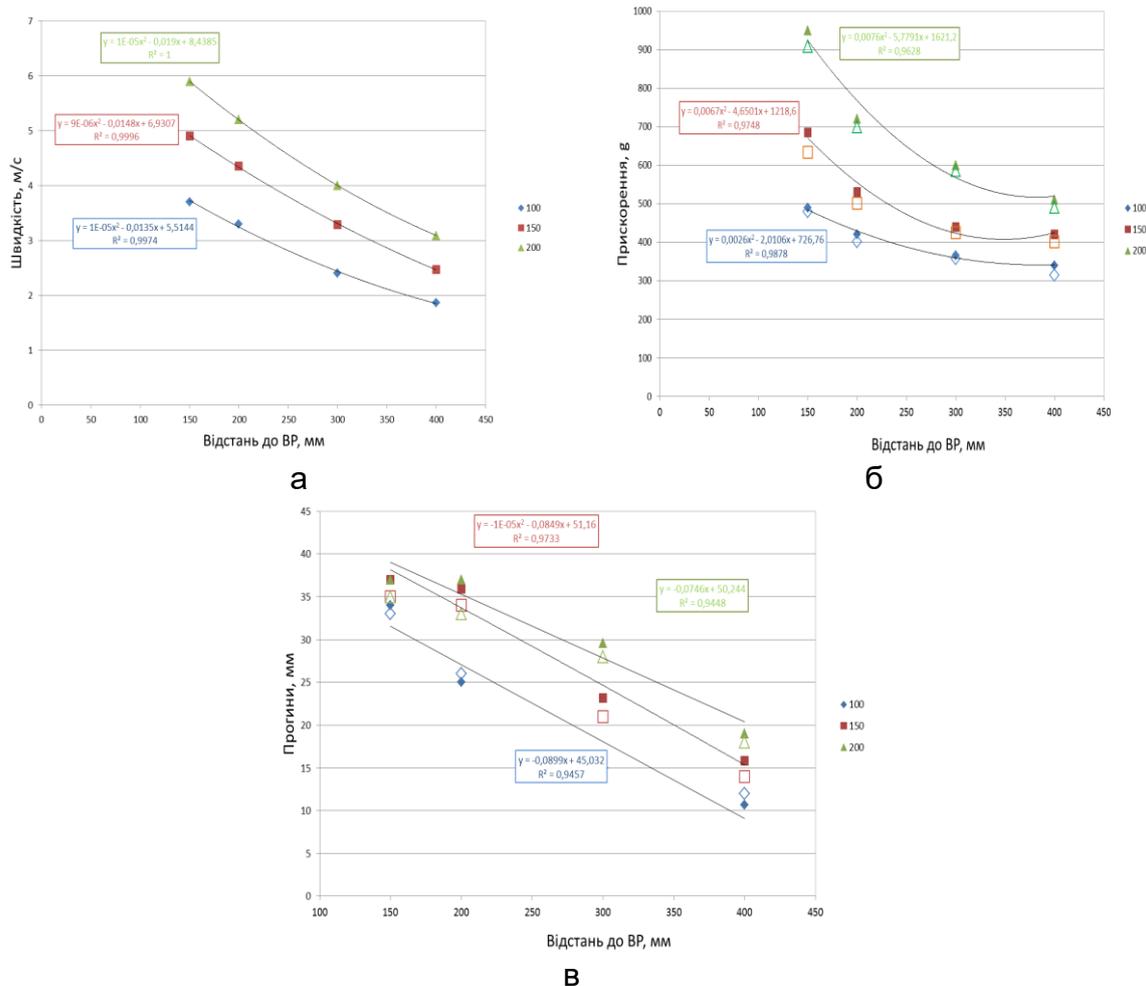


Рис.8. Зміна швидкості (а) та прискорення (б) макета корпусу БММ і прогинів (в) пластичного ЗПМЕ залежно від відстані встановлення ВР та її маси (залиті маркери – чисельне моделювання, маркери без заливки – натурний експеримент)

Список використаних джерел:

- [1] Бісик С.П., Давидовський Л.С., Телєпа М.В., Нагорський О.Г., Бісик С.В., Новосад А.А. (2021) Огляд математичних моделей оцінки параметрів ударної хвилі вибуху зарядів вибухової речовини // *Озброєння та військова техніка* (1 (29)). 77-84. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2021.1\(29\)](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2021.1(29))
- [2] Арістархов О.М., Бісик С.П., Слюсар В.І. (2019) Оцінка вагомості показників бронетранспортера за даними опитування з використанням методу попарного порівняння. *Озброєння та військова техніка*, (2(22)). 42-49. DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.2\(22\).42-49](https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.2(22).42-49)
- [3] Katok, O.A., Kravchuk, R.V., Kharchenko, V.V., Bisyk, S.P. (2020) Strength Assessment of Welded Joints of High-Strength Alloy Steels by Indentation Method. *Strength Mater*, (5). 32-39. DOI: [10.1007/s11223-020-00224-4](https://doi.org/10.1007/s11223-020-00224-4)
- [4] Bisyk S., Davydovskiy L., Hutov I., Slyvinskiy O., Aristarkhov O., Lilov I. (2019) Comparison of Numerical Methods for Modeling the Effect of Explosion on Protective Structures. *Trans & Motauto World*, (IV, No.1). 20-23
- [5] Bisyk S.P., Myronov Y.A., Davydovskiy L.S., Slyvinskiy O.A. (2021) Investigation Of The RPG Grenade Warhead Interaction With the Slat Armor. *The scientific heritage*. (1 (71)). 34-40. DOI: [10.24412/9215-0365-2021-71-1-34-40](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-71-1-34-40)
- [6] Kurmach, M.M., Tsyryn, N.N., Eroshenko, A.V., Bisyk, S.P. (2021) Influence of the Structure of Hydrophobic Porous Silica Materials of SBA-15 Type and Polymethylsiloxane Derivatives on the Value of Water Intrusion Pressure. *Theor Exp Chem*. (57). 134–140. DOI: [10.1007/s11237-021-09682-6](https://doi.org/10.1007/s11237-021-09682-6)
- [7] Науково-технічні підходи до вирішення актуальних проблем розбудови сектору безпеки і оборони (2021) : / І. Б. Чепков, С.П. Бісик, Л.С. Давидовський [та ін.] ; заг. ред. А. П. Марченко. *Друкарня Мадрид*. 326 с.
- [8] Чепков І. Б., Бісик С. П., Миронюк О. Ю., Сливінський О. А., Давидовський Л. С., Миронов Я. А. (2021) Актуальні проблеми протимінного та балістичного захисту бойових броньованих машин. *Друкарня Мадрид*. 5-57.

- [9] Bisyk S.P., Chepkov I.B., Vaskivskyy M.I., Davydovskiy L.S., Slyvinskyy O.A., Aristarkhov O.M. Methods for modelling Air blast on structures in LS-DYNA. Comparison and analysis (2019) *Weapons and Military Equipment*. 1(21). 22-31. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1\(21\).22-31](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1(21).22-31)
- [10] Бісик С.П. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини / С.П. Бісик, В.А.Голуб, В.Г.Корбач // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. №2(5). – Львів: АСВ, 2011. – С. 3-6.
- [11] Бісик С.П., Чепков І.Б., Голуб В.А., Ларін О.Ю. (2012) Дослідження вибухового навантаження V-подібної моделі днища бойової машини. *Зб. наук. праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ*, 1 (22). 232-240.
- [12] Бісик С.П. (2017) Підхід до оцінки протимінної стійкості корпусів бойових броньованих машин з урахуванням зварних з'єднань. *Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України*, 3(28). 121-127. - DOI: 10.30748/nitps.2017.28.15.
- [13] Бісик С.П. (2015) Дослідження конструкції захисного протимінного екрана. *Військово-технічний збірник*, (12). 110-117.
- [14] Бісик С.П., Чепков І.Б., Васківський М.І., Давидовський Л.С., Корбач В.Г., Висоцький О.М., Захаревич Д.М. (2016) Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2». *Озброєння та військова техніка*, 1(9). 26-31
- [15] Бісик С.П., Давидовський Л.С., Корбач В.Г. (2016) Методика дослідження ефективності енергопоглинаючого елемента. *Технологические системы*, 4(77). 103-112.
- [16] Давидовський Л.С., Бісик С.П., Корбач В.Г. (2017) Дослідження енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння бойової броньованої машини. *Озброєння та військова техніка*, 1 (13). 24-33.
- [17] Бісик С.П., Чепков І.Б., Голуб В.А., Корбач В.Г. (2013) Оцінка впливу способу кріплення протимінного екрана на протимінну стійкість бойових броньованих машин. *Системи озброєння і військова техніка*, 1(33). 8-12.
- [18] Бісик С.П., Давидовський Л.С., Схабицький В.Р. (2015) Критерії травмування організму людини при ударному та вибуховому навантаженні. *Системи озброєння і військова техніка*, 1(41). 153-159.
- [19] Бісик С.П., Давидовський Л.С. (2015) Аналіз механогенезу травмування екіпажу бойових броньованих машин при підриві на мінно-вибухових пристроях. *Військово-технічний збірник*, (13/2015). 34-40.
- [20] Бісик С.П. (2018) Аналіз протитанкових мін Російської Федерації методами кластерного аналізу. *Озброєння та військова техніка*, 2 (18). 15-22. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).15-22](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).15-22)
- [21] Бісик С.П., Сливінський О.А., Давидовський Л.С. (2018) Дослідження поведінки та характеру руйнування зварних з'єднань зі сталі НВ 500Mod при навантаженні вибухом. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, 3(32). 102-112. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.32.14>.
- [22] Бісик С.П., Чепков І.Б., Васківський М.І., Корбач В.Г., Сливінський О.А., Давидовський Л.С., Арістархов О.М. (2018) Порівняння методів моделювання дії вибуху на захисні конструкції. *Вісник НТУ «ХПІ»*, 29 (1305). 15-24. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39199>
- [23] Bisyk S.P., Chepkov I.B., Vaskivskyy M.I., Davydovskiy L.S., Slyvinskyy O.A., Aristarkhov O.M. (2019) Methods for modelling Air blast on structures in LS-DYNA. Comparison and analysis. *Weapons and Military Equipment*, 1(21). 22-31. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1\(21\).22-31](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1(21).22-31)
- [24] Бісик С.П., Широков А.В., Сливінський О.А., Арістархов О.М. Визначення ударної в'язкості сталі Weldox 460-E за допомогою чисельного моделювання (2019). *Вісник НТУ «ХПІ»*, 7 (1332). 13-17. DOI: 10.20998/2079-0775.2019.7.03
- [25] Slyvinskyy O. A., Y. Chvertko, Bisyk S. P. (2019) Effect of welding heat input on heat-affected zone softening in quenched and tempered armor steels. *High Temperature Material Processes*, 23(3). 239–253. DOI: 10.1615/HighTempMatProc.2019031690
- [26] Slyvinskyy O. A., Bisyk S. P., Tonkushina K. D. (2019) Analysis of phase transformations in heat-affected welding zone of alloyed high-strength steels. *Технологические системы*. 50-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.29010/086.7>
- [27] Davydovs'kyi, L.S., Bisyk, S.P., Chepkov, I.B. (2019) Alternatives of Energy Absorption Element Design Parameters for an Armored Combat Vehicle Seat Under Explosive Loading. *Strength Materials*, (6). 106-115. <https://doi.org/10.1007/s11223-020-00140-7>
- [28] Bisyk, S.P., Korbach, V.G., Davydovskiy, L.S. (2020) Assessment of the Armor Plate Response to the Blast Action of Differently-Shaped Charges in Air and in a Metallic Container. *Strength Mater*, (52), 900–907. <https://doi.org/10.1007/s11223-021-00243-9>
- [29] Бісик С.П., Давидовський Л.С., Телєпа М.В., Нагорський О.Г., Бісик С.В., Новосад А.А. (2021) Огляд математичних моделей оцінки параметрів ударної хвилі вибуху зарядів вибухової речовини. *Озброєння та військова техніка*, 1 (29). 77-84. DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.1\(29\).77-84](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.1(29).77-84)
- [30] Давидовський Л.С., Бісик С.П. (2018) Визначення напрямів підвищення захищеності бойових броньованих машин на основі аналізу бойових уражень. *Зб. наук пр. ЦНДІ ОБТ ЗСУ*, (1(68)). 45–54.