

УДК-632.438.14

Токарь С.Е., Каторгин А.Н., Дудко В.В., Сергиенко А.А., Павлов А.Е.

АНАЛИЗ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД УСТАНОВКУ МИНОМЕТА КАЛИБРА 120 мм НА ШАССИ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА

Актуальность темы. Минометы остаются важным элементом артиллерии сухопутных войск. Навесной огонь минометов позволяет эффективно поражать различные цели, недоступные обычным артиллерийским системам, и поддерживать действия пехоты. Главной тенденцией развития минометов в последние годы стало создание самоходных минометных установок на шасси боевых бронированных машин (ББМ). Применение самоходных шасси в качестве платформы для размещения миномета положительным образом сказывается на его возможностях. Во-первых, повышается мобильность оружия, во-вторых, броня базовой машины защищает расчет миномета от пуль и осколков. Наконец, характеристики базовых шасси позволяют увеличить боекомплект и оптимизировать ряд других характеристик минометной системы.

В ГП «ХКБМ» разработана и создана самоходная минометная установка на базе шасси бронетранспортера БТР-3Е, вооруженная минометом калибра 120-мм.

При стрельбе из стандартного армейского миномета сила отдачи, в основном, воспринимается его плитой, которая установлена на грунт. Ударный импульс 120-мм миномета, возникающий при отдаче, достигает порядка 120...140 тонн длительностью 6...7 мс.

При установке миномета на шасси, силу отдачи выстрела воспринимают элементы конструкции корпуса, подвеска и колеса. Кроме того, значительные ударные ускорения, в основном, в вертикальном направлении, оказывают негативное воздействие на боевой расчет миномета. Поэтому, актуальной становится задача по снижению воздействия ударного импульса на шасси и боевой расчёт самоходного миномета во время стрельбы.

Для снижения ударного импульса используются механические, гидравлические, пневматические и комбинированные противооткатные устройства. Ввиду значительной энергии отката при выстреле такие противооткатные устройства имеют сложную конструкцию. К таким системам предъявляются высокие требования по надежности и прочности, что приводит к удорожанию их конструкции.

В данной статье описывается методика испытаний, и приводятся демпфирующие свойства различных материалов, как альтернатива к вышеупомянутым противооткатным устройствам, предназначенным для снижения ударных нагрузок на шасси при выстреле из миномета.

Анализ последних достижений и публикаций. Elbit Systems представила 120-ти миллиметровую автономную минометную систему с мягкой отдачей Soltam SPEAR, предназначенную для легких колесных платформ. Новая система представляет собой второе поколение минометных систем CARDOM, получившие широкое распространение в армии США на колесных бронетранспортерах (БТР) Stryker и в Армии обороны Израиля на БТР M-113, известные под названием Keshet.

Запатентованная система отдачи, используемая в этой системе, снижает силу отдачи при стрельбе (около 120-и тонн) до 10 тонн, таким образом, позволяя относительно легким шасси в течение нескольких секунд справиться с сотрясением, возникающим в результате стрельбы.

Цель и постановка задачи. Оценка демпфирующих свойств различных материалов и элементов конструкций, предназначенных для снижения ударных нагрузок, действующих при стрельбе из миномета калибра 120 мм, установленного на шасси бронетранспортера БТР-3Е.

Основная часть. Проведенные испытания в ГП «ХКБМ» различных материалов и элементов конструкции (далее образцы) выполнялись по следующей методике.

Испытания образцов проводились в стендовых условиях при двух вариантах:

- статические испытания – определение жесткости и гистерезиса испытываемых образцов;
- динамические испытания – определение ударных нагрузок (усилий и ускорений) при сбрасывании на образцы груза на копровом стенде.

Статические испытания образцов проводились на испытательной машине Р-5. Диаграммы нагружений образцов определялись с помощью измерительного комплекса LTR. Для этого использовались силоизмеритель ДОСМ-5 с наклеенным на него тензорезистором и датчик перемещения типа Вт.

Динамические испытания образцов проводились на копровом стенде. Груз кубической формы и весом 700 кгс сбрасывался на образцы с высот от 200 до 1000 мм. Для измерения ударного импульса и его длительности образцы устанавливались на силоизмерительную платформу (три силоизмерителя ТПА-12), а датчик ускорения ДУ-5С-100 жестко закреплялся на грузе в вертикальном направлении.

Регистрация параметров проводилась с помощью измерительного комплекса LTR, обработка – с помощью программного комплекса автоматизации экспериментальных и технологических установок «ACTest».

Испытания проводились со следующими материалами и элементами конструкции: резиной (твёрдостью Р66, Р72 и Р92), полиуретаном СКУ-7Л, цилиндрической пружиной (подвеска железнодорожного состава, имеющая жесткость $C=800$ Н/мм) и амортизатором пушки ЗТМ-1 (2А72). Амортизатор пушки состоит из набора чередующихся кольцевых колец с наружными и внутренними коническими поверхностями. Для статических испытаний образцы из резины и полиуретана вырезались площадью 12 см^2 и высотой 40 мм, а для динамических – 48 см^2 и высотой 40, 80 и 120 мм.

Диаграммы сжатия образцов из резины и полиуретана приведены на рисунке 1, амортизатора пушки ЗТМ-1 – на рисунке 2.

Величина рассеивание энергии внутри материала Ψ , % определялась по формуле:

$$\psi = \frac{\int_0^s P_1 ds - \int_0^s P_2 ds}{\int_0^s P_1 ds} \cdot 100, \%$$

где P_1 – усилие при прямом ходе нагружения, тс; P_2 – усилие при обратном ходе нагружения, тс; s – деформация, мм.

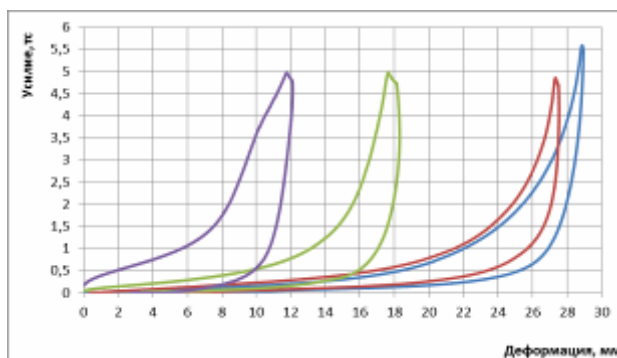


Рисунок 1 – Зависимость усилия (нагрузка – разгрузка) от деформации полиуретана и резины площадью 12 см^2 и высотой 40 мм

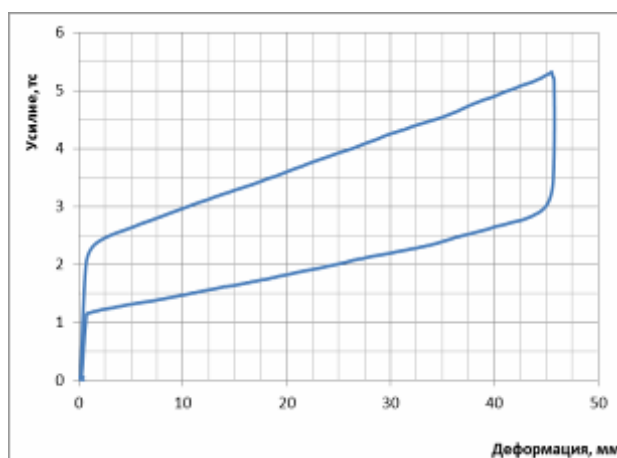


Рисунок 2 – Зависимость усилия (нагрузка – разгрузка) от деформации амортизатора пушки ЗТМ-1

Высоким коэффициентом рассеивания энергии обладает амортизатор пушки ЗТМ-1. Силы трения, возникающие при перемещении колец, обуславливают высокую демпфирующую способность кольцевых пружин. Примерно 70 % энергии, воспринимаемой пружиной за цикл нагружения, переходит в необратимую работу трения и рассеивается в виде теплоты в окружающую среду. У резины Р92 и Р78 коэффициент рассеивания составил 77 % и 76 % соответственно, у резины Р66 и полиуретана – 63 %.

Из приведенных диаграмм видно, что повышение твердости резины приводит к повышению остаточной деформации. Полиуретан, в отличие от резины, полностью восстанавливает свою первоначальную форму после приложения нагрузки.

Результаты испытаний образцов на копрвом стенде приведены в таблице 1.

Цилиндрические пружины, как и кольцевые, снижают ударный импульс, увеличивая время его воздействия, но при этом затухание колебаний происходит медленно (20...30 колебаний), а у кольцевых, при тех же условиях испытаний – 3...4 колебания. Максимальная энергия, которую могут аккумулировать эти пружины, составляет 2000...2500 Дж. Поэтому, испытания были продолжены с резиной и полиуретаном, результаты которых приведены в таблице 2 и на рисунках 3–5.

Прикладываемая энергия к образцам на копрвом стенде определялась по формуле:

$$E = mgh, \text{ Дж},$$

где m – масса сбрасываемого груза, кг; h – высота падения, м.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов на копрвом стенде

Вид удара	Высота падения груза, мм	Сила реакций тензоизмерителей Р, тс	Ударный импульс а, г	Длительность импульса t, с
Жесткий удар	235	70	100	0,006
Амортизатор пушки	300	6,0	9,0	0,102
Амортизатор пушки	215	5,0	7,5	0,100
Цилиндрическая пружина	210	5,6	8,0	0,102
Полиуретан (40 мм)	200	23,1	33	0,025
Резина Р66 (40 мм)	200	42	60	0,024
Резина Р78 (40 мм)	200	29,4	42	0,027
Резина Р92 (48 мм)	200	27,0	39	0,021
Полиуретан (80 мм)	200	12,5	18	0,075
Резина Р66 (80 мм)	200	17,8	0,073	0,073
Резина Р78 (80 мм)	200	12,9	0,065	0,065
Резина Р92 (70 мм)	200	18,4	0,030	0,030
Полиуретан (120 мм)	200	9,6	0,108	0,108
Резина Р66 (120 мм)	200	12,5	0,114	0,114
Резина Р78 (120 мм)	200	9,1	0,100	0,100
Резина Р92 (120 мм)	200	12,8	0,044	0,044

Таблица 2 – Результаты сравнительных испытаний резины и полиуретана на копрвом стенде

Материал	Толщина	Реакции силоизмерителя, тс (длительность, мс)				
		Высота падения груза, мм (потенциальная энергия, Дж)				
		200(1370)	400(2750)	600(4120)	800(5490)	1000(6870)
Полиуретан	40	23,1 (25)	50,0 (20)	80 (17)	–	–
	80	12,5 (75)	27,0 (60)	51,0 (45)	–	–
	120	9,6 (108)	21,6 (80)	32,4 (75)	45,0 (63)	56,4 (47)
Резина Р66	40	42,0 (24)	80,0 (18)	–	–	–
	80	17,8 (73)	35,1 (35)	65,0 (25)	–	–
	120	12,5 (114)	25,0 (63)	45,0 (48)	70,0 (23)	90 (10)
Резина Р78	40	29,4 (27)	47,7 (18)	70,0 (15)	–	–
	80	12,9 (65)	23,3 (39)	44,6 (31)	–	–
	120	9,1 (100)	16,3 (69)	24,8 (56)	38,0 (42)	47,3 (31)
Резина Р92	48	27,0 (21)	37,6 (17)	65,0 (15)	–	–

	70	18,4 (30)	29,6 (24)	48,0 (20)	–	–
	120	12,8 (44)	19,7 (37)	28,5 (34)	35,6 (30)	43,5 (28)

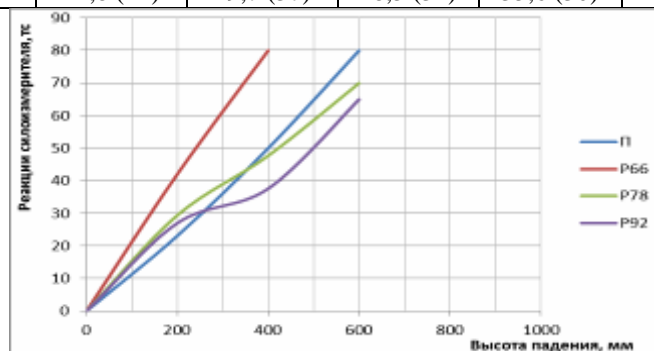


Рисунок 3 – Зависимость реакции силоизмерителя от высоты падения груза на образцы площадью 48 см² и высотой 40 мм

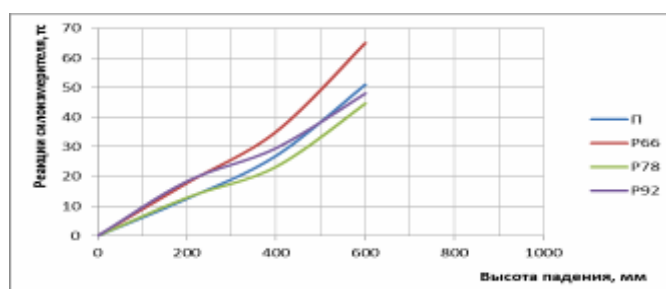


Рисунок 4 – Зависимость реакции силоизмерителя от высоты падения груза на образцы площадью 48 см² и высотой 80 мм

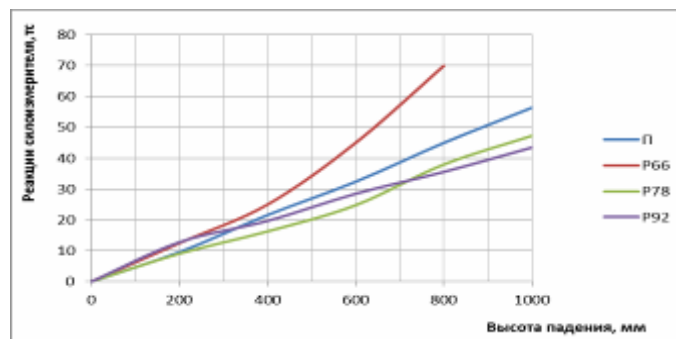


Рисунок 5 – Зависимость реакции силоизмерителя от высоты падения груза на образцы площадью 48 см² и высотой 120 мм

Из приведенных результатов испытаний видно, что полиуретан и резина (Р78 и Р92) имеют практически одинаковые демпфирующие свойства. Но в процессе испытаний, с увеличением высоты падения груза на испытываемые образцы, происходило разрушение резины Р92 (образование трещин и надломов) и появление остаточных деформаций у резины Р78 и Р66. Разрушение полиуретана и изменение его формы не происходило.

Таким образом, для снижения ударных нагрузок при стрельбе из миномета калибра 120 мм лучшие показатели имеют амортизирующие устройства, в которых в качестве демпфирующего элемента используется полиуретан, так как он обладает большой удельной энергоемкостью, высоким внутренним трением, надежностью и устойчивостью к разрушению, а также минимальными массогабаритными параметрами.

Результаты статических и динамических испытаний, проведенных по вышеуказанной методике, позволили выбрать материал, рассчитать количество и геометрию упругих элементов в демпфирующей опоре.

Разработанная и изготовленная в ГП «ХКБМ» демпфирующая опора под установку миномета калибра 120 мм на шасси бронетранспортера БТР-3Е позволила значительно снизить ударное воздействие на шасси и боевой расчет самоходного миномета, что было подтверждено стрельбовыми испытаниями.

Выводы

1. Предложенная методика оценки демпфирующих свойств различных материалов при статических и динамических испытаниях позволила выбрать материал и его массогабаритные параметры для снижения ударных нагрузок при выстреле из миномета.
2. Стрельбовые испытания подтвердили правильность выбора демпфирующего материала, применение которого значительно снизило ударные нагрузки на самоходное шасси и экипаж.
3. Полученные результаты испытаний могут быть использованы для выбора различных буферных устройств и для уточнения теоретического расчета демпфирующих конструкций.

Литература

1. Результаты определения ударных нагрузок на самоходном миномете БТР-3Е: акт ГП «ХКБМ» им. А.А. Морозова. – Харьков, 2012. – 8 с.
2. <http://www.elbitsystems.com> – официальная веб-страница компании “Elbit Systems”.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. Кн.2.– М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.

Bibliography (transliterated)

1. Rezul'tati opredelehiya udarnyh nagruzok na samohodnom minomete BTR-3E: akt GP “HKBM” im. A.A. Morozova. – Har'kov, 2012. – 8 p.
2. <http://www.elbitsystems.com> – oficial'na veb-stranica kompanii “Elbit Systems”.
3. P.I. Orlov. Osnovy konstruirovaniya: Spravochno-metodicheskoe posobie. Kn.2. – M.: Machinostroenie, 1988. – 560 p.

УДК-632.438.14

Токар С.Є., Каторгін О.М., Дудко В.В., Сергієнко О.О., Павлов О.Є.

АНАЛІЗ ДЕМПФУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ВСТАНОВЛЕННЯ МІНОМЕТА КАЛІБРА 120 мм НА ШАСІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА

У статті наведені результати досліджень різних матеріалів, що дозволяють зменшити динамічні навантаження самохідної установки при стрільбі з міномету калібром 120 мм, встановленому на шасі бронетранспортера БТР-3Е.

Tokar S.E., Katorgin O.M., Dudko V.V., Serhiienko O.O., Pavlov O.E.

ANALYSIS OF THE DAMPING PROPERTIES OF VARIOUS MATERIALS USED FOR INSTALLING A 120 mm MORTAR ON THE ARMoured PERSONNEL CARRIER

The article describes the results of studying various materials that make it possible to decrease dynamic loads of the self-propelled system when firing 120 mm mortar installed on the BTR-3E armoured personnel carrier.