

УДК 629.4.027

В. П. Пісарєв

ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ МОЖЛИВОЇ УРАЖЕНОСТІ ЕКІПАЖУ БОЙОВОЇ КОЛІСНОЇ МАШИНИ ЗА МІСЦЕМ ЙОГО РОЗТАШУВАННЯ У РАЗІ ПІДРИВУ НА МІНІ

Запропоновано математичну модель оцінювання ураженості екіпажу у разі підриву на міні. З використанням чисельних методів проведено розрахунки щодо ступеня ураженості людини за місцем її розташування залежно від відстані її до місця підриву.

Ключові слова: бойова колісна машина, математична модель підриву на міні, прискорення, заряд, ступінь ураженості.

Постановка проблеми. Відомо, що основні якості бойової машини – це вогнева потужність, захищеність і рухомість. Очевидно також, що неможливо одночасно найкращим чином задовольнити вимоги до цих якостей. У процесі створення і модернізації бойових машин залежно від конкретних умов і потреб щодо їх бойового застосування сьогодні або у найближчій перспективі якійсь із названих вище якостей приділяється більше або менше уваги. За тенденціями, які є у світі на цей час, звернутися до питань стосовно посилення бронезахисту (у тому числі оцінювання ступеня ураженості екіпажу) змушує досвід сучасних локальних війн, контртерористичних операцій, диверсійних нападів на патрулі і транспортні колони. На сьогодні цьому питанню з теоретичних досліджень приділено недостатньо уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з найбільш актуальних стала задача протимінного захисту, оскільки більшість нападів на транспортні колони супроводжується підривом на мінах і фугасах [1]. Задача підвищення рівня бронезахисту актуальна і для існуючих бронетранспортерів, і для транспортних автомобілів підвищеної захищеності, до яких, зокрема, виявляє інтерес міністерство внутрішніх справ Росії (наприклад, спеціальний броньований автомобіль СБА-60-К2 “Булат”) [2]. Не менш актуальною є задача підвищення рівня бронезахисту машин (бронетранспортерів та інших машин, що застосовуються під час виконання службово-бойових завдань) і для внутрішніх військ МВС України. На етапі модернізації і розроблення перспективних транспортних засобів спеціального призначення при цьому потрібно мати інструментарій для порівняльної оцінки

об’єктів дослідження з позицій ураженості екіпажу у разі підриву на міні.

Мета статті – довести до наукової спільноти результати теоретичних досліджень щодо можливостей розробленого інструментарію з оцінювання ступеня ураженості екіпажу у разі підриву на міні.

Виклад основного матеріалу. Розроблений інструментарій (на прикладі задачі з підриву на міні БТР з колісною формулою 8×8, компонуванням і параметрами, близькими до БТР-60, БТР-70, БТР-80) дозволяє з’ясувати ступінь можливого ураження членів екіпажу залежно від їх місця розташування у машині. Критерієм оцінки рівня ураженості, як це прийнято на сьогодні, буде рівень перевантажень (прискорень) $a_{\text{вод}}$ на місці розташування члена екіпажу в машині (найбільш критичним напрямом короткочасних перевантажень, діючих на людину у разі підриву, вважається вертикальний “голова – таз” [1]).

Очевидно, що математична модель об’єкта дослідження повинна включати не менш ніж три узагальнюючих по корпусу машини (лінійні вертикальні переміщення центра мас корпусу машини та повздожньо-кутові і поперечно-кутові корпусу) та вісім узагальнюючих координат з вертикальних переміщень невіднесених мас (за кількістю коліс машини). Це дозволяє урахувати вплив інерційних якостей зазначених вище елементів машини та пружних і демпферних якостей ходової частини з певною конструкцією напрямних пристроїв.

Математична модель об’єкта досліджень має вигляд, розширений порівняно з [3] за кількістю узагальнюючих координат і додаткового збурюючого фактора $y(t)$:

$$\begin{aligned}
 M \cdot \ddot{z} &= \sum_{i=1}^4 P_{zpi} - \sum_{i=1}^4 NP_{zpi} - G; \\
 I_y \cdot \ddot{\alpha} &= \left(\sum_{i=1}^4 P_{zpi} + \sum_{i=1}^4 NP_{zpi} \right) \cdot l_i; \\
 m_1 \cdot \ddot{z}_1 &= P_{zn1} - G_1 - P_{zp1} + y(t); \\
 m_2 \cdot \ddot{z}_2 &= P_{zn2} - G_2 - P_{zp2}; \\
 m_3 \cdot \ddot{z}_3 &= P_{zn3} - G_3 - P_{zp3}; \\
 m_4 \cdot \ddot{z}_4 &= P_{zn4} - G_4 - P_{zp4}; \\
 Nm_1 \cdot N\ddot{z}_1 &= NP_{zn1} - NG_1 - NP_{zp1}; \\
 Nm_2 \cdot N\ddot{z}_2 &= NP_{zn2} - NG_2 - NP_{zp1}; \\
 Nm_3 \cdot N\ddot{z}_3 &= NP_{zn3} - NG_3 - NP_{zp1}; \\
 Nm_4 \cdot N\ddot{z}_4 &= NP_{zn4} - NG_4 - NP_{zp1}; \\
 I_x \cdot \ddot{\psi} &= \left(\sum_{i=1}^4 P_{zpi} + \sum_{i=1}^4 NP_{zpi} \right) \cdot L_i.
 \end{aligned}$$

У наведених формулах M , G , I_y , I_x – маса, вага та моменти інерції підресореного корпусу відносно поперечної OY і повздовжньої OX осей системи координат $OXYZ$ з началом O у центрі мас;

$\ddot{z}_1, \ddot{z}_2, \dots, \ddot{z}_4$ – лінійні прискорення у напрямку осі OZ центра мас корпусу та коліс 1, 2, 3, 4 за ходом машини;

$\ddot{\alpha}, \ddot{\psi}$ – кутові прискорення корпусу машини відносно поперечної OY і повздовжньої OX осей відповідно;

P_{zpi} – зусилля між колесом і корпусом машини, обумовлене дією пружних і демпферних сил підвіски;

l_i – відстані у напрямку осі OX від центра маси підресореного корпусу до осі i -го колеса (вздовж машини);

L_i – відстані у напрямку осі OY від центра маси підресореного корпусу до i -го колеса (поперек машини);

m_i, G_i – маса і вага непідресорених частин підвіски;

P_{zni} – зусилля між опорною поверхнею і колесом i -ї підвіски;

$y(t)$ – сила від дії ударної хвилі у разі підриву міни під першим лівим колесом за ходом руху машини.

Літерою N у диференціальних рівняннях позначені сили на правому за напрямком руху борту машини.

Силу $y(t)$ введемо за експоненціальною залежністю, створеною із застосуванням теорії

підриву різних перепонов за різних умов вибуху [5; 6]:

$$y(t) = \frac{278,73}{n} \cdot \sqrt{R_z + z_1(t)} \cdot \sqrt[6]{Q_z} \cdot S_{TP} \cdot \sqrt{\frac{Q_z}{(R_z + z_1(t))^3}} \cdot (e^{6,28n} - 1),$$

де R_z – відстань заряду від рухомої перепонови на початку підриву; $z_1(t)$ – переміщення колеса у процесі підриву; Q_z – маса заряду вибухової речовини у тротиловому еквіваленті; S_{TP} – площа рухомої перепонови, на яку діє надлишковий тиск; n – безрозмірний показник загасання згідно з термінологією теорії механічних коливань ($n > 1$ – загасання сильне, $n < 1$ – слабке, $n = 1$ – критичне) [3].

У процесі чисельного експерименту досліджено вплив місця розташування членів екіпажу у корпусі машини відносно колеса, під яким був підрив міни, і відносно центра мас машини на величину прискорень a_{VOD} на цих місцях за такими варіантами:

варіант 1 – місце розташоване близько до колеса, під яким відбувся підрив міни (першого за ходом руху колеса), відстань місця від центра мас у напрямку осі OX – $L_v = 2,5$ м, відстань місця у напрямку осі OY – $L_{vp} = 1,0$ м;

варіант 2 – місце розташоване на повздовжній осі OX машини близько до середини відстані між першими (лівий і правий борт) за ходом руху колесами, відстань місця від центра мас по осі OX – $L_v = 2,5$ м, відстань місця у напрямку осі OY – $L_{vp} = 0,0$ м;

варіант 3 – місце розташоване у зоні центра мас: $L_v = L_{vp} = 0,0$ м.

Вихідні значення параметрів: $M = 10\,378$ кг; $m_{1,2,3,4} = 277,25$ кг; $J_y = 3,977 \cdot 10^4$ кг·м²; $J_x = 3,674 \cdot 10^3$ кг·м²; $l_1 = l_4 = 2,2$ м; $l_2 = l_3 = 0,85$ м; $L_{1,2,3,4} = 1,19$ м; $Q_z = 4,0$ кг. Пружна характеристика підвіски наведена на рис. 1.

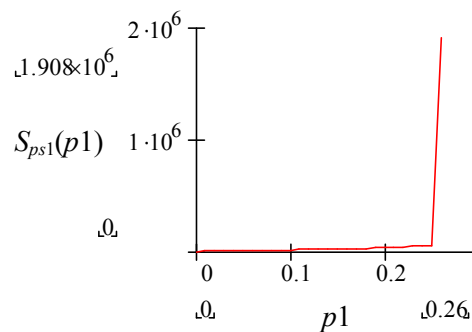


Рис. 1. Пружна характеристика підвіски: $p1$ – хід підвіски, м; S_{ps1} – зусилля на колесах, Н

Результати розрахунків за прискореннями a_{VOD} за варіантами, одержані із застосуванням чисельного методу Рунге–Кутта зі змінним шагом, подано на рис. 2. У процесі чисельного експерименту змінювалися значення параметрів L_v, L_{vp} .

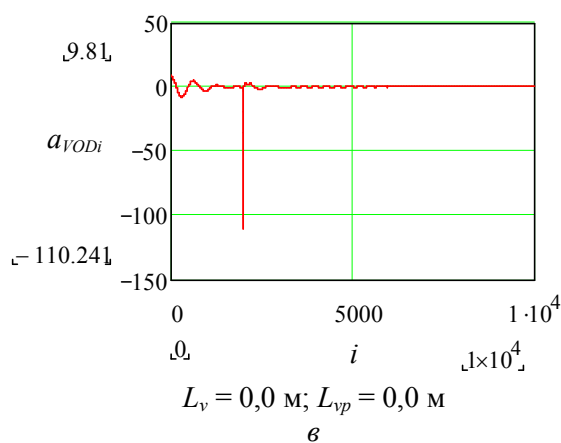
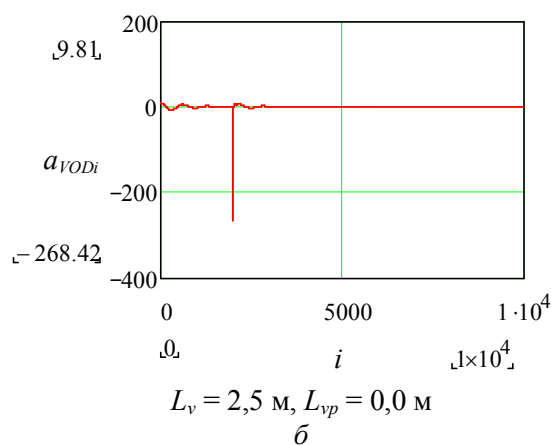
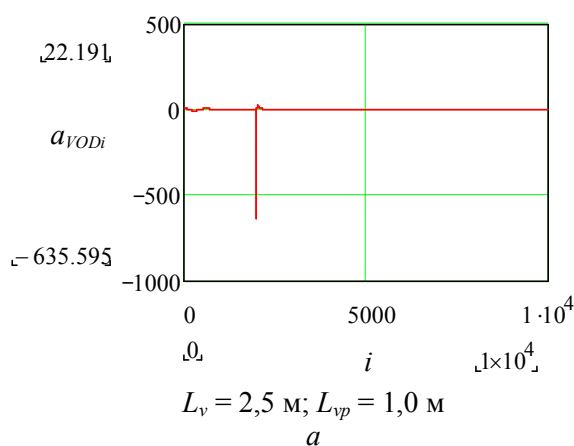


Рис. 2. Прискорення на місці, розташованому:
а – поблизу колеса, під яким відбувся підрив міни (першого за ходом руху колеса); б – на поздовжній осі OX машини близько до середини відстані між першими (лівий і правий борти) за ходом руху колесами; в – у зоні центра мас. Прискорення a_{VOD} на місці водія, $\text{м}/\text{с}^2$; $i/10^3$ – час, с

Як видно з рис. 2, чим ближче розташований член екіпажу до колеса, під яким відбувся вибух, тим більші перевантаження на нього припадають і тим більша ймовірність його ураження (оцінюванням за перевантаженнями, в межах проведеного дослідження, охоплена чверть корпусу машини). Ступінь ураженості суттєво різниться (у 2,37 раза зменшується) вже для людини, яка знаходиться на відстані 1 м поперек машини від людини, що найближче розташована до колеса, під яким відбувся підрив міни. Найменші прискорення спостерігаються у центрі мас (зменшуються у 5,77 раза).

Висновки

1. Розроблена математична модель об'єкта дослідження з оцінювання ступеня ураженості членів екіпажу за місцем їх розташування у разі підриву на міни під першим за ходом машини колесом відповідає, у межах проведених розрахунків, за реакцією на збурюючий фактор імпульсного характеру існуючим на сьогодні уявленням з теорії та практики.

2. Математична модель може бути застосована для порівняльного аналізу об'єктів дослідження з різними конструктивними параметрами за реакцією на підрив.

Список використаних джерел

1. Федосеев, С. Специальные, бронированные, транспортные [Текст] / С. Федосеев // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2012. – № 10. – С. 2–7.
2. Федосеев, С. “Булат” дает защиту [Текст] / С. Федосеев // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2012. – № 12. – С. 2–5.
3. Пісарев, В. П. Можливості транспортного засобу з гальмування за відсутності пробую підвіски [Текст] / В. П. Пісарев // Вісник НТУ “ХПІ”. Темат. випуск “Автомобіле- і тракторобудування”: зб. наук. пр. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2011. – № 56. – С. 29–33.
4. Цзе, Ф. С. Механические колебания [Текст] / Ф. С. Цзе, И. Е. Морзе, Р. Т. Хинкл. – М. : Машиностроение, 1966. – 507 с.
5. Покровский, Г. И. Взрыв и его применение [Текст] / Г. И. Покровский. – М. : Воениздат, 1960. – 67 с.
6. Покровский, Г. И. Взрыв [Текст] / Г. И. Покровский. – 4-е изд. – М. : Недра, 1980. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 06.03.2013 р.