

Королев В.А., Землянский А.А., Бочкарева О.В. Гармонический анализ взаимодействия пули с деформируемыми фрагментами мишени. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIX Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2019. – С. 016-022.

УДК 004

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЛИ С ДЕФОРМИРУЕМЫМИ ФРАГМЕНТАМИ МИШЕНИ

В.А. Королев, А.А. Землянский, О.В. Бочкарева

HARMONIC ANALYSIS OF BULLET INTERACTION WITH DEFORMABLE TARGET FRAGMENTS

V.A. Korolev, A.A. Zemlyansky, O.V. Bockhareva

Аннотация. Рассмотрен способ повышения боевого действия боеприпаса стрелкового оружия, позволяющий стрелку поражать живую цель, защищенную СИБ. Для реализации задачи используется метод энергетического расщепления мощности сигнала виброколебаний взаимодействующих объектов (пули и мишени).

Ключевые слова: стрелковое оружие, боевое действие боеприпаса.

Abstract. A method of increasing the combat action of small arms ammunition, allowing the shooter to hit a live target protected by SIB. The method of energy splitting of the signal power of vibration vibrations of interacting objects (bullets and targets) is used to implement the task.

Keywords: small arms, combat action of ammunition.

В соответствии с руководствами службы и наставлениями по стрелковому делу объектами поражения стрелкового оружия являются живая сила и бронееквиваленты. Однако, как показывает опыт боевого использования стрелкового оружия, живая цель является наиболее вероятной мишенью для поражения.

Живая цель, в свою очередь, может быть защищена средствами индивидуальной бронезащиты (СИБ) соответствующего типа и в зависимости от наличия в составе ее экипировки этих средств может быть отнесена к не защищенным или защищенным СИБ живым целям.

Использование живой силой СИБ заведомо предполагает наличие разноуязвимых участков для поражающих элементов одного типа, имеющих одни и те же баллистические, энергетические и конструктивные характеристики. И даже при большом могуществе боеприпасов живая цель в этом случае не может рассматриваться как однородная.

Таким образом, живая цель, как наиболее распространенный объект поражения для стрелкового оружия, характеризуется уязвимостью бронезащитной композиции отдельных элементов СИБ к пробивному действию поражающих элементов.

Следовательно, в зависимости от выбранного приоритета конструкторами должна быть решена двуединая задача. С одной стороны, обеспечение необходимого боевого действия боеприпаса, а с другой – обеспечение требуемой стойкости бронезащитной композиции СИБ.

Обе задачи решаются различными способами. Целью работы является исследование возможности применения метода энергетического расщепления мощности сигнала виброколебаний взаимодействующих объектов (пули и мишени) для управления процессом эффективного снижения сопротивления пробиваемой среды и соответственно значительного увеличения интенсивности продвижения поражающего элемента в материале преграды. Тем самым, не увеличивая могущества боеприпаса, можно добиться значительного увеличения его боевого действия.

Исследованиями установлено, что для эффективного продвижения пуансона (поражающего элемента боеприпаса) относительно матрицы (мишени) в требуемом направлении требуется оптимальное совпадение параметров гармонических сигналов, взаимодействующих между собой элементов.

С помощью предлагаемого метода фиксируемые сигналы с движущейся пули и мишени, разложенные в ряд Фурье суммой из 64 гармоник фиксированных частот с соответствующими амплитудами и фазами, позволяют определить максимально возможные значения всплесков передачи энергии вибросигнала, необходимые для разрушения материала фрагментов мишени и достижения требуемого боевого действия боеприпаса.

Главный закон процесса преодоления сопротивления среды – зависимость приращения перемещения от скорости пробойника. Изменение скорости внедрения в сопротивляющуюся среду влечет изменение амплитуды и фазы колебаний послойных фрагментов внешней поверхности мишени и собственных частот пробойника (пули). Для упрощения реализации предлагаемого метода предполагаем, что гармонические сигналы пули и мишени находятся в конкретном калиброванном диапазоне частот. Физическое частичное пересечение множеств частот – резонанс значений амплитуд и фаз пули и мишени во время побития – определяет оптимальную динамику процесса. Равенство нулю разности значений амплитуд и фаз гармоник является критерием эффективности процесса снижения сопротивления среды.

Применение исследуемого метода заключается в последовательном решении ряда задач.

Исходные данные и допущения:

- характеристики пули: модули упругости J_1 , J_2 , моменты инерции E_1 , E_2

$$D1 := 1 \text{ metr}$$

$$D2 := 0.00762 \text{ metr}$$

$$J1 := \frac{\pi \cdot D1^4}{32} = 0.098 \text{ metr}^4$$

$$J2 := \frac{\pi \cdot D2^4}{32} = 0.0000000003 \text{ metr}^4$$

$$E1_stal3 := 2 \cdot 10^6 \frac{\text{kG}}{\text{metr}^2}$$

$$E2_Bullet := 2 \cdot 10^6 \frac{\text{kG}}{\text{metr}^2}$$

- диапазон исследуемых частот ($\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 0.286$ 1/сек).
- интервал контролируемого времени после встречи пули с преградой 0,01...0,12 с.

Задача №1

Экспериментально, безконтактным цифровым методом, установить значения продольных перемещений и скоростей пули и мишеней в исследуемом интервале времени (рис.1).

t =	S1(t) =	t =	S2(t) =	t =	S3(t) =
1	1.195·10 ⁻³	1	3.721·10 ⁻³	1	9.211·10 ⁻³
1.01	1.184·10 ⁻³	1.01	3.689·10 ⁻³	1.01	9.124·10 ⁻³
1.02	1.172·10 ⁻³	1.02	3.658·10 ⁻³	1.02	9.038·10 ⁻³
1.03	1.161·10 ⁻³	1.03	3.626·10 ⁻³	1.03	8.951·10 ⁻³
1.04	1.149·10 ⁻³	1.04	3.594·10 ⁻³	1.04	8.864·10 ⁻³
1.05	1.138·10 ⁻³	1.05	3.562·10 ⁻³	1.05	8.778·10 ⁻³
1.06	1.126·10 ⁻³	1.06	3.531·10 ⁻³	1.06	8.691·10 ⁻³
1.07	1.115·10 ⁻³	1.07	3.499·10 ⁻³	1.07	8.605·10 ⁻³
1.08	1.103·10 ⁻³	1.08	3.467·10 ⁻³	1.08	8.518·10 ⁻³
1.09	1.092·10 ⁻³	1.09	3.435·10 ⁻³	1.09	8.431·10 ⁻³
1.1	1.08·10 ⁻³	1.1	3.404·10 ⁻³	1.1	8.345·10 ⁻³
1.11	1.069·10 ⁻³	1.11	3.372·10 ⁻³	1.11	8.258·10 ⁻³
1.12	1.057·10 ⁻³	1.12	3.34·10 ⁻³	1.12	8.171·10 ⁻³
1.13	1.046·10 ⁻³	1.13	3.308·10 ⁻³	1.13	8.085·10 ⁻³
1.14	1.034·10 ⁻³	1.14	3.277·10 ⁻³	1.14	7.998·10 ⁻³
...

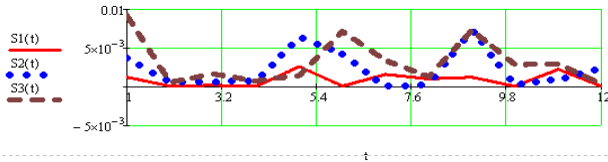


Рис. 1. Табличные данные сигналов виброколебаний фрагментов пули S1 и мишеней S2, S3 и их графическое представление

Задача №2

Разложить установленную функцию продольных перемещений пули и мишеней в ряд Фурье, для чего:

а) составить алгоритм и программный код для расчёта значений амплитуд и фаз колебаний взаимодействующих объектов при условии равных частот;

б) рассчитать значения параметров ряда Фурье для фрагментов пули и мишеней. К расчетным параметрам относятся: перемещения S1 – для пули, S2 и S3 – для мишеней, а также зависимости частот $\omega_{1k}=1..64$ (пули) = $\omega_{2k}=1..64$ (мишени 1) = $\omega_{3k}=1..64$ (мишени 2) от соответствующих амплитуд (A1, A2, A3) и фаз (W1, W2, W3) (рис. 2).

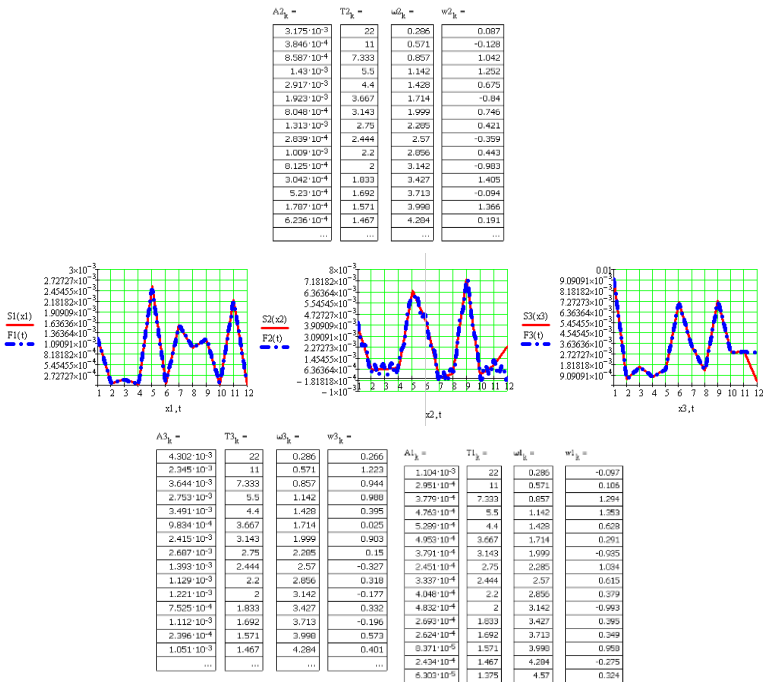


Рис. 2. Уровень точности аппроксимации рядом Фурье вибросигналов S1, S2, S3 (T – период колебаний)

Задача №3

Исследовать алгоритм передачи энергии как определение разностей значений амплитуд, фаз виброколебаний первой w_{2k} , второй w_{3k} мишеней и пули w_{1k} , для чего:

а) исследовать алгоритм передачи энергии как определение амплитудно-частотной и амплитудно-фазовой зависимостей процесса передачи виброколебаний мишеней и пули.

На рис. 3 представлена графическая амплитудно-частотная и амплитудно-фазовая зависимость процесса передачи энергии виброколебаний с частотой $\omega = 0.286$ 1/сек.

Красным цветом показан график передачи сигнала виброколебаний снаряда, синим цветом показан график приема сигнала мишени.

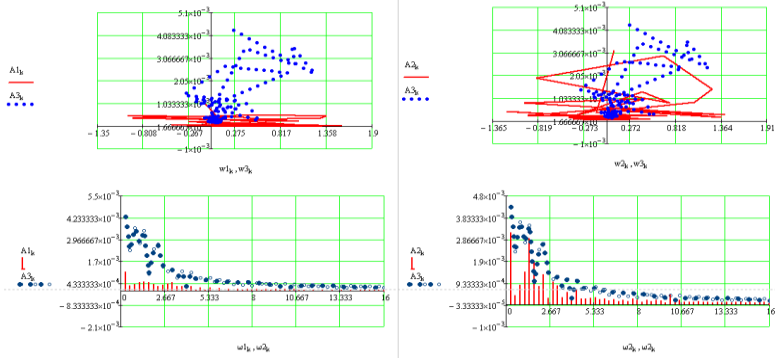


Рис. 3. График амплитудно-частотной и амплитудно-фазовой зависимости процесса передачи виброколебаний с частотой $\omega l = 0.286$ 1/сек

б) определить разность значений амплитуд, фаз виброколебаний пули w_{1k} , первой w_{2k} и второй w_{3k} мишеней (рис. 4);

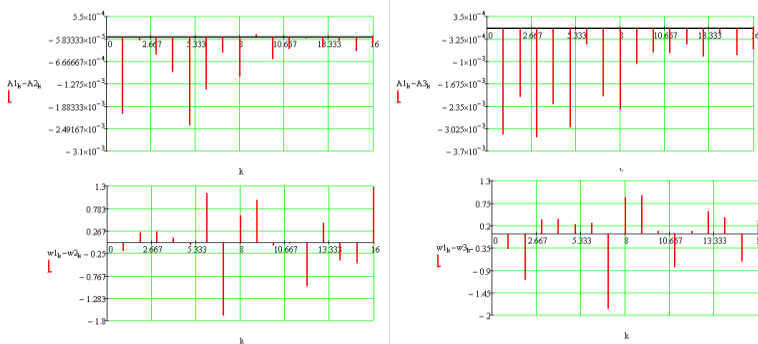


Рис. 4. Разность значений амплитуд, фаз виброколебаний снаряда w_{1k} , первой и второй w_{2k} и w_{3k} мишеней

Разностное сравнение функциональных величин позволяет повысить визуализацию полученных результатов. Например, в случае равенства исследуемой динамической величины на графике мы увидим прямую, совпадающую с осью абсцисс.

в) оптимизировать процесс внедрения пробойника в материал преграды с помощью метода энергетического расщепления сигнала в зависимости от решаемой задачи.

Достигнутый уровень управления процессом снижения сопротивления внедрения пули в материал мишени позволяет использовать метод энергетического расщепления сигнала и получить повышенный уровень боевого действия пробойника (рис. 5).

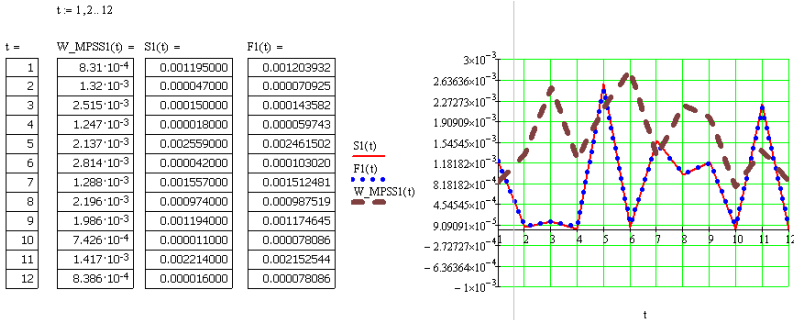


Рис. 5. Увеличение значений снижения сопротивления внедрения в пятне динамического контакта снаряда $S1_k$ и первой мишени $S2_k$

На графике красная линия – перемещение $S2_k$, синие точки – преобразование Фурье первоначального сигнала $S2_k$, коричневый пунктир – метод энергетического расщепления сигнала.

Из графиков видно, что создание управляемых колебаний при внедрении пули в материал мишени в течение времени 0,06 сек, 0,08 сек, 0,09 сек позволяет в значении времени 0,03 сек иметь дополнительную энергию без увеличения первоначального могущества боеприпаса. Такой эффект достигается контролем значений активных гармоник ряда Фурье, физическим суммированием их и получением более энергетически насыщенного вибросигнала, исключая действие балластных составляющих, сопротивление, которое испытывает пуля при внедрении в материал мишени.

Библиографический список

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. 2-е изд., перераб. М.: Наука, 1981. 918 с.
2. Белл Р.Дж. Введение в Фурье-спектроскопию. М.: Мир, 1975.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1958. 856 с.
4. Винер Н. Интеграл Фурье и некоторые его применения. М., 1963.
5. Снеддон И. Преобразование Фурье. М., 1955.
6. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Госиздание физико-математической литературы, 1959. 439 с.
7. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. М.: Наука, 1975. 704 с.
8. Толстов Г.П. Ряды Фурье. М.: Наука, 1980.
9. Уорсинг А., Геффнер Д. Методы обработки экспериментальных данных. М.: ИЛ, 1953.
10. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1–9. М.: Мир, 1978.
11. Челомей В.И. Вибрации в технике. М.: Машиностроение, 1978. 352 с.

Королев Владимир Анатольевич

Филиал Военной академии
материально-технического
обеспечения,
г. Пенза, Россия

Korolev V.A.

Branch of the Military Academy
of Logistics, Penza, Russia

Землянский Александр Андреевич

Филиал Военной академии
материально-технического
обеспечения,
г. Пенза, Россия

Zemlyansky A.A.

Branch of the Military Academy
of Logistics, Penza, Russia

Бочкарева Ольга Викторовна

Филиал Военной академии
материально-технического
обеспечения,
г. Пенза, Россия

Bochkareva O.V.

Branch of the Military Academy
of Logistics, Penza, Russia