СОЗДАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ TiO_2 И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Л.И. Одосий, С.В. Королько, М.П. Козлынский

Установлено влияние структуры ряда анионных полиметиновых красителей (ПБ) на основе тетранитрофлуорена на их спектральные и электрохимические характеристики. Методом циклической вольтамперометрии определены их потенциалы окисления и восстановления. Рассчитано значение энергетических уровней HOMO и LUMO исследуемых красителей и сделан прогноз о возможности использования их в качестве сенсибилизаторов диоксида титана.

Ключевые слова: *полиметиновый краситель; сенсибилизация; гетероструктуры; титан (IV) оксид, фотокаталитическая активность.*

CREATING A NEW GENERATION SOLAR CELLS BASED ON TiO_2 AND THEIR USE IN MILITARY ACTIVITIES

L. Odosiy, S. Korolko, M. Kozlinskiy

The influence of the dye structure on the spectral and electrochemical characteristics has been investigated for a series of the anionic and intraionic polymethine dyes (PDs) of the tetranitrofluorene family. The reduction and oxidation potentials were determined by cyclic voltammetry (CVA), and HOMO and LUMO energy levels were calculated in order to predict the applicability of the dyes as $Ti0_2$ sensitizing agents. Some types of the PD/$Ti0_2$ heterostructures (HSs) were built and their photocatalytic activity (PA) was determined using the model reaction of iodide anion oxidation.

Key words*: polymethine dye; sensitizing; heterostructure; titania(IV) oxide; photocatalytic activity.*

УДК 621.39

Г.В. Пєвцов[1], А.Я. Яцуценко[1], Д.В. Карлов[1], М.Ф. Пічугін[1], Ю.В. Трофименко[1], А.Д. Карлов[1], І.М. Пічугін[1], М.В. Борцова[2]

[1]*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*
[2]*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» , Харків*

СПОСІБ ПОСЛІДОВНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ АПРІОРНІЙ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЇХ ТРИВАЛОСТІ

Розглядається спосіб енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості та її оцінювання. При цьому використовуються послідовно інтервали аналізу різної тривалості і здійснюється перевірка величини енергетичного відношення правдоподібності, де сумарна енергія радіосигналу і внутрішнього шуму до усередненої енергії шуму перевищує пороги виявлення для різних інтервалів аналізу і за кількістю перевищень визначається їх тривалість.

Ключові слова: *енергетичне виявлення, оцінювання тривалості немодульованого радіосигналу.*

Вступ

Загальна постановка проблеми, аналіз останніх досягнень та публікацій. Своєчасне та надійне інформаційне забезпечення бойових дій угруповання сухопутних військ є актуальним завданням на сучасному рівні розвитку новітніх інформаційних технологій.

Процес отримання інформації від різноманітних джерел пов'язаний з процедурою виявлення радіосигналів і оцінкою їх параметрів.

Сучасні технічні засоби виявлення базуються на класичній теорії виявлення і оцінювання параметрів радіосигналів [1], основною вимогою якої є значна величина відношення сигнал/шум.

У [2–8] розглядаються теоретичні основи енергетичного виявлення і оцінювання параметрів радіосигналів, що дозволяють гарантовано виявляти слабкі радіосигнали, енергетично співвимірні з внутрішніми шумами приймального пристрою. Розглянуті основи енергетичного виявлення базуються на апріорній визначеності тривалості радіосигналу.

Недоліком відомого способу послідовного енергетичного виявлення радіосигналів є те, що він не забезпечує оптимальне виявлення при невідомій тривалості радіосигналу.

© Г.В. Пєвцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, М.Ф. Пічугін, Ю.В. Трофименко, А.Д. Карлов, І.М. Пічугін, М.В. Борцова

Мета статті. Ставиться завдання створити спосіб послідовного оптимального за часом і енергетичними втратами виявлення радіосигналів невідомої тривалості та її оцінювання, який дозволить гарантовано виявляти радіосигнали заданої енергетики.

Постановка задачі та виклад матеріалів дослідження

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що використовуються послідовно інтервали аналізу різної тривалості і здійснюється перевірка величини енергетичного відношення правдоподібності, де сумарна енергія радіосигналу і внутрішнього шуму до усередненої енергії шуму перевищує пороги виявлення для різних інтервалів аналізу і за кількістю перевищень визначається їх тривалість.

Алгоритм способу послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості подано на рис. 1.

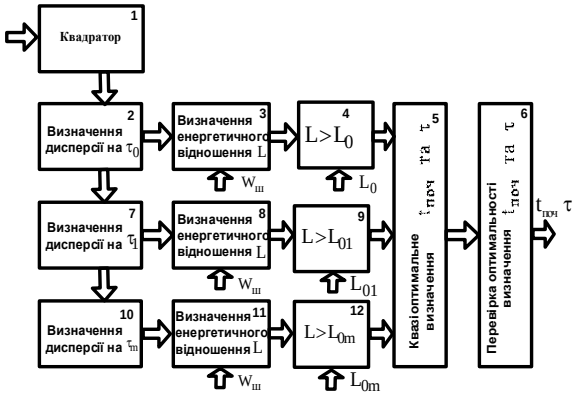

Рис. 1. **Спосіб послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості**

Сутність запропонованого способу послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості полягає в перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику при використанні енергетичного відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байєсівському підході максимального використання апріорних даних та полягає у визначенні відношення плинних оцінок енергії суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу, до значень усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу енергії шуму протягом періоду слідування радіосигналів і порівнянні енергетичного відношення правдоподібності в кожному інтервалі аналізу з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана–Пірсона та прийнятті рішення про початок часу квазіоптимального виявлення при наявності перевищення порогу виявлення в одному або двох інтервалах аналізу підряд шляхом зрушення часу початку другого інтервалу аналізу на час, пропорційний відношенню енергії радіосигналу першого інтервалу аналізу до суми енергій радіосигналу першого та другого інтервалів аналізу і корегування його при перевірці оптимальності виявлення при будь-якому варіанті перевищення порогу за максимумом енергетичного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентному діапазону можливих флуктуацій усередненого рівня енергії внутрішніх шумів.

Прийняття рішення про виявлення радіосигналу здійснюється після порівняння значення енергетичного відношення правдоподібності в кожному інтервалі аналізу для довільного закону розподілу випадкових величин з порогом прийняття рішення L_0

$$L = \frac{W_{сш}}{\underset{0-\tau_{i-2}}{W_ш}} > L_0, \qquad (1)$$

де $\underset{0-\tau}{W_{сш}} = \sum_{i=0}^{n} \{y_i - \bar{y}\}^2 \Delta t_i$ – оцінка дисперсії нероздільної суми амплітуд сигналу+шуму вхідної реалізації на інтервалі, рівному тривалості радіосигналу, що еквівалентна оцінці її енергії;

$$\underset{0-\tau}{\overline{W}_ш} = \frac{1}{M}\left[\sum_{i=0}^{n} \{n_i - \bar{n}\}^2 \Delta t_{i1} + \sum_{j=0}^{n} \{n_i - \bar{n}\}^2 \Delta t_{j2} + \ldots\right] -$$

оцінка усередненого значення дисперсії амплітуд вхідної реалізації шуму на М інтервалах, рівних тривалості радіосигналу, яка еквівалентна оцінці їх усередненої енергії.

При відсутності апріорної інформації про тривалість радіосигналу енергетичне виявлення радіосигналів полягає у розбиванні часу спостереження радіосигналів Т на інтервали часу, рівні тривалості інтервалу аналізу τ_0 і послідовно кратні тривалості сигналу $N\tau_0$ (або за іншим законом зміни тривалості інтервалу аналізу) та оцінюванні дисперсії суміші сигналу і шуму на кожному з них. Отримані значення дисперсій становлять джерело для визначення послідовності енергетичних відношень правдоподібності. Енергетичні відношення правдоподібності перших інтервалів аналізу визначаються як відношення оцінки дисперсії плинного інтервалу аналізу до усередненої енергії шуму за попередні періоди слідування зондуючих сигналів, а наступні – як відношення плинної енергії до усередненої енергії (і-2) інтервалу аналізу. При цьому алгоритм енергетичного виявлення дозволяє прийняти рішення про квазіоптимальний прийом за енергетикою на основі аналізу пропорції енергій сигналу в двох інтервалах аналізу, зрушити інтервал аналізу на час, пропорційний відношенню енергії сигналу першого інтервалу аналізу до суми енергій першого та другого інтервалів аналізу.

© Г.В. Півцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, М.Ф. Пічугін, Ю.В. Трофименко, А.Д. Карлов, І.М. Пічугін, М.В. Борцова

Положення сигналу квазіоптимальне в енергетичному відношенні сигнал+шум/шум визначається виразом початку цього інтервалу аналізу

$$t_ц = t_k - \frac{\left(W_1 - \bar{W}_ш\right)}{W}\tau_0, \qquad (2)$$

де $W = \left(W_1 - \bar{W}_ш\right) + \left(W_2 - \bar{W}_ш\right)$ – енергія сигналу при оптимальному енергетичному виявленні;

W_i – значення сумарної енергії в і-му інтервалі статистичного оцінювання;

$\bar{W}_ш$ – усереднене значення енергії шуму;

$\left(W_1 - \bar{W}_ш\right)$, $\left(W_2 - \bar{W}_ш\right)$ – енергії сигналу у першому і другому інтервалах аналізу, що перекривають інтервал положення радіосигналу;

t_k – положення центру двох сусідніх інтервалів аналізу, що перевищили поріг виявлення.

Заключне прийняття рішення про оптимальне енергетичне виявлення здійснюється шляхом пошуку максимального значення енергетичного відношення правдоподібності при послідовній зміні інтервалу аналізу на крок в діапазоні $\pm\Delta t$, пропорційному діапазону можливих флуктуацій усереднених енергій внутрішнього шуму приймача

$$t_ц = (t_k - \frac{\left(W_1 - \bar{W}_ш\right)}{W}\tau_0) \pm \Delta t. \qquad (3)$$

Тривалість радіосигналу оцінюється добутком тривалості інтервалу аналізу τ_0 на суму кількості інтервалів аналізу m, де здійснене перевищення порогу прийняття рішення, плюс відношення енергетичних відношень правдоподібності першого і останнього інтервалів аналізу до усередненого значення відношення правдоподібності за всі інтервали аналізу

$$\tau = \tau_0\left(m + L_1 / \bar{L} + L_{m+1} / \bar{L} \pm \Delta L / \bar{L}\right), \qquad (4)$$

де $L_1 / \bar{L}$, $L_{m+1} / \bar{L}$ – нормовані до усередненого значення $\bar{L}$ енергетичні відношення правдоподібності у першому і в останньому інтервалах аналізу, де здійснене перевищення порогу виявлення;

$\Delta L / \bar{L}$ – нормоване до усередненого значення $\bar{L}$ флуктуацій енергетичних відношень правдоподібності на m інтервалах перевищення порогу виявлення.

Енергетична чутливість приймача визначається тривалістю інтервалу статистичного аналізу. Якість гарантованого виявлення визначається кривими виявлення для заданого значення відношення енергії радіосигналу до усередненої енергії шуму.

Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму за умови збігу інтервалу аналізу з тривалістю радіосигналу подано на рис. 2.

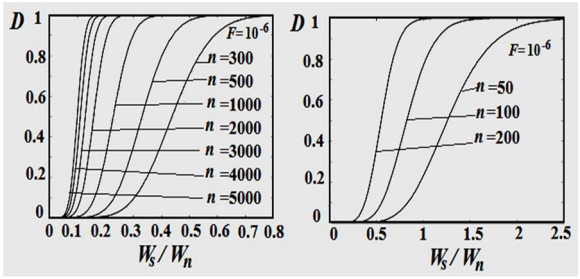

Рис. 2. **Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної нормованої енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму**

Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму за умови збігу інтервалу статистичного аналізу з тривалістю радіосигналу при числі відліків $n = 10^5$ при несній частоті $f_0 = 2 \cdot 10^8$ Гц і частоті оцифрування $f_d = 2 \cdot 10^9$ Гц подано на рис. 3.

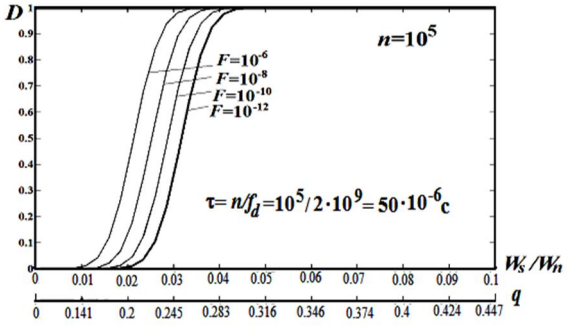

Рис. 3. **Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної нормованої енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму для $n = 10^5$**

Поріг виявлення визначається за критерієм Неймана–Пірсона для моделі χ^2-розподілу щільності ймовірностей суми квадратів гаусівських вибірок із виразу для умовної ймовірності хибних тривог.

Залежність порогу прийняття рішення для різних ймовірностей хибних тривог $F = 10^{-6}; 10^{-8}; 10^{-10}; 10^{-12}$ для моделі χ^2 – розподілу суми квадратів гаусівських шумових вибірок від кількості вибірок n подано на рис. 4.

© © Г.В. Пєвцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, М.Ф. Пічугін, Ю.В. Трофименко, А.Д. Карлов, І.М. Пічугін, М.В. Борцова

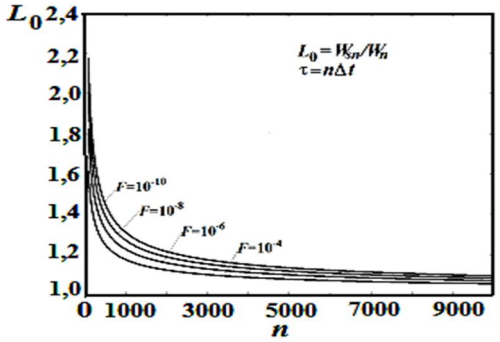

Рис. 4. **Залежність порогу прийняття рішення для різних ймовірностей хибних тривог від кількості вибірок** n

На рис. 5 наведена ілюстрація енергетичного виявлення радіосигналу при різних тривалостях інтервалу аналізу: значно меншому тривалості радіосигналу $\tau_0 << \tau$; меншому половини тривалості радіосигналу $\tau_0 < \tau/2$ і більшому тривалості радіосигналу $\tau_0 > \tau$.

Прийняття рішення про тривалість радіосигналу здійснюється після порівняння всіх інтервалів статистичного аналізу за критерієм ℓ із m.

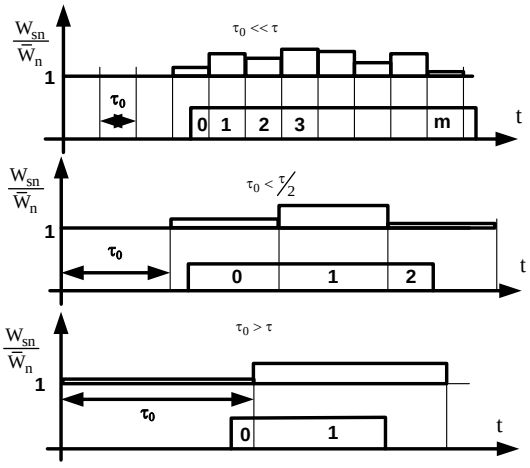

Рис. 5. **Ілюстрація енергетичного виявлення радіосигналу при різних тривалостях інтервалу аналізу**

Із рис. 4 видно, що чим тривалість радіосигналу менша, тим поріг прийняття рішення вище і енергетична чутливість приймача менша.

Висновки

Запропонований варіант енергетичного виявлення радіосигналу на фоні внутрішнього шуму в умовах апріорної невизначеності тривалості радіосигналу відрізняється самою постановкою завдання: виявляються не амплітуди радіосигналів, а інтервали часу, де відносна сумарна енергія сигналу і шуму перевищує поріг виявлення. Використання різнотривалих інтервалів статистичного аналізу дозволяє виявляти радіосигнали невідомої тривалості і визначати їх тривалість.

Енергетичний підхід дозволяє об'єктивніше описати процес виявлення сигналів з довільним законом розподілу амплітудних флуктуацій при впливі активних маскуючих перешкод і має велике значення для практичного застосування, як в радіолокації, так і в радіотехніці. Він дозволяє, наприклад, збільшити час попередження про початок землетрусу в сейсмічно небезпечних районах, збільшити дальність виявлення в системах радіолокації при тому ж потенціалі в декілька разів (або зменшити потенціал мінімум на порядок для виконання заданого завдання).

Список літератури

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман, Ю.И. Лосев, Н.Н. Минервин, С.В. Москвитин, С.А. Горшков, Д.И. Леховицкий, Л.С. Левченко; Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.

2. Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В. Теоретичні основи новітніх технологій побудови радіолокаційних систем // Наука і оборона. Науково-теоретичний та науково-практичний журнал. № 2. – 2014. – С.45-53.

3. Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В. Метод енергетичного виявлення радіосигналів // Системи управління, навігації та зв'язку. – К., – 2010. – №4(16). – С. 72-76.

4. Патент на корисну модель 57216. Україна, МПК G01S 7/02 / Процес енергетичного виявлення радіосигналів Г.В. Пєвцов, А.Я. Яцуценко та ін.; № 201012202; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3.

5. Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Клімішен О.О. / Патент на корисну модель 64707. Україна, МПК G01S 7/34. / Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів; № 201106721; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.

6. Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Челпанов А.В., Шевченко В.І. / Патент на корисну модель 64706. Україна, МПК G01S 7/34 / Спосіб енергетичного виявлення радіосигналів при впливі активних маскуючих перешкод; № 201106697; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.

7. Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Остапова А.М., Клімішен О.О. / Патент на корисну модель 75125. Україна, МПК G01S 7/34 / Спосіб енергетичного виявлення коротких немодульованих радіосигналів і послідовного оцінювання їх початкових фаз і доплерівських частот № 2012004731; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

8. Патент на корисну модель 103676. Україна, МПК (2015.01) G01S 7/34 (2006.01) G01S 13/00. Спосіб послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості / Г.В. Пєвцов, А.Я. Яцуценко та ін. – № и 2015 06163; заявл. 22.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24.

Рецензент: д.т.н., проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків.

© Г.В. Пєвцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, М.Ф. Пічугін, Ю.В. Трофименко, А.Д. Карлов, І.М. Пічугін, М.В. Борцова

Способ последовательного энергетического обнаружения радиосигналов при априорной неопределенности их длительности

Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, М.Ф Пичугин., Ю.В. Трофименко, И.М. Пичугин, А.Д. Карлов, М.В. Борцова

Рассматривается способ энергетического обнаружения радиосигналов при априорной неопределенности их длительности и ее оценивание. При этом используются последовательно интервалы анализа разной длительности и осуществляется проверка величины энергетического отношения правдоподобия, где суммарная энергия радиосигнала и внутреннего шума к усредненной энергии шума превышает пороги обнаружения для разных интервалов анализа и по количеству превышений определяется их длительность.

***Ключевые слова**: энергетическое обнаружение, оценивание длительности немодулированного радиосигнала.*

A method for sequential energy detection of radio-signals in conditions of their duration a priory uncertainty

G. Pevtsov, A. Yatsutsenko, D. Karlov, M. Pitchugin, Yu. Trofimenko, I. Pitchugin, A. Karlov, M. Bortsova

A method for energy detection of radio-signals in conditions of their duration a priory uncertainty and the duration estimation are considered. The method implies the usage of sequential analyses intervals of various durations and verification of the level of energy likelihood ratio where the total energy of radio-signal and internal noise to the averaged noise energy exceeds detection thresholds for various analysis intervals. On the base of the excesses quantity their duration is defined.

***Key words**: energy detection, radio-signal duration estimation.*

УДК 623.4

О.С. Петрученко

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ТИСК БРОНІ НА ОБ'ЄКТ ЗАХИСТУ ПРИ ДІЇ КУЛЬ ЧИ ОСКОЛКІВ ЗА НЕЛІНІЙНОСТІ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІДКРІПЛЮЮЧОГО ШАРУ

Сформульована задача ударної проникаючої взаємодії кулі чи осколка з плоским листом броні, підкріпленої матеріалом з нелінійними пружними властивостями. На основі наближеного розв'язку проведено дослідження залежності тиску броні на об'єкт захисту від характеру нелінійності пружного підкріплюючого матеріалу. Встановлено, зокрема, що за степеневої нелінійності закону пружності підкріплюючого матеріалу збільшенню показника степеня відповідає зниження сили тиску броні на об'єкт захисту.

***Ключові слова:** пружний матеріал, куля, броня, тиск, об'єкт захисту.*

Вступ. Актуальність теми та мета роботи

Проблема захисту від ураження виникла тоді, коли людина була втягнута у різного роду військові конфлікти. Ураження завдаються не тільки кулями, а й осколками, уламками каміння чи будівельних матеріалів. Ці предмети завдають серйозних ран відкритим ділянкам тіла людини. Сьогодні в якості індивідуального захисту людини використовують бронежилет, який, навіть низьких класів захисту, зменшує вражаючу дію елементів ураження [3-5]. Однак бронежилет не забезпечує абсолютного захисту. Його принцип дії базується на зменшенні кінетичної енергії кулі або осколка захисною пластиною, яка виготовлена з високоякісного металу [6-7]. Це досягається підвищенням запасу міцності броні за рахунок твердості матеріалу і його в'язкості та стовщенням захисної пластини.

Найбільш небезпечним для захисту об'єкта є ударна взаємодія вражаючого елемента (кулі) з плоскою бронепластиною при перпендикулярності напрямку швидкості кулі до неї.

Крім того, під час зіткнення вражаючого об'єкта з бронепластиною виникає ударне навантаження на об'єкт захисту [8]. Його величина є достатньо великою і викликає надмірні пошкодження об'єкта. Таким чином завдання зменшення вказаного навантаження є актуальним на сьогоднішній день.

У випадку пробиття захисної пластини можливе утворення дрібних уламків, які можуть завдати пошкодження об'єкту захисту.

Останнім двом факторам розробники бронежилетів приділяють меншу увагу. Тому в роботі головна увага приділяється впливу пружного чи в'язкопружного підкріплення пластини бронежилета на величину ударного навантаження. Для цього пропонується використовувати захисні пластини з «пружинною бронею». Такою «пружиною» може служити шар з підвищеною пружністю.

© О.С. Петрученко