

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ НУЖД

С.В. Королько

В статье изложен анализ перспектив применения магнитогидродинамических систем с использованием постоянных магнитов для очистки и деминерализации сточных вод. Теоретически доведена и практически подтверждена эффективность работы таких систем. Установлены исходная и конечная концентрации ионов солей в водной среде до и после очищения магнитным полем в зависимости от состояния загрязнений. Определено оптимальную скорость подачи водных загрязнений, при которых устанавливается максимальный коэффициент деминерализации. Предложено пути использования очищенных вод для военно-технических нужд.

Ключевые слова: деминерализация, очистка воды, магнитное поле, сила Лоренца.

PROSPECTS USING AUTONOMOUS MAGNETIC HYDRODYNAMIC SYSTEM CLEANING WATER FOR MILITARY-TECHNICAL NEEDS

S. Korolko

The article has analysis of prospects using of magnetic hydrodynamic system cleaning water with the help of magnetic field of permanent magnets. Theoretically proved and experimentally confirmed effective work this system. Defined concentration of salt ions in water environment before and after cleaning by the magnetic field depending on the state of pollution. Defined the optimum flow liquid speed which achieve maximum degree of water demineralization. Suggested ways of using cleaning water for military-technical systems.

Key words: demineralization, cleaning water, magnetic field, Lorentz force.

УДК 623.4

О.С. Петрученко, О.І. Хитряк, Л.Д. Величко

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ЗМЕНШЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЇ КУЛІ, ОСКОЛКА СНАРЯДА НА ОБ'ЄКТ ЗАХИСТУ

У статті запропонований спосіб підвищення балістичної стійкості броні шляхом розміщення в ній шару пружного матеріалу, що знаходиться між жорсткою пластиною та об'єктом захисту. Визначено й математично описано закономірності між основними параметрами броні вказаної конструкції. Проведено теоретичний аналіз механічних процесів, що мають місце при взаємодії кулі із бронєю у момент її влучання. При цьому враховано такі параметри, як вага жорсткої пластини, пружність матеріалу демпферної прокладки, вага та швидкість кулі у момент влучання.

Ключові слова: жорстка пластина, пружний матеріал, куля, броня

Актуальність теми

На даний час питання підвищення безпеки людей та бойових машин шляхом використання засобів бронезахисту є актуальною необхідністю. Найбільш ефективною у цьому аспекті вважається броня [1-3]. Не зважаючи на те, що сучасний ринок пропонує широкий вибір броні, досвід експлуатації показує, що не завжди вона може забезпечити необхідний рівень захисту. Причиною цього є нераціональне формування структури пакета матеріалів і неконструктивне рішення

окремих вузлів [3]. Але, на жаль, наука досі не спромоглася винайти броню, яка б надійно захищала від всіх типів куль. Відповідно до різних фізичних властивостей броні, вона може витримувати влучання одних і не витримувати зовсім інших типів набоїв, які останнім часом вдосконалюються в бік підвищення пробивної дії кулі.

Зазвичай у броню для зупинки куль вставляються жорсткі бронепанелі, що виготовляють із захисних композитних матеріалів, таких як сталь, кераміка, балістичні армідні тканини [4]. Відомі

способи зменшення кінетичної енергії куль та осколків снарядів базуються на підвищенні запасів міцності броні за рахунок твердості матеріалу, його в'язкості та геометричних параметрів. При зіткненні кулі з бронею пластинчастого типу виникає ударне навантаження на об'єкт, що захищається. Часто його величина є достатньо велика, і вона викликає надмірні пошкодження.

Таким чином, завдання зменшення вказаного навантаження та одночасного підвищення пробивної стійкості броні є актуальним на сьогодні.

Постановка завдання

Мета роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні процесу проектування броні для захисту людей та машин в умовах бойової ситуації із позиції зменшення негативних впливів на об'єкт захисту. У статті запропонований спосіб підвищення балістичної стійкості броні шляхом розміщення в ній одного шару пружного матеріалу. Вказана конструкція є принципово новою [5], і використання додаткового демпферного шару ставить завдання визначення й математичного опису закономірностей між основними параметрами броні вказаної конструкції. Саме тому у роботі проведено теоретичний аналіз механічних процесів, що мають місце при взаємодії кулі із бронею у момент її влучання. При цьому враховано, що принцип дії броні із додатковим демпферним шаром побудований на зменшенні ефективної дії кінетичної енергії кулі чи осколка снаряда на об'єкт захисту та враховано такі параметри, як маса жорсткої пластини, пружність матеріалу демпферної прокладки, маса та швидкість кулі у момент влучання.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення поставленої мети броню запропонованого типу будемо моделювати як жорстку пластину (1), що відділена від об'єкта захисту певним демпферним шаром (3). Для математичного опису демпферний шар зобразимо у вигляді пружних елементів (пружин) певної жорсткості. У роботі розглядається динаміка руху кулі (2) та броні впродовж руху кулі в товщі матеріалу жорсткої пластини (1). Вважаємо, що параметри броні для кожної окремої бойової ситуації підібрані таким чином, що вона здатна затримати снаряд і знівелювати його руйнівну дію на об'єкт захисту.

Схематичне зображення руху кулі в броні вказано на рис. 1.

Для математичного опису досліджуваного механічного процесу введемо систему координат Oxz із початком, який умовно розміщуємо в лівому нижньому куті броні, в точці O . За узагальнені координати вибираємо: x_1 – координату жорсткої пластини відносно нерухомої системи координат Oxz , x_2 – координату кулі відносно рухомої системи координат, початок якої

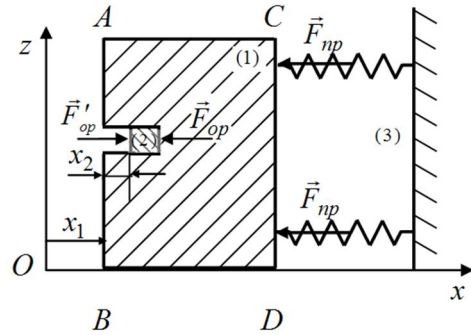


Рис. 1. Схематичне зображення руху кулі в броні

закріпленої на поверхні жорсткої броні. Рух механічної системи опишемо рівнянням Лагранжа другого роду [6]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_{q_i}, \quad (i = 1, 2), \quad (1)$$

де T – кінетична енергія механічної системи; q_i ($i = 1, 2$) – узагальнені координати, Q_{q_i} – узагальнена сила по q_i координаті.

Кінетична енергія механічної системи складається із кінетичних енергій жорсткої броні (1) та кулі (2)

$$T = \frac{m_1 \dot{x}_1^2}{2} + \frac{m_2 (\dot{x}_1 + \dot{x}_2)^2}{2}. \quad (2)$$

де m_1 та \dot{x}_1 – маса та швидкість жорсткої пластини, m_2 та \dot{x}_2 – маса та швидкість кулі у момент контакту із бронею.

Враховуючи, що $q_1 = x_1$ і $q_2 = x_2$, ліві частини рівняння Лагранжа наберуть вигляду

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} \right) = m_1 \ddot{x}_1 + m_2 (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2);$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} \right) = m_2 (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2). \quad (3)$$

Для визначення узагальненої сили по координаті x_1 змінимо положення механічної системи, яке описується координатами (x_1, x_2) , на величину dx_1 . Внаслідок цього певні сили виконують роботу

$$dA = -F_{np} dx_1 + F_{op} dx_1,$$

де $F_{np} = c x_1$ – сила пружності обумовлена стиском пружин, F_{op} – сила тиску, яку чинить куля на броню, c – сумарна жорсткість пружин, x_1 – величина стиску пружин.

Тоді обчислюємо узагальнену силу по координаті x_1

$$Q_{x_1} = -c x_1 + F_{op}. \quad (4)$$

Аналогічно визначаємо узагальнену силу по координаті x_2 . При переході системи із положення (x_1, x_2) у $(x_1, x_2 + dx_2)$ буде виконана робота

$$dA = -F'_{op} dx_2,$$

де F'_{op} – сила опору, яку чинить матеріал жорсткої пластини, руху кулі і $F'_{op} = F_{op}$. Узагальнена сила по координаті x_2 дорівнює

$$Q_{x_1} = -F'_{op}. \quad (5)$$

Враховуючи (4) – (5), рух механічної системи описується системою рівнянь

$$m_1 \ddot{x}_1 + m_2 (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) = -c x_1 + F_{op};$$

$$m_2 (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) = -F'_{op} \quad (6)$$

із початковими умовами

$$x_1(0) = 0 \text{ і } \dot{x}_1(0) = 0. \quad (7)$$

$$x_2(0) = 0 \text{ і } \dot{x}_2(0) = V_0, \quad (8)$$

де V_0 – швидкість кулі в момент її торкання до поверхні броні AB .

Розв'язуючи систему рівнянь, отримуємо закон руху жорсткої пластини під дією кулі

$$x_1(t) = \frac{2F_{op}}{c} \left(1 - \cos \left(t \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right) \right), \quad (9)$$

а зміна швидкості цієї пластини описується співвідношенням

$$\dot{x}_1(t) = \frac{2F_{op}}{\sqrt{c m_1}} \sin \left(t \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right). \quad (10)$$

Також визначаємо, що закон руху кулі відносно поверхні броні AB дорівнює

$$x_2(t) = -\frac{F_{op} t^2}{2m_2} - \frac{2F_{op}}{c} \left(1 - \cos \left(t \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right) \right) + V_0 t. \quad (11)$$

Швидкість кулі відносно рухомої системи координат змінюється за законом

$$\dot{x}_2(t) = -\frac{F_{op} t}{m_2} - \frac{2F_{op}}{\sqrt{c m_1}} \sin \left(t \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right) + V_0, \quad (12)$$

а швидкість кулі відносно нерухомої системи координат, враховуючи (10) і (12), дорівнює

$$V_{кулі}(t) = \dot{x}_1(t) + \dot{x}_2(t) \text{ або } V_{кулі}(t) = V_0 - \frac{F_{op} t}{m_2}.$$

Визначимо величину тиску броні на об'єкт захисту, якщо куля застрягла в жорсткій пластині. Розглядаємо випадок, коли куля спинилась (тобто $\dot{x}_2(t_k) = 0$) на поверхні броні CD , пройшовши всю його товщину. Враховуючи залежність (12), отримуємо рівняння для визначення проміжку часу t_k руху кулі від моменту її торкання поверхні броні AB до зупинки при торканні поверхні CD

$$V_0 - \frac{F_{op} t_k}{m_2} - \frac{2F_{op}}{\sqrt{c m_1}} \sin \left(t_k \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right) = 0. \quad (13)$$

Підставивши значення t_k в (13), отримуємо необхідну величину товщини броні, яка потрібна

для затримки кулі, тобто для того, щоб куля спинилась на поверхні CD

$$x_1(t_k) = \frac{2F_{op}}{c} \left(1 - \cos \left(t_k \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right) \right). \quad (14)$$

З рівняння (14) знаходимо величину швидкості руху жорсткої броні в момент зупинки кулі

$$\dot{x}_1(t_k) = \frac{2F_{op}}{\sqrt{c m_1}} \sin \left(t_k \sqrt{\frac{c}{m_1}} \right). \quad (15)$$

Використовуючи теорему про зміну кінетичної енергії механічної системи [6]

$$T_k - T_0 = \sum A_i^e + \sum A_i^i, \quad (16)$$

визначимо максимальну величину тиску пружин на нерухому поверхню.

Оскільки в момент максимального стиску пружин броня і куля є нерухомі, то вважаємо, що $T_k = 0$. Кінетичну енергію механічної системи в момент зупинки кулі відносно броні визначаємо як

$$T_0 = \frac{(m_1 + m_2)(\dot{x}_1(t_k))^2}{2}.$$

Робота, яку виконують пружини в процесі їх стискання, описується залежністю

$$\sum A_i^e = - \int_{x_{1к}}^{x_{сум}} c x_1 dx_1 = - \frac{c(x_{сум}^2 - x_{1к}^2)}{2},$$

де $x_{1к} = x_1(t_k)$. Оскільки внутрішні сили механічної системи роботи не виконують, то $\sum A_i^i = 0$.

Підставляючи наведені співвідношення в (16) та розв'язуючи отримане рівняння відносно невідомої величини $x_{сум}$, отримуємо, що

$$x_{сум} = \sqrt{x_{1к}^2 + \frac{(m_1 + m_2)(\dot{x}_1(t_k))^2}{c}}. \quad (17)$$

Отже, максимальну величину тиску броні на нерухому поверхню визначаємо з рівняння

$$F_{тиску} = c \sqrt{x_{1к}^2 + \frac{(m_1 + m_2)(\dot{x}_1(t_k))^2}{c}}. \quad (18)$$

На основі отриманих аналітичних співвідношень побудовані графічні залежності максимальної товщини броні, яку не пробиває куля, від сили опору жорсткої пластини (рис. 2), сили тиску броні на об'єкт захисту від сили опору жорсткої пластини (рис. 3) та від її маси (рис. 4). На усіх рисунках проілюстровано випадок влучання у броню кулі масою $m_2 = 0,0096 \text{ кг}$, що випущена із снайперської гвинтівки Драгунова із відстаней $l_1 = 600 \text{ м}$, $l_2 = 900 \text{ м}$, $l_3 = 1500 \text{ м}$. У момент попадання кулі у броню для вказаних відстаней її швидкість дорівнює $V_0^{(1)} = 432 \text{ м/с}$, $V_0^{(2)} = 316 \text{ м/с}$ та $V_0^{(3)} = 233 \text{ м/с}$ відповідно. На всіх рисунках сумарна жорсткість пружин вважається рівною $c = 5000 \text{ н/м}$;

на рис. 1 та рис. 2 маса жорсткої пластини $m_1 = 2 \text{ кг}$ та на рис. 3 сила опору $F_{op} = 1750 \text{ Н}$.

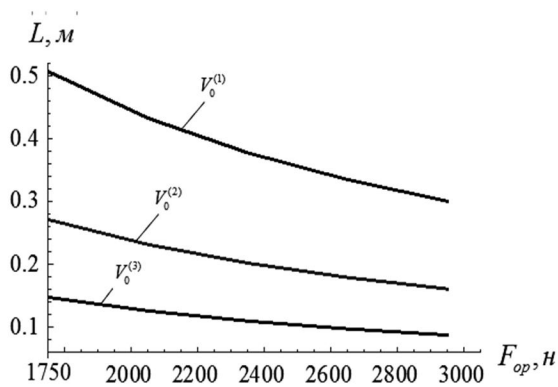


Рис. 2. Залежність максимальної товщини броні, яку не пробиває куля із СВД, від сили опору жорсткої пластини при різних швидкостях кулі

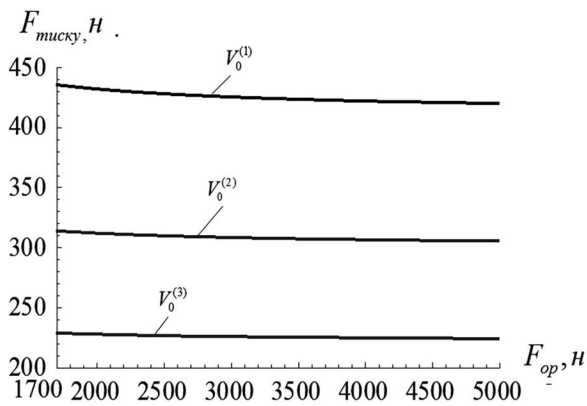


Рис. 3. Залежність сили тиску броні на об'єкт захисту від сили опору жорсткої пластини

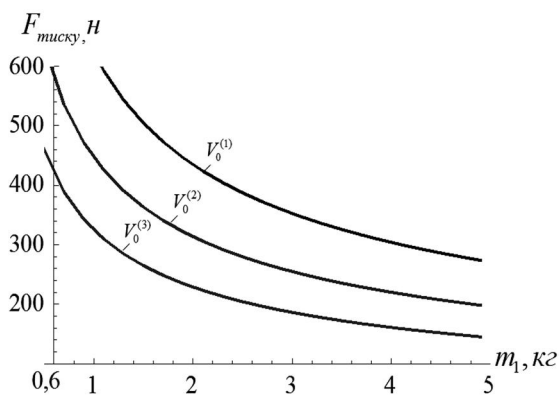


Рис. 4. Залежність сили тиску броні на об'єкт захисту від маси пластини, в якій застрягла куля

Наведені графічні залежності вказують на те, що:

1) із збільшенням сили опору жорсткої пластини зменшується максимальна необхідна її товщина, яка

забезпечує повноцінний захист від проникнення кулі крізь броню. Причому для меншої швидкості, із якою куля попадає в броню, вказана товщина є меншою;

2) збільшення сили опору жорсткої пластини суттєво не впливає на силу тиску, що чинить остання на об'єкт захисту під дією кулі. Проте сила тиску є тим менша, чим менша швидкість кулі у момент взаємодії із бронєю;

3) збільшення маси жорсткої пластини призводить до зменшення її сили тиску на об'єкт захисту під дією кулі за незмінних всіх інших параметрів.

Висновки

У статті наведені теоретичні дослідження принципово нової конструкції броні. Проведений кількісний та якісний аналіз може бути основою для проектування системи захисту, реалізація котрої покращує результати конструкторських рішень у напрямі підвищення ефективності захисту та комфортності. Запропонована модернізація може бути використана для забезпечення:

а) мінімізації удару від деформації попереднього шару твердого елемента та розподілу його сили тиску на об'єкт захисту;

б) зменшення початкової кінетичної енергії кулі або осколків снаряда, за рахунок використання демпферного шару та деформації (руйнування) твердого шару системи;

в) стійкості і надійності броні для збереження цілісності об'єкта захисту;

г) підвищення захисту окремих важливих ділянок броньованих корпусів бойових машин.

Список літератури

1. Семькин В.В. Средства индивидуальной бронезащиты: учебное пособие / В.В. Семькин. – М.: Московский университет МВД России, 2008. – 66 с.

2. Иванюк А.М., Зарецкий В.В. Специальные средства индивидуальной бронезащиты и активной обороны. Техника и тактика их применения.: Учебно-методическое пособие. – Калининград: Калининградский Юридический институт МВД России, 2009. – 52 с.

3. Галиновский А. Л., Колтаков В. И., Муляр С. Г. Анализ эффективности различных средств индивидуальной бронезащиты / Наука и образование: электронное научно-техническое издание – № 3. – 2012. – С.1-12

4. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В.А. Григорян, И.Ф. Кобылкин, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяков. – М.: РадиоСофт, 2008.

5. Гаральд Иро. Классична механіка / Переклад з нім. Гайда Р., Головач Ю. – Л.: В-во ЛНУ ім. І.Франка, – 1999. – 464 с.

Рецензент: І.В. Кузьо, д.т.н., проф., завідувач кафедри «Механіки та автоматизації машинобудування» Національного університету «Львівська політехніка», Львів.

УМЕНЬШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПУЛИ, ОСКОЛКА СНАРЯДА НА ОБЪЕКТ ЗАЩИТЫ

О.С. Петрученко, О.И. Хитряк, Л.Д. Величко

В статье предложен способ повышения баллистической стойкости брони путём размещения в ней шара упругого материала, который находится между жёсткой пластиной и объектом защиты. Определены и математически описаны закономерности между основными параметрами брони определённой конструкции. Проведён теоретический анализ механических процессов, которые происходят при взаимодействии пули с бронёй в момент попадания. При этом учитываются такие параметры, как масса жёсткой пластины, упругость материала демпферной прокладки, вес и скорость пули в момент попадания.

Ключевые слова: жёсткая пластина, упругий материал, пуля.

REDUCTION OF EFFECTIVE BULLETS, SHRAPNEL SHELLS ON OBJECT PROTECTION

O. Petruchenko, O. Khytriak, L. Velychko

In this article is proposed a method of improving the stability of ballistic armor by placing in it a layer of whippy material located between the hard plate and the object of protection. Defined and mathematically described correspondence between key parameters specified armor design. Also done theoretical analysis of mechanical processes that occur in the interaction between bullet and armor at the time of strike. This takes into account parameters such as weight of hard plate, elasticity of the material damping pads, weight and bullet speed at the strike time.

Key words: hard plate, elastic material, bullet.

УДК 623.438.2

П.О. Русіло, В.В. Костюк, Ю.В. Варванець

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ ТИПУ «БАГГІ»

У роботі розглянуто сучасні світові зразки легкових автомобілів підвищеної прохідності типу «Баггі», їхнє призначення, особливості застосування і виконання ключових завдань, які покладаються на такі автомобілі у військовій сфері, акцентована основна увага на їхніх перевагах і недоліках. Запропоновано створити вітчизняний легковий автомобіль підвищеної прохідності типу «Баггі» для озброєння розвідувальних і спеціальних підрозділів Збройних Сил України на основі базового шасі автомобіля-транспортера ЛуАЗ-967М з доведенням його тактико-технічних характеристик і оперативно-тактичних вимог до рівня сучасних світових зразків.

Ключові слова: збройні конфлікти, легкові автомобілі підвищеної прохідності, спеціальні ударні автомобілі, тип «Баггі».

Вступ

Актуальність. Необхідність проведення швидких і в той же час непомітних рейдів в райони зосередження противника, здійснення диверсій в його глибокому тилу, прихованого переслідування груп терористів і безперервного спостереження за їхнім пересуванням і місцями дислокації – все це зумовило створення легких спеціальних ударних автомобілів (СУА) з підвищеною прохідністю.

СУА призначені для вирішення низки тактичних завдань, а також завдань бойового і тилового забезпечення під час застосування у їх складі сил спеціального призначення та розвідувальних підрозділах Сухопутних військ.

Серед СУА широке застосування отримали легкові автомобілі (бойова маса 750–270 кг) підвищеної прохідності типу «Баггі». Ними оснащені сили швидкого реагування, а також аеромобільні і повітрянодесантні підрозділи сухопутних військ США, Великобританії, Франції, Італії та інших країн. У ході військових конфліктів за останній період доведена висока ефективність їхнього застосування.

На Сході України розпочався масштабний воєнний конфлікт на території Донецької і Луганської областей за участі незаконних збройних формувань, які визнані терористичними організаціями.

Бойові дії у ході Антитерористичної операції свідчать про суттєві зміни характеру ведення сучасної збройної боротьби, які зумовлені: