

УДК 62-03.629

Катерина ДЕМ'ЯНЮК,
кандидат психологічних наук, доцент,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

Світлана ПІДГАЙЧУК,
кандидат технічних наук, доцент,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНОЇ БРОНІ АВТОМОБІЛЯ В ІНЖЕНЕРНІЙ ПРОГРАМІ SOLIDWORKS

У роботі проведено аналіз основних характеристик броньованих сталей, наведені етапи розробки додаткового захисту автомобілів КраЗ з використанням програмного забезпечення для автоматизованого проектування SolidWorks.

Ключові слова: захисна броня, броньований автотранспорт, система автоматизованого проектування SolidWorks.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Охорона державного кордону – невід’ємна функція кожної суверенної держави, тому проблеми її забезпечення завжди є актуальними. Одним з основних чинників надійності охорони кордону завжди був рівень його інженерного і технічного забезпечення.

© Дем’янюк К., Підгайчук С.

В умовах антитерористичних операцій особливу актуальність має питання ефективного і безпечного забезпечення підрозділів у зоні бойових дій. Транспортування особового складу та вантажів, вивезення поранених, підвезення боєприпасів, медикаментів, продовольства на блокпости тощо стали дуже серйозною проблемою для українських військових.

Виникнення цих завдань вимагає наявності броньованого авто-транспорту, здатного перевозити вантажі й особовий склад в умовах, коли фактично будь-якої хвилини на транспорт або на колону може бути здійснений озброєний напад. Такий транспорт давно існує та розвивається як окремий напрям військового автотранспорту в арміях різних країн світу. Такі машини дозволяють виконувати завдання з транспортування особового складу до місця виконання бойових завдань вогневої підтримки, розвідки, евакуації поранених, патрулювання, транспортування вантажів і пального. Також ці машини можуть використовуватися як штабні, пересувні вузли зв'язку, також як шасі для установаження важкого озброєння.

Бронювання наявної колісної техніки автомобілів радянських часів є одним із варіантів вирішення проблеми забезпечення підрозділів Державної прикордонної служби України (ДПСУ) транспортом, який може використовуватися в бойових діях.

Метою статті є розробка проекту бронювання автомобіля КраЗ для використання ДПСУ у зоні антитерористичної операції (АТО).

Виклад основного матеріалу дослідження. Початковим етапом для створення захисної броні автомобілів є підбір переліку матеріалів, які володіють необхідними механічними, фізичними та експлуатаційними властивостями (міцність, твердість, ударна в'язкість, низька питома вага, опір втомі, корозії, зносу, жароміцність, холодостійкість та ін.). На базі доступних інформаційних джерел був проведений аналіз матеріалів, які є найбільш застосовувані для виробництва сучасної броні:

високоміцні якісні сталі з великою в'язкістю і відносним видовженням (литі та ковани леговані сталі);

сталеві гетерогенні матеріали;

залізо-вуглецеві сталі з домішками карбїду титану;
керамічна броня (кераміка в поєднанні зі сталевими й алюмініє-
вими сплавами);
композитні матеріали (зокрема, склопластик і склопластик у по-
єднанні з керамікою та типу кевлару),
полімерні та тканинні матеріали;
наноматеріали на основі карбонових трубок та карбїду бору та ін.
Слід наголосити, що розв'язання проблеми захисту бронетехніки
не може бути пов'язане з потовщенням броні, оскільки таке рішення
приведе до значного збільшення бойової маси бронетехніки і втра-
ти нею належної маневреності. Тому можемо спостерігати наявність
розробок шляхом використання для виробництва броні нових легких
надміцних металевих і керамічних композиційних матеріалів, зокре-
ма на основі оксиду алюмінію та карбїду бору.

Учені Київського політехнічного інституту розробили новітні
керамічні армовані матеріали, які є матрицею дуже тугого сплаву,
що армований волокнами ще одного надтвердого з'єднання. За
твердістю, міцністю та в'язкістю руйнування такі матеріали в 3-4
рази перевищують аналогічні характеристики матеріалів, з яких
виготовляється сучасна броня.

Очевидним є найбільш простий спосіб захисту екіпажу та елемен-
тів конструкції бойової машини установленням недорогої сталевій
броні. Протягом усієї історії бронетехніки підвищення рівня такого
захисту здійснювалося двома способами: збільшенням товщини бро-
неплит і зміною сплаву. У даний час вчені провідних країн працюють
над створенням нових сплавів, які могли б за тих же параметрів маси
забезпечити більш високий рівень захисту. Крім того, броня може
бути зміцнена за допомогою додаткової термічної та хіміко-термічної
обробки сталевих заготовок.

Кілька років тому британські вчені з організацій DSTL і CORAS
представили свою нову розробку – технологію Super Bainite. Вона до-
зволяє заощадити на різних реактивах і хімічних речовинах, але при
цьому відчутно підвищує міцність металу. Суть технології полягає в
ізотермічному загартуванні. Це означає, що спершу броньовий лист

прогрівається до температури близько тисячі градусів за Цельсієм, а потім охолоджується до 250–300°. За більш низької температури заготовка витримується протягом декількох годин і далі плавно охолоджується до температури навколишнього середовища. Такий спосіб зміцнення броні гарантує майже повну відсутність у ній будь-яких мікротріщин, викликаних обробкою. Крім того, залежно від сплаву, що використовується, можливе збільшення ефективності захисту на десятки відсотків. Для забезпечення одного і того ж рівня захисту броня Super Vainite може мати помітно меншу товщину, у порівнянні з незагартованим сплавом.

Ще один метод пов'язаний з наявними технологіями. Давно відомі такі способи зміцнення металу, як цементація, азотування, тобто процеси хіміко-термічної обробки. Останніми роками найбільший інтерес учених викликає саме азотування. Насичення поверхневого шару металу азотом з подальшим утворенням нітридів значно збільшує твердість поверхні і, як наслідок, підвищує рівень захисту бронелиста. До теперішнього часу різними організаціям, зайнятим у створенні нових видів гомогенної броні, удалося досягти непоганих результатів. Сучасна азотована сталева броня за однакового рівня захисту з необробленим металом має на 25–30 % меншу товщину.

Крім сплавів на основі чорних та кольорових металів, для захисту бронемашин може бути застосована спеціальна кераміка. Плитки з карбідоборних, корундових або карбідокремнієвих матеріалів здатні забезпечити достатній рівень захисту і при цьому важать менше, ніж відповідна сталева деталь. У той же час керамічне бронювання має один серйозний недолік. На відміну від металу, який прогинається і продавлюється боеприпасами, затримуючи їх, керамічна плитка крихка та має низьку ударну в'язкість. Через це керамічна броня використовується тільки в поєднанні з іншими матеріалами, які надають їй в'язкості. При пошаровому чергуванні металевих листів і керамічних плиток відбувається прийняття удару керамічною плиткою з подальшим гасінням енергії вражаючого елемента металевим листом. Ефективним є кевлар, який розміщений шарами в пластмасі, виготовленій з фенолу та бутилу. Листи кевлару містять 9–20 % смоли. Вони вста-

новлюються з тильного боку сталевих або алюмінієвих бронелистів. За однакового рівня захисту кевларалюмінієва броня важить удвічі менше, ніж сталева або композитна броня. [1]. Такі матеріали є дорогими та застосовуються для індивідуального захисту.

Для захисту бронетехніки більш поширеною є інша архітектура композитної броні. Ще в шістдесятих роках минулого століття була створена тришарова металокерамічна броня. Яскравий приклад такої системи – лобовий захист радянського танка Т-64. Між двома порівняно тонкими металевими листами знаходився склопластик. Завдяки цьому снаряд був змушений проходити через кілька шарів захисту з різною щільністю і в'язкістю, через що боєприпас втрачав енергію і навіть руйнувався. За аналогічною схемою побудована відома англійська броня Chobham. Точний її склад засекречений, але, згідно з різними даними, вона складається з металевих листів, полімерних блоків і керамічних плиток. Бронювання Chobham встановлюється на останні моделі англійських і американських танків.

Нещодавно була створена концепція дисперсно-керамічного бронювання. Така система складається з трьох шарів: декоративного і таких, що дроблять і затримують. Декоративний шар та той, що затримує, виконуються з плоских панелей, а той, що дробить, складається з невеликих циліндрів або багатокутних призм із закругленими торцями. Потрапивши в дисперсно-керамічну броню, снаряд, пробиваючи декоративний шар, втрачає частину своєї енергії і стикається з призмами. Руйнування призм шару, що дробить, також забирає чималу частину енергії боєприпасу. Крім того, через особливу форму елементів шару руйнується і сам снаряд. Внутрішній шар приймає на себе залишки удару осколків снаряда і призм.

Цікава система бронезахисту розроблена шведськими вченими, – так звана м'яка (шведська) броня (Saab Barracuda Soft Armor System). Це новий тип модульної броні, який може бути використаний у будівлях або транспортних засобах. Він також набагато дешевший, ніж суцільнокерамічні та композитні технічні рішення. Ідея заснована на тому, що в порожнистий пакет із звичайної листової сталі завантажують керамічні гранули сферичної форми. Слід зазначити, що як сфе-

ричні кульки можна використовувати інші матеріали (скло, камінь і под.). Ці сферичні частинки здатні поглинати енергію кулі внаслідок розосередження ударної хвилі по всьому об'єму бронепакета. Такі пакети можуть бути з'єднані з іншими пакетами та мати необмежену конфігурацію. Разом з тим негативними чинниками цієї системи є значна маса та габарити таких бронематеріалів [1].

Сучасні схеми броньового захисту містять у своєму складі динамічний захист, уранову броню, модульну броню та їх комбінації. Ці досягнення в галузі забезпечують різні рівні захисту без зміни загальних конпонувальних технічних рішень. Крім удосконалення активної системи захисту, проводяться роботи щодо створення автономних систем протидії сучасним засобам ураження, а саме: навісний динамічний захист, електромагнітна система захисту, пасивний захист і под.

Уже кілька десятиліть на бронетехніці застосовуються різні додаткові навісні модулі. Залежно від обстановки ці модулі можуть забезпечувати додатковий захист машини різними способами. Найпростіший з них – навішування на машину додаткових бронемодулів. Найбільш відомою системою такого виду є німецька МЕХАС. Її точний склад таємний, але відомо, що в модулях використовується кераміка, полімери і метал. Виробник особливо зазначає, що модулі броні МЕХАС у ваговому відношенні вдвічі ефективніші від гомогенної броні. Залежно від вимог замовника модулі системи МЕХАС можуть мати будь-яку форму. Крім того, замовникам пропонується три варіанти бронювання з різним рівнем захисту. Отже, модулі здатні забезпечувати додатковий захист практично будь-якої бронемашини. У середині двохтисячних років на базі броні МЕХАС був створений більш досконалий захист АМАР, що відрізняється більш високими характеристиками захисту, а також більш широким застосуванням металів і сплавів.

Завдяки своїй багат шаровій структурі (корпус самої бойової машини можна теж вважати додатковим шаром броні) навісні бронемодулі здатні забезпечувати захист не тільки від куль, а й від снарядів малокаліберної артилерії. Також подібні композитні системи здатні з певною ефективністю протидіяти і кумулятивним боєприпасам. Варто відзначити, що для захисту від кумулятивних боєприпасів уже давно

застосовуються набагато простіші, але не менш ефективні додаткові модулі. Це – досить поширені протикумулятивні екрани та ґратки. На певній відстані від поверхні корпусу бронемашини розташовуються металеві панелі або ґратки. При ударі об таку перешкоду кумулятивний боеприпас або спрацьовує, або деформується. В обох випадках він уже нездатний повноцінно виконувати своє завдання.

Як і інші навісні модулі, протикумулятивні екрани та ґратки відчутно збільшують вагу бронемашини і відповідним чином впливають на її ходові якості. Кілька років тому у Великій Британії був створений протикумулятивний тканний матеріал Tarian QuickShield. Така сітка або тканина складається з полімерних і металевих ниток і справляється зі знищенням або пошкодженням протитанкових реактивних ґранат. За схожих характеристик з металевою ґраткою полімерна сітка, як мінімум, удвічі легша. Крім безпосереднього оснащення бронемашин, тканинний матеріал Tarian QuickShield можна використовувати для швидкого ремонту пошкоджених металевих ґрат. Шматок захисної тканини натягується на місце пошкодженого екрана або ґратки.

Для використання на легкій бронетехніці нещодавно створено динамічний захист SLERA. Оскільки для бронетранспортерів або бойових машин піхоти танкові системи динамічного захисту не підходять через свою потужність, SLERA отримала менш сильні блоки вибухової речовини. Це помітно позначилося на характеристиках, але в той же час дозволило ставити динамічний захист на машини з порівняно тонкої бронею.

Хід розвитку боеприпасів дозволяє припускати, що вже в найближчі роки нові снаряди зможуть вражати цілі, прикриті будь-яким з наявних типів броні. Тому вже зараз йде розробка абсолютно нових типів захисту для бронетехніки. Мабуть, найбільш цікавою є електромагнітна броня. Вона має всі переваги композитної, але при цьому здатна більш ефективно затримувати снаряди противника.

Електромагнітне бронювання побудоване на підключенні двох металевих листів до конденсаторної системи. Між листами знаходиться полімерний або керамічний ізолятор. Потрапивши в таку бронеперешкоду, снаряд замикає електричний ланцюг і змінює траєкторію

руху через вплив на нього електромагнітних сил. Крім того, за певної величини струму снаряд може просто зруйнуватися. Електромагнітна броня виглядає багатообіцяюче, але до її практичного застосування ще далеко. Для ефективної роботи такої системи потрібно занадто багато електроенергії. На даний момент жодна бронемашина не в змозі забезпечити повноцінну роботу електромагнітної броні.

На тому ж принципі може бути заснована інша технологія, метою якої, однак, буде аналіз стану бронезахисту. За допомогою нескладних електричних схем можна створити апаратуру самодіагностики, яка зможе автоматично визначати пошкоджену ділянку броні і ступінь її руйнування. Завдяки такій інформації екіпаж бойової машини весь час буде в курсі стану свого бронювання та за необхідності зможе вчасно запросити відповідну допомогу.

На основі проведеного огляду матеріалів для виготовлення броні та рекомендованих на базі балістичних досліджень товщини листа броні з урахуванням можливостей виробника були запропоновані декілька марок легованих сталей: легована сталь марки СПС-43, яка поставляється за ТУ 0902-005-31041642-95 товщиною 7 мм, з вмістом 0,41 % вуглецю, 0,46 % марганцю, 1,32 % кремнію, 0,98 % хрому, 1,01 % нікелю, 0,38 % молібдену, 0,011 % фосфору і 0,007 % сірки [2] та сталь 35Н4Х2ГА з вмістом 0,35 % вуглецю, 3,90 % нікелю, 2,00 % хрому, 0,35 % марганцю, 0,07 % кремнію, 0,025 % фосфору, 0,020 % сірки.

Черговим етапом роботи було проведення розрахунків на міцність конструкції автомобіля. Для цього були проведені необхідні заміри та розрахунки [3].

Для виконання графічних робіт (креслення листів для бронювання) використана інженерна програма SolidWorks [4]. Програма SolidWorks – це система автоматизованого проектування (САПР), яка використовує звичний графічний інтерфейс користувача Microsoft Windows. Інакше кажучи, цей легкий у освоєнні засіб дозволяє інженерам-проектувальникам швидко втілювати свої ідеї в ескізи, експериментувати з елементами та розмірами, а також створювати моделі та деталізовані креслення. Система дозволяє максимально деталізувати модель, адже чим більше технічних характеристик можна закласти

в 3D модель, тим більш реальним буде кінцевий результат. Система дозволяє виявити помилки на ранній стадії проектування виробу, що дозволяє заощадити час, витрачений на проектування.

На рис. 1 наведені креслення пластин для бронювання автомобіля КраЗ.

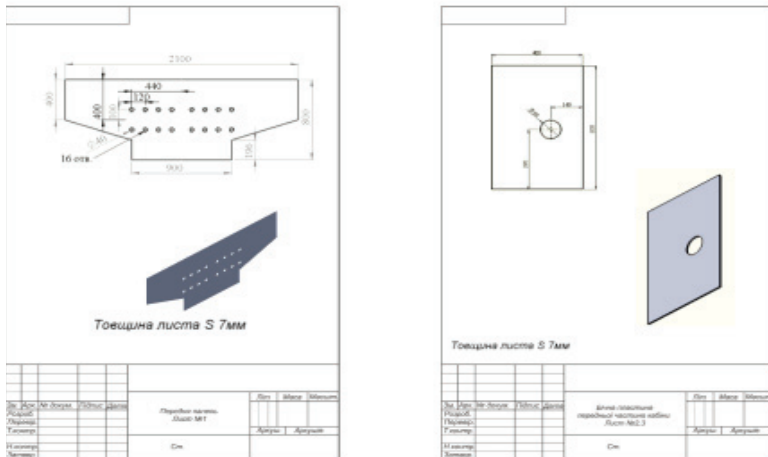


Рис.1. Зразки елементів креслення пластин для бронювання автомобіля КраЗ

Фахівці науково-виробничого об'єднання “Практика” виконали роботи щодо бронювання військового автомобіля КраЗ для ДПСУ. Підготовка виконана за цілим комплексом: бронювання капота, кабінни, кузова, паливних баків, гальмівної системи та захисту дна кузова від мін. Переданий прикордонникам КраЗ був заброньований за 4-м класом захисту, обладнаний бійницями і оснащений кулестійким склом на вікна (рис. 2).

Введення в експлуатацію броньованого автомобіля КраЗ для використання ДПСУ у зоні АТО стало можливим не тільки завдяки закінченому обсягу робіт з проектування (визначення матеріалу та конструкції захисту), безпосередньому виготовленню броньованих пластин та їх встановленню, але й завдяки спонсорській допомозі, наданій ДПСУ.



Рис. 2. Броньований автомобіль КраЗ

Як бачимо, розвиток технологій бронювання триває. Варто зазначити, що більшість використовуваних зараз ідей з'явилися ще кілька десятиліть тому. Вони досі працездатні, і ніхто не поспішає відмовлятися від них. У найближчому майбутньому ця тенденція повністю збережеться. Відповідні проектні організації продовжать створювати нові типи гомогенного, композиційного, навісного та інших видів захисту. Отже, найближчими роками кількісне і якісне вдосконалення залишиться за звичними варіантами бронювання, а їх характеристики будуть поступово покращуватися завдяки появі нових матеріалів та способів захисту.

Список використаної літератури

1. Королько С. В. Аналіз і оцінка можливостей застосування сучасних матеріалів для броньованої техніки та захисту особового складу від ураження / С. В. Королько // Системи озброєння і військова техніка; Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – Львів, 2015. – № 2(42).
2. <http://findpatent.com.ua/patent/222/2228959.html>. FindPatent.com.ua – патенти на винаходи, 2012-2016.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Броня>.
4. <http://topwar.ru/page,1,2,54198-ukrainskiy-proizvoditel-predlozhit-voennym-broneviki-na-baze-sovetskogo-gaz-66.html>.
5. <http://topwar.ru/25019-nemnogo-o-brone-dlya-tehniki.html>.

6. Большаков В. П. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС – 3D, SolidWorks / В. П. Большаков, А. П. Бочков. – СПб : Питер, 2013. – 304 с.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Рудик О. Ю.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2016

Демьянюк Е., Подгайчук С. Проектирование защитной брони автомобиля в инженерной программе SolidWorks

В условиях антитеррористических операций особенную актуальность имеет вопрос эффективного и безопасного обеспечения защиты подразделений ДПСУ в зоне боевых действий. Возникновение этих заданий требует наличия бронированного автотранспорта, способного перевозить грузы и личный состав. Бронирование имеющейся колесной техники автомобилей советских времен является одним из вариантов решения проблемы обеспечения подразделений ДПСУ транспортом, который может использоваться в боевых действиях. Целью работы есть подбор материала и разработка конструкций бронированных листов для защиты автомобиля КраЗ, которая будет использоваться ДПСУ в зоне АТО.

Ключевые слова: *защитная броня, бронированный автотранспорт, система автоматизированного проектирования SolidWorks.*

Demyanyuk K., Pidhaychuk S. The design of protective armor in computer-aided design system SolidWorks

In the conditions of anti-terrorist operations the issue of providing effective and safe protection of State Border Service of Ukraine (SBSU) units in combat zones becomes very current nowadays. The occurrence of these tasks requires available armored vehicles capable to transport cargoes and personnel. The armory of available Soviet wheeled vehicles is one of the variants of problem's solution to provide SBSU units with the vehicles suitable in the combat zones.

The aim of the research is the selection of the materials and the development of armored sheets' constructions for KraZ vehicle protection to be used by SBSU units in anti-terrorist operations zone.

On the basis of the information survey and taking into consideration the possibilities of manufacturer's armory production there were suggested several marks of alloyed steel: SPS-43 alloyed steel, which is supplied by technical conditions TU 0902-005-31041642-95, 7 mm thick, containing 0,41 % of carbon, 0,46 % of manganese, 1,32 % of silicon, 0,98 % of chromium, 1,01 % of nickel, 0,38 % of molybdenum, 0,011 % of phosphorus, 0,007 % of sulfur, and steel 35H4X2ГA with carbon content – 0,35 %, nickel – 3,90 %, chromium – 2,00 %, manganese – 0,35 %, silicon – 0,07 % phosphorus – 0,025 %, sulfur – 0,020 %.

The vehicle construction strength calculations were carried out. The necessary intents and calculations were performed.

SolidWorks CAD-system was used for the graphic works' performance (armory sheets scheme).

The specialists of scientific and production enterprise "Praktika" did the armory of military vehicle KraZ for the State Border Service of Ukraine. The preparation was performed on the whole complex: the armoring of hood, cab, body, fuel tanks, brake system, and the protection of body bottom from the mines. The 4th class protection armored KraZ was equipped with loop-holes and bulletproof window glass and then passed to the border guards.

Keywords: *protective armor, armored vehicle, SolidWorks CAD-system.*