

УДК [355.587:623.438.3].001.8

И. Б. ЧЕПКОВ,
доктор технических наук,

М. Г. БУГЕРА,
адъюнкт

(Центральный научно-исследовательский
институт вооружения и военной техники
Вооруженных Сил Украины)

Методика построения конструктивной функциональной структуры защитных устройств динамического типа

Представлена конструктивная функциональная структура защитных устройств динамического типа. Проанализированы состояние и тенденции развития защитных устройств ведущих стран мира с помощью патентов. Приведены основные функции элементов для обеспечения защищенности объекта бронированного типа.

Наведено конструктивну функціональну структуру захисних пристроїв динамічного типу. Проаналізовано стан і тенденції розвитку захисних пристроїв провідних країн світу за допомогою патентної інформації. Дано основні функції елементів для забезпечення захищеності об'єкта броньованого типу.

Одним из перспективных направлений дальнейшего совершенствования защищенности военной техники является создание защитных устройств динамического типа (ЗУДТ). ЗУДТ наиболее оптимально дополняет основную защиту, поскольку взаимодействует с нападающими противотанковыми средствами на броне бронированных боевых машин (ББМ) [4]. Современные образцы ЗУДТ как взрывного, так и невзрывного действия с использованием энергетического материала (заряда взрывчатого вещества (ВВ)) имеют ряд недостатков, основными из которых являются [3]:

наличие ослабленных зон в периферийной части ЗУДТ, противоккумулятивная и противоснарядная стойкость которых уменьшается по сравнению с центральной частью до 25 %;

наличие относительно большого количества зарядов ВВ ЗУДТ;

резкое (на 60...80%) снижение эффективности действия при небольших углах встречи (от 0 до 45°).

Существенно повысить эффективность ЗУДТ путем их дальнейшего совершенствования можно различными способами. Прежде всего, это выбор рациональных параметров элементов (форма элемента, блока, детали, тип ВВ, размеры и т. д.), применение в конструктивных схемах ЗУДТ формирующихся взрывом поражающих элементов, неметаллических материалов, готовых поражающих элементов.

Для повышения защиты объектов бронированного типа необходимо решить ряд частных задач, одна из них: углубленное изучение конструкции ЗУДТ, результат которого даст возможность спрогнозировать дальнейшее развитие средств защиты ББМ.

Изучение структуры ЗУДТ возможно с помощью построения конструктивной функциональной структуры (КФС), которая состоит из элементов и функций ЗУДТ.

Исходя из этого, научным заданием является проведение анализа функций ЗУДТ, суть которого заключается в иерархическом конструктивном разделении ЗУДТ на функциональные элементы (ФЭ), описание их функций и построение функциональной структуры (ФС) ЗУДТ.

Каждое ЗУДТ можно представить как сложную систему, имеющую иерархическую соподчиненность. Описания иерархической соподчиненности характеризуются двумя свойствами [1]:

каждое последующее описание является более детальным и более полно характеризует ЗУДТ по сравнению с предыдущим;

каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Иерархическую соподчиненность ЗУДТ описывают рядом свойств: потребность или функция ЗУДТ; техническая функция (ТФ); функциональная структура; физический принцип действия (ФПД); техническое решение (ТР); проект (на рис. 1).



Рис. 1. Свойства защитных устройств динамического типа

Рассмотрим более детально описания свойств ЗУДТ. Описание потребности сводится к обеспечению защищенности объекта бронетанковой техники (военной техники) от средств поражения, формализовано его можно представить в виде трех компонентов (табл. 1):

$$P = (D, G, H) , \quad (1)$$

где D – указание действия, производимого ЗУДТ и приводящего к желаемому результату (к реализации) интересующей потребности; G – указание объекта, на который направлено действие D ; H – указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие D .

Для описания ТФ ЗУДТ необходимо проанализировать информацию относительно:

потребности, которую может удовлетворить ЗУДТ;
физической операции, с помощью которой реализуется потребность:

$$F = (P, Q) , \quad (2)$$

где P – удовлетворяемая потребность (обеспечение защищенности объекта военной техники), описываемая формулой (1), Q – физическая операция.

Описание физической операции (ФО) формализовано можно представить тремя компонентами:

$$Q = (A_T, E, C_T) \text{ или } Q = (A_T \rightarrow E \rightarrow C_T) , \quad (3)$$

где A_T, C_T – соответственно входной и выходной поток (фактор) вещества, энергии или сигналов; E – операция по превращению A_T в C_T ; знак « \rightarrow » указывает на преобразование начального состояния (входной поток) A_T в конечный результат C_T (выходной поток). Описание ФО отвечает на вопросы «что» (A_T), «как» (E), «во что» (C_T) преобразуется с помощью описываемого ЗУДТ (табл. 2).

Проведенный анализ патентной информации [6–40] показал, что все существующие типы ЗУДТ состоят из нескольких элементов (агрегатов, блоков, узлов, деталей и т. д.) и могут быть разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный объект ЗУДТ выполняет определенную функцию и реализует определенную ФО. Таким образом, между элементами ЗУДТ существуют два вида связей и, соответственно, два вида структурной организации. Элементы ЗУДТ, которые имеют определенные функциональные связи друг с другом, и составляют КФС.

Построение КФС начинается с выбора вершины структуры, в нашем случае – ЗУДТ. Второй ряд (по

Таблица 1. Потребности защитных устройств динамического типа

Наименование технического объекта	Компоненты		
	D	G	H
ЗУДТ	воздействие поражающего элемента ЗУДТ	снаряд, средство поражения	не разрушить броневую преграду (снижение разрушений)

Таблица 2. Описание физической операции защитных устройств динамического типа

Наименование технического объекта	Компоненты		
	A_T	E	C_T
ЗУДТ	ВВ	преобразование энергии (взрыв ВВ)	воздействие поражающего элемента ЗУДТ, направленного на средство поражение

горизонтали) состоит из вершин-объектов окружающей среды (ОС), а третий ряд заполнен вершинами, которые отвечают элементам ЗУДТ. После этого строим направленные ребра графа КФС, которые соответствуют функциям элементов ЗУДТ. КФС позволяет получить более наглядное и цельное представление о ЗУДТ с функциональной точки зрения.

Под свойством ФПД понимаем ориентированный граф, вершины которого являются наименованием физических объектов (обеспечивают преобразование входного/выходного потока), а ребра графа являются входными потоками вещества, энергии или сигналов и выходными потоками вещества. ФПД ЗУДТ представляются принципиальной схемой описываемого объекта ЗУДТ, в которой в упрощенной идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, которые обеспечивают реализацию ФПД, и указаны направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты. Построение такой схемы облегчает последующую разработку (конструирование) технического решения.

Техническое решение представляет собой конструктивное оформление ФПД или ФС. При описании ТР ЗУДТ используются группы (часть) признаков с любой степенью детализации:

перечень основных элементов ЗУДТ (техническая система, деталь, узел, блок, агрегат и т. п.);

взаимное расположение элементов ЗУДТ в пространстве;

способы и средства соединения и связи элементов ЗУДТ между собой;

последовательность взаимодействия элементов ЗУДТ во времени;

особенности конструктивного исполнения элементов ЗУДТ (материал, форма);

принципиально важные соотношения параметров для ЗУДТ в целом или отдельных элементов.

Поскольку во всех патентах на устройства дается описание ТР прототипа и нового решения, то для описания ЗУДТ предлагается использовать способы описания ТР, которые хорошо разработаны и изложены в патентной информации [6–40].

Проведенный анализ патентной информации [6–40] ведущих стран мира (США, Израиль, Украина, Швейцария, Россия), которые занимаются разработкой и производством ЗУДТ, показал, что при прогнозировании ТР ЗУДТ применяют разнообразные по существу идеи, которые могут быть классифицированы по таким признакам [2]:

функциональному назначению объекта ЗУДТ (ЗУДТ для танка и других ББМ);

конструкции объекта ЗУДТ (ЗУДТ с солнечной батареей, с электродетонатором ВВ, без ВВ и т. д.);

технологии изготовления объекта ЗУДТ;

принципу действия (используют/не используют энергию взрыва);

форме объекта ЗУДТ (ЗУДТ с/без крышки, ячейки, полости и т. д.);

материалу корпуса ЗУДТ (стеклотекстильный корпус, разные дополнительные покрытия и т. д.);

внешнему виду и оформлению (коробки, блоки и т. д.).

Таким образом, решая ряд частных задач, одна из которых – углубленное изучение конструкции ЗУДТ, получаем возможность спрогнозировать дальнейшее развитие ЗУДТ. При таком изучении структуры ЗУДТ возможно определить и уточнить задачи (каждого элемента):

1) какие функции выполняет каждый элемент ЗУДТ и какие элементы связаны между собой;

2) какие ФО (преобразования) выполняет каждый элемент ЗУДТ и как они взаимосвязаны между собой;

3) на основе каких физико-технических эффектов работает каждый элемент ЗУДТ и как они взаимодействуют между собой.

Построение КФС ЗУДТ основывается на законе соответствия между функцией и структурой. В правильно спроектированном ЗУДТ каждый элемент (от сложного узла до простой детали) и каждый конструктивный признак имеют вполне определенную функцию (назначение) по обеспечению работы ЗУДТ. И если лишить данный ЗУДТ какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять свои функции), либо ухудшит показатели своей работы [1]. Таким образом, каждый элемент ЗУДТ или его конструктивный признак имеют хотя бы одно назначение по обеспечению реализации функции ЗУДТ. Совокупность всех соответствий в ЗУДТ представляет собой ФС в виде ориентированного графа, который отражает системную целостность ЗУДТ и соответствие между его функцией и конструкцией.

В основу анализа функций ЗУДТ и построения КФС положен принцип выделения и рассмотрения структур с двухуровневой иерархией. Использовать многоуровневые структуры для построения КФС не рационально из-за сложности анализа и последующего синтеза технического объекта. При двухуровневой иерархии рассматриваемый ЗУДТ представляет собой верхний уровень, а выделенные ФЭ – нижний. Анализ и синтез двухуровневой структуры ЗУДТ предусматривает последовательное выделение и рассмотрение технического объекта путем перехода по горизонтали или вертикали от одной структуры к другой [1].

Среди всех выделенных элементов ЗУДТ особое внимание уделяем главным элементам (первичным, исходным, функциональным), которые можно выделить у большинства образцов ЗУДТ. К таким элементам будем относить рабочие органы и другие элементы, которые непосредственно взаимодействуют с предметом обработки G (формула (1)) и другими объектами окружающей среды (ОС). При выделении главных элементов и соответствующих им объектов ОС рекомендуется учитывать следующие свойства [1]:

функция главных элементов, как правило, совпадает с функцией ЗУДТ или в решающей мере зависит от функции ЗУДТ;

объекты ОС для главных элементов, как правило, совпадают с объектами, на которые направлено действие ЗУДТ.

Одновременно с разделением ЗУДТ на элементы выделяют объекты ОС ЗУДТ, с которыми рассматриваемое

Таблиця 3. Аналіз функцій захисних пристроїв динамічного типу. Функція захисних пристроїв динамічного типу – забезпечення захищеності об'єкта бронірованого типу

Елемент		Функції елементів	
Позначення	Найменування	Позначення	Опис
E V_1 V_2 V_3	Захисний пристрій динамічного типу Засіб ураження Броня Зовнішнє середовище	F	забезпечення захищеності об'єкта типу
E_0	Бронепластина	F^I_0	вплив на уражаючий засіб (V_1)
	Металева (захисна) пластина	F^{II}_0	захист (E_9) від (V_1) та (V_3)
E_1	Корпус Склотекстолітний корпус	F_1	розміщення ВР (E_9)
E_2	Пластини	F_2	зберігання ВР (E_9)
E_3	Плита	F_3	завдання удару по снаряду (V_1)
E_4	Перегородка	F^I_4	для підвищення тиску на фронті ударної хвилі між (E_0)
		F^{II}_4	непередбачена детонація (E_9) з сусіднім зарядом
E_5	Металевий каркас	F_5	для розміщення (E_1) на (V_2)
E_6	Накладка Прокладка (пінопласт)	F_6	не проводить струм від (електроенергії) (E_{20}) до (E_{15})
E_7	Стільникові осередки	F_7	локалізація (E_9) з метою недопущення спрацювання всієї ВР (E_{10})
E_8	Кришка (вологостійка) Фальшкришка	F_8	забезпечення з'єднання та розміщення (E_9), яка розміщена в (E_5), та герметизація
E_9	Вибухова речовина (ВР) Енергетичний матеріал Реактивний матеріал	F_9	для створення енергії, необхідної для впливу на (E_0) та придання кінетичної енергії (E_0)
E_{10}	Наповнювач ВР (ЕДЗ)	F_{10}	підвищення чутливості (E_9) при впливі (V_1)
E_{11}	Флегматизатор ВР (стабілізатор) Інертний матеріал	F_{11}	збільшення необхідної енергії (E_9) для впливу (E_0)
E_{12}	Кумулятивне облицювання	F_{12}	утворення уражального елемента (E_{14}) під дією (E_9)
E_{13}	Ковпачок на ВР	F_{13}	захист торцевих (відкритих) частин (E_9)
E_{14}	Уражальний елемент	F_{14}	передача енергії, яка виділяється від (E_9) на (V_1) для його руйнування
E_{15}	Детонатор / електродетонатор	F_{15}	ініціювання ВР (E_9)
E_{16}	Демпфер Амортизуюча накладка Прокладка	F_{16}	зниження дії вибуху (E_9) на (V_2)
E_{17}	Елемент Пружний елемент	F_{17}	захист контейнера (E_1) з ВР (E_9)
E_{18}	Покриття: Лакофарбовий матеріал Термостійке покриття Пластина зі скла	F_{18}	захист (E_1) від зовнішніх впливів (V_3)
E_{19}	Герметик (між стінками корпусу та кришки)	F_{19}	забезпечення герметичності внутрішньої порожнини (E_1) в умовах (V_3)
E_{20}	Джерело струму (акумуляторна батарея, сонячна батарея)	F_{20}	передає електроенергію на (E_{15})

ЗУДТ находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на конструкцию ЗУДТ. В первую очередь к ЗУДТ относятся объекты, воспринимающие действие ЗУДТ (компонент G из формулы (1)).

Главными элементами E ЗУДТ (E_1, E_2, \dots), являются те, которые первыми непосредственно взаимодействуют с объектами V (V_1, V_2, \dots), на которые направлено действие или с которыми взаимодействует ЗУДТ при реализации своей функции. Главные элементы ЗУДТ не имеют постоянной обобщенной функции, поскольку функция главных элементов или совпадает с функцией ЗУДТ, или значительно зависит от функции ЗУДТ.

При описании функций элементов целесообразно в скобках дублировать обозначение объектов ОС V и других элементов E , которые участвуют в описании функции. Сами функции обозначают буквами F_0, F_1, F_2, \dots (индексы соответствуют обозначениям элементов). Если ЗУДТ многофункциональное, то его функции обозначают через F^I_0, F^I_0, \dots в порядке снижения важности.

Если имеется несколько одинаковых элементов, то рассматривается только один элемент. Любой ФЭ можно рассматривать как самостоятельную техническую систему ЗУДТ и разделять на ФЭ.

Результаты разделения ЗУДТ на элементы и описание их функций оформляем в одной таблице, где при описании каждой функции (точнее, ее компонента G (формула (1)) в скобках приводят обозначения объектов и элементов, на которые направлено действие рассматриваемого элемента. В начале таблицы дополнительно указывают обозначение и наименование объектов V . Поскольку результаты разделения ЗУДТ на элементы и функции элементов оформляют в одной таблице, то их целесообразно выполнять одновременно (табл. 3).

Объекты ОС ЗУДТ для главных элементов: V_1 – средство поражения, V_2 – броня и V_3 – окружающая среда (пули стрелкового оружия, осколки осколочно-фугасных боеприпасов, кинетического и механического воздействия).

Следует заметить, что компонент G формулы (1) в описании функции F , как правило, совпадает с объектами V . Эту взаимосвязь будем использовать для взаимного контроля правильности описания G и V .

Разделение ЗУДТ ведется до неделимых элементов или прекращается на более высоких уровнях иерархии в зависимости от поставленной задачи.

Любая функция и, соответственно, ФС могут иметь множество структур (конструкций), реализующих эту функцию. И, наоборот, у многих ЗУДТ и их элементов могут быть выбраны такие структуры, которые будут выполнять более одной функции.

После проведения анализа функций ЗУДТ переходим к построению КФС. КФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов ЗУДТ и объектов V ОС, а ребрами – функция элементов F (рис. 2).

При построении графа в верхнем горизонтальном ряду располагаем вершины – главные элементы (функциональные), которые больше всего взаимодействуют с объектами V ; ниже, во втором ряду вершины – элементы, которые меньше или совсем не взаимодействуют с объектами V , и так далее до самого нижнего уровня функционального разделения ЗУДТ. Выше элементов первого уровня в горизонтальном ряду располагаем вершины – объекты V ; еще выше в прямоугольной рамке даем наименование рассматриваемого ЗУДТ, которое становится вершиной нашего графа. Всем вершинам присваиваем обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих ФЭ и объектов V (из табл. 3, рис. 2).

Ребра графа (рис. 2) являются функциями элементов F . Ребра выходят из вершин-элементов, функции которых они описывают, и заканчиваются в вершинах-элементах, работу которых они обеспечивают, или в вершинах – объектах V , с которыми взаимодействуют вершины-элементы, являющиеся началом ребра. Вершины-элементы, в которых заканчиваются ребра-функции, легко определить из описания функции, точнее из описания ее компонента G из выражения (1). Для этого в табл. 3 результатов анализа функций ЗУДТ при описании G специально выделяем в скобках обозначения этих элементов. Если элемент имеет несколько функций, например F^I_0, F^I_0 и F^I_4, F^I_4 , то из соответствующих вершин E_0 и E_4 будут выходить два ребра-функции. Всем ребрам на графе присваивают обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих функций элементов.

ФЭ первого уровня взаимодействуют с объектами ОС V_1, V_2, V_3 и одновременно могут держать связь с элементами нижнего уровня. ФЭ второго уровня взаимодействуют с элементами первого уровня, но не взаимодействуют с объектами ОС.

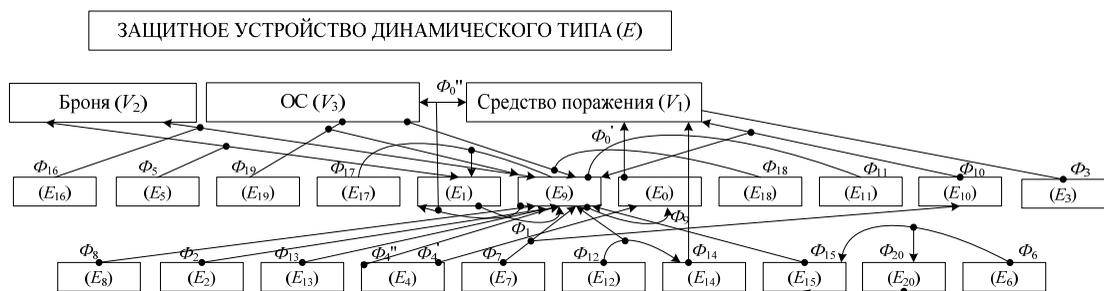


Рис. 2. Функциональная структура защитных устройств динамического типа

От главных элементов обычно начинаются цепочки взаимосвязанных с ними обеспечивающих элементов, т. е. главные элементы (например, элемент E_9 на рис. 2) являются как бы ядром, вокруг которого в функциональном смысле группируются (организуются) остальные элементы ЗУДТ.

Таким образом, анализ КФС разрабатываемых ЗУДТ проводится в целях поиска более эффективных конструкторско-технологических решений. Методика построения КФС ЗУДТ и поиска эффективных конструкторско-технологических решений по ЗУДТ не что иное, как (рис. 3):

1. Оценка функциональной ценности каждого элемента ЗУДТ (узла или детали) с точки зрения его исключения и передачи его функции другому элементу.
2. Выделение в ФС комплекса функций в целях их реализации одним автономным техническим средством ЗУДТ.
3. Оценка целесообразности изменения потоковой ФС и выбора более рациональной последовательности ФЭ ЗУДТ.
4. Оценка целесообразности разделения функций элементов, выполняющих две и более функций.

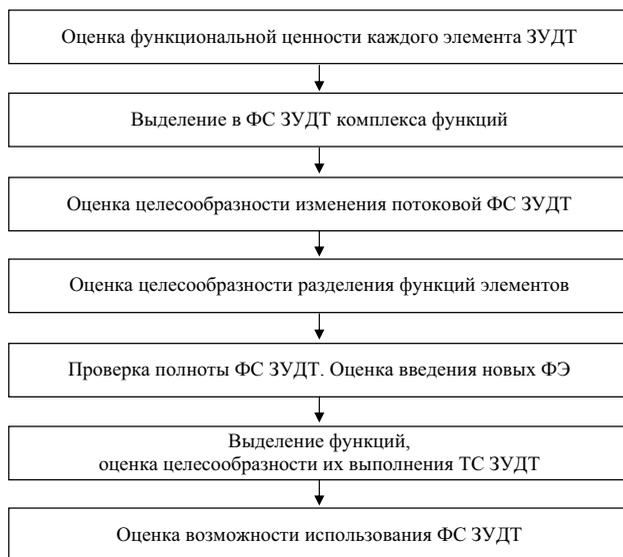


Рис. 3. Методика поиска эффективных конструкторско-технологических решений ЗУДТ

5. Проверка полноты ФС в соответствии с закономерностью функционального строения данного класса ЗУДТ. Оценка целесообразности введения новых ФЭ.
6. Выделение функций, выполняемых человеком, и оценка возможности и целесообразности их выполнения техническими средствами.
7. Оценка возможности использования ФС ЗУДТ, выполняющих близкие и аналогичные функции и имеющих опережающие темпы развития по сравнению с разрабатываемым классом ЗУДТ.

Вывод. В настоящей работе построена КФС ЗУДТ, которая позволяет получить более наглядное и цельное представление о ЗУДТ с функциональной точки зрения, предназначенной для повышения защищенности ББМ. Предложена методика построения КФС ЗУДТ. Сформулированы основные конструктивные признаки (элементы) ЗУДТ и их ФЭ. Данная работа может послужить основой для создания методологии исследования ЗУДТ и выбора адекватных методов анализа и прогнозирования их развития с функциональной и физической точек зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Половинкин, А. И.* Основы инженерного творчества [Текст] : учеб. пособ. для студентов вузов / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. *Половинкин, А. И.* Автоматизация поискового конструирования [Текст] / А. И. Половинкин. – М. : Радио и связь, 1981. – 344 с.
3. *Чепков, И. Б.* Основные направления и проблемы совершенствования взрывных защитных устройств [Текст] / И. Б. Чепков, С. В. Лапицкий // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2005. – № 2. – С. 30–36.
4. *Чепков, И. Б.* Классификация защитных устройств динамического типа [Текст] / И. Б. Чепков // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004. – № 3. – С. 24–28.
5. *Патент UA41788.* Пристрій для захисту перешкоди від надшвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 17.09.2001.
6. *Патент UA22154.* Пристрій для захисту перепони від снарядів [Текст] / С. Бодров. – Пуб. 30.04.1998.
7. *Патент UA48916.* Пристрій для захисту перешкоди від надшвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 15.08.2002.
8. *Патент UA72781.* Пристрій для захисту перешкоди від високошвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 15.11.2002.
9. *Патент RU2060438.* Устройство для защиты от высокоскоростных средств поражений [Текст]. – Пуб. 20.05.1993.
10. *Патент RU2064650.* Устройство для защиты препятствий от снарядов [Текст]. – Пуб. 27.07.1996.
11. *Патент RU2064154.* Броневая защита [Текст]. – Пуб. 20.07.1996.
12. *Патент RU2079091.* Элемент динамической защиты от кумулятивных боеприпасов [Текст]. – Пуб. 10.05.1997.
13. *Патент RU2284003.* Динамическая защита [Текст]. – Пуб. 20.09.2006.
14. *Патент RU2284004.* Динамическая защита [Текст]. – Пуб. 20.09.2006/.
15. *Патент RU2397429.* Броневая защита танка [Текст]. – Пуб. 20.08.2010/.
16. *Патент RU2482428.* Динамическая защита Голодяева [Текст]. – Пуб. 20.05.2013.

17. Патент RU2514965. Бронированный объект с динамической защитой и электрооборудованием [Текст]. – Пуб. 10.05.2014.
18. Pat. US3592148. Explosive armor [Text] / J. Manis. – Publ. 13.07.1971.
19. Pat. US4368660. Protective arrangement against projectiles, particularly hollow explosive charge projectiles [Text] / M. Held. – Publ. 18.01.1983.
20. Pat. US4665794. Armor and a method of manufacturing it [Text] / U. Gerber. – Publ. 19.05.1987.
21. Pat. US5070764. Combined reactive and passive armor [Text] / H. Shevach. – Publ. 10.12.1991.
22. Pat. US5370034. Reactive armor system with improved flyplates [Text] / J. Turner. – Publ. 06.12.1994.
23. Pat. US5577432. Protective device having a reactive armor [Text] / W. Becker. – Publ. 26.11.1996.
24. Pat. US5637824. Reactive armour effective against normal and skew attack [Text] / M. Benyami. – Publ. 10.06.1997.
25. Pat. US5739458. Protection devices for a vehicle or structure and method [Text] / P. Girard. – Publ. 14.04.1998.
26. Pat. US6345563. Reactive pill armor [Text] / M. Middione. – Publ. 12.02.2002.
27. Pat. US6962102. Armour constructions [Text] / C. Johnston. – Publ. 08.11.2005.
28. Pat. US7322267. Enhanced weight armor system with reactive properties [Text] / D. Munson. – Publ. 29.01.2008.
29. Pat. US8037804. Dynamic armor [Text] / G. Wahlquist. – Publ. 18.10.2011.
30. Pat. US2004/0050239. Explosive matrix for a reactive armor element [Text] / M. Benyami. – Publ. 18.03.2004.
31. Pat. US2006/0086243. Explosive reactive armor with momentum transfer mechanism [Text] / Y. Seo. – Publ. 27.04.2006.
32. Pat. US2010/0300275. Apparatus for providing protection from ballistic rounds projectiles, fragment and explosive [Text] / D. Warren. – Publ. 02.12.2010.
33. Pat. US2011/0247481. Dynamically stressed armor [Text] / G. Simovich. – Publ. 13.10.2011.
34. Pat. US2012/0132064. Armor having prismatic, tessellated core [Text] / D. Hunn. – Publ. 31.05.2012.
35. Pat. US9207046 B1. Reactive armor system and method [Text] / D. Warren. – Publ. 08.12.2015.
36. Pat. CH691408 A5 Schutzvorrichtung mit einer reaktiven Panzerung [Text] / W. Becker. – Publ. 13.07.2001.
37. Pat. IL110736. Reactive protection device against projectiles [Text] / S. Bodrov. – Publ. 15.06.1998.
38. Pat. IL88985. Reactive armour effective against normal and attack [Text]. – Publ. 30.03.1995.
39. Pat. IL70914. Element for an add-on reactive armor for land vehicles [Text] / E. Ratner, J. Erlich. – Publ. 31.08.1988.
40. Патент EA0066720. – Устройство высокочувствительной взрывной реактивной защиты [Текст]. – Пуб. 24.02.2006.

Рецензент С. В. Лапицкий, д-р техн. наук, проф.
(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины)