

ББК Ц 90

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОСЛЕ ПОРАЖАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

© 2010 Н. Н. Кузьмин, В. В. Ильин

Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

Рассматриваются принципы построения, структура и основные решаемые задачи системы экспресс-оценки технического состояния взрывоопасных объектов военной техники после поражающих воздействий противника. Предлагаемая инструментальная система оперативной диагностики повышает эффективность режима технического обслуживания вооружения и может стать дополнительным элементом безопасности при обращении с химически, взрыво- и пожароопасными изделиями.

*Инструментальная система, взрывоопасный объект, осколочное воздействие, оценка технического состояния, оперативная диагностика.*

Задача оценки состояния объектов военной техники (ОВТ), подвергшихся поражающим воздействиям, имеет важное значение. Существует вероятность различных нерегламентированных, в том числе и пулесколочных, воздействий на ядерные, химически, взрыво- и пожароопасные объекты. После таких воздействий главной задачей является определение факта повреждения опасных частей ОВТ (боевые части, ракетные двигатели, топливные баки и т.д.) для принятия дальнейших мер, направленных на исключение аварийного взрыва (срабатывания). Кроме того, при ведении боевых действий успех решения задач технического обеспечения войск при поражающих воздействиях противника будет зависеть от возможностей в минимальные сроки организовать диагностику повреждённых ОВТ и восстановительный ремонт. В этой связи методы инструментального диагностирования повреждённых ОВТ (изделий), обеспечивающие минимизацию времени, необходимого для проведения их восстановительного ремонта, приобретают первостепенное значение.

Главной задачей инструментальной системы экспресс-оценки ОВТ (в дальнейшем система), подвергшихся повреждающим воздействиям, является первичная оценка принадлежности ОВТ к одному из установленных состояний (категорирование), определяющих

дальнейший порядок и очерёдность работ с ними.

Если для оценки воздействия на ОВТ ударной волны и пожаров используются достаточно разработанные и простые датчики температур, давлений и перегрузок, то для оценки осколочного воздействия необходима более сложная инструментальная система.

При применении технических средств для выявления повреждённых ОВТ необходимо учитывать ограничения, обусловленные требованиями безопасности. К основным из них следует отнести запрет на размещение в составе взрывоопасных ОВТ (например, управляемые авиационные ракеты) постоянно действующего источника тока, а также электрических элементов, находящихся под напряжением. Указанные ограничения не позволяют размещать систему и её компоненты в составе конструкции ОВТ. Поэтому единственным способом технической реализации рассматриваемой системы является её расположение на некотором безопасном удалении от изделия (например, в средстве его хранения или транспортировки) с обеспечением полного исключения электрических взаимодействий. Поскольку при таком решении непосредственный контроль работоспособности изделия в процессе его технической диагностики невозможен, то главным методом оценки его состояния является вероятностный подход к определению фактов повреждений по

данным регистрации параметров поражающих элементов (ПЭ). Имеющиеся в настоящее время способы расчета параметров поражающих осколков по измеренным значениям их скоростей и площадей пробоев позволяют оценивать их поражающую способность (пробивное действие), необходимую для вероятностной оценки повреждений изделия и делают возможной техническую реализацию рассматриваемой системы.

Методика определения вероятности пробития поражающим элементом (ПЭ) корпуса изделия заданной толщины использует случайные величины массы осколка и его коэффициента формы по результатам измерения параметров осколочного воздействия: измеренных датчиками системы значений площади пробития  $S_{пр}$  и скорости ПЭ  $V_0$ . Она основана на численных методах вычисления вероятности и опирается на положения теории пластических деформаций, согласно которой удельная энергия деформации преграды  $E_1$  определяется только прочностными характеристиками материала преграды, а её пробитие главным образом зависит от кинетической энергии ПЭ массой  $q_0$  и отношения толщины преграды  $h$  к характерному размеру осколка [1]:

$$E_1 = \frac{E}{V} = const,$$

где  $E$  – энергия, затраченная на деформацию материала преграды,  $V$  – объём деформированного материала, т.е. выбитой пробки.

Условие пробития преграды будет определяться соотношением

$$E_h = \frac{q_0 V_0^2}{2 S_{пр} h} \geq E_1.$$

Таким образом, встроенная в тару или грузовой отсек транспортного средства

система датчиков повреждающих воздействий: осколков, высокой температуры (пожар), перегрузок (удар), влажности, радиации и т.д., в минимальное время с высокой вероятностью определит место и характер повреждения и поможет принять решение о виде необходимого ремонта.

В качестве примера на рис. 1 в общем виде представлен один из возможных вариантов инструментальной системы оперативной диагностики ОВТ после пулеосколочных воздействий. Указанная система включает в себя три принципиально необходимых блока.

Блок датчиков, расположенный на безопасном удалении и жёстко зафиксированный относительно корпуса ОВТ, состоит из двух экранов-датчиков координат, площадей пробоев и времени прохождения поражающего элемента между экранами.

Блок измерителя предназначен для определения массы, скорости и траектории полета поражающего элемента по данным, поступающим с блока датчиков.

Блок обработки данных и принятия решений обрабатывает поступающую с блока измерителя информацию о параметрах осколочных воздействий с помощью специального алгоритма, позволяющего определить для каждого типа ОВТ вероятности поражения его составных частей. Кроме того, по значениям полученных вероятностей поражения ОВТ блок выдает заключение о принадлежности ОВТ к одному из установленных состояний.

Источник питания обеспечивает автономную работу системы в период её функционирования.

В основу работы блока датчиков могут быть положены следующие физические принципы измерения направления полёта, скорости и массы поражающего элемента, приведённые применительно к показанной на рис. 2 возможной схеме размещения блока датчиков относительно ОВТ.

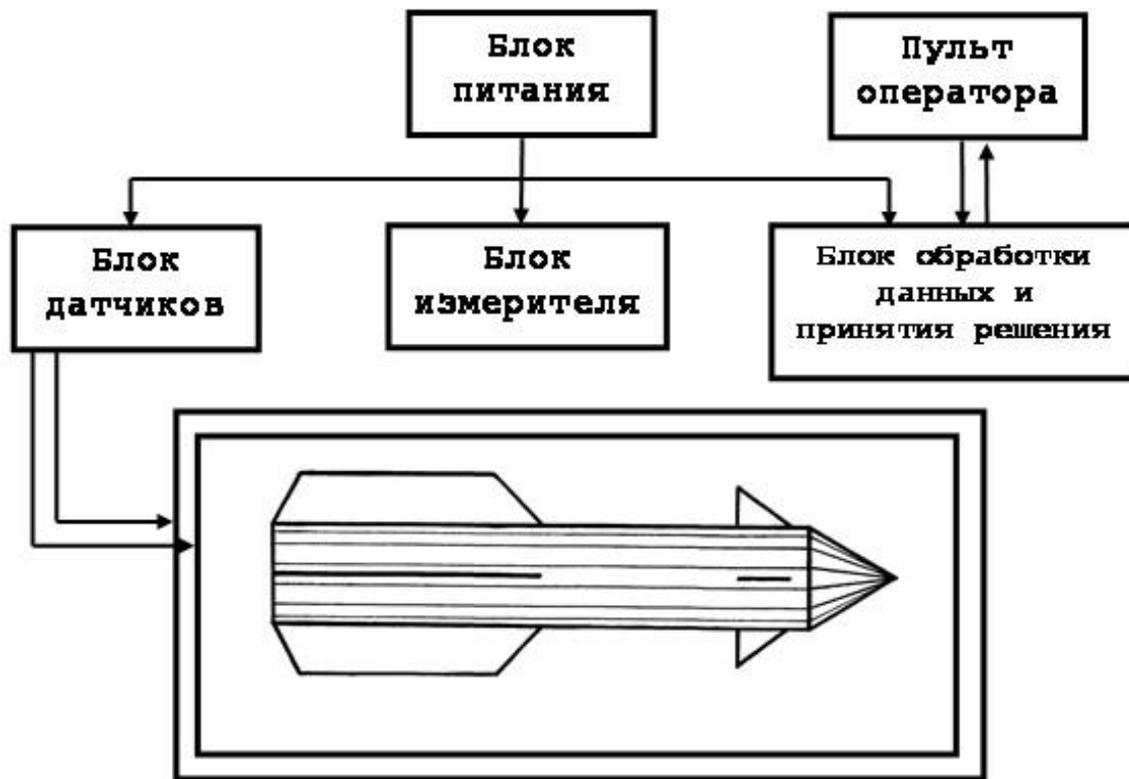


Рис. 1. Вариант инструментальной системы оперативной диагностики ОВТ после пулеосколочных воздействий

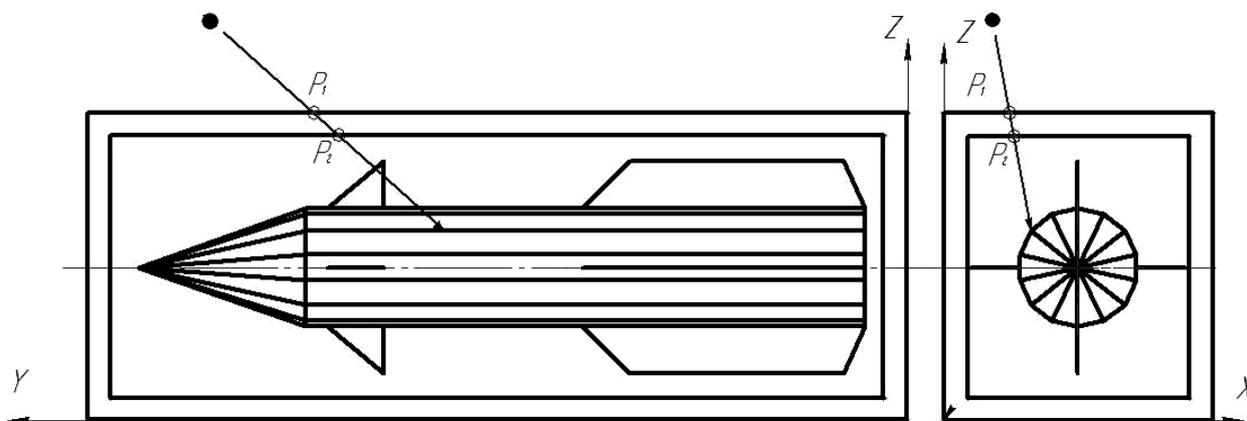


Рис. 2. Представление траектории осколка в виде луча, пересекающего экраны-датчики системы и грани-поверхности ОВТ

Для определения скорости ПЭ, его массы, а также направления траектории полёта необходимо зафиксировать во времени события, связанные с пробитием осколком (пулей) двух поверхностей, заданных в связанной с изделием базовой системе координат  $(O X Y Z)$ . Определяется направление траектории полёта поражающего элемента по координатам «центров масс»  $P_1$  и  $P_2$  двух оставленных им на поверхностях датчиков пробоин:

$$\frac{x - x_{P_1}}{x_{P_2} - x_{P_1}} = \frac{y - y_{P_1}}{y_{P_2} - y_{P_1}} = \frac{z - z_{P_1}}{z_{P_2} - z_{P_1}}.$$

Расстояние между точками  $P_1$  и  $P_2$ :

$$d = \sqrt{(x_{P_2} - x_{P_1})^2 + (y_{P_2} - y_{P_1})^2 + (z_{P_2} - z_{P_1})^2}.$$

Отсюда, если промежуток времени, затрачиваемый осколком на преодоление расстояния  $d$ , равен  $\Delta t = t_2 - t_1$ , где  $t_1$  и  $t_2$  соответственно время пробития первой и второй поверхности, то скорость осколка равна

$$V = d / \Delta t .$$

Масса осколка находится из следующей зависимости [1, 2]:

$$q = \sqrt{\frac{S_m^3 \cdot \rho_o^2}{K_\phi^3}},$$

где  $q$ , г – масса ПЭ;  $S_m$ , см<sup>2</sup> – средняя площадь мишени ПЭ;  $\rho_o$ , г/см<sup>3</sup> – плотность материала ПЭ;  $K_\phi$  – коэффициент формы ПЭ.

Основной проблемой при создании приведённой на рис. 1 инструментальной системы оперативной диагностики ОВТ является разработка математической модели и алгоритма вероятностной оценки повреждений составных частей ОВТ по данным регистрации параметров пулеосколочных воздействий и принятие по ним заключения о принадлежности ОВТ в целом к одной из установленных категорий. Проведённые предварительные расчеты и численные эксперименты [3] показали, что предложенные в системе методика и алгоритм оценки состояния ОВТ позволяют формализовать процесс распознавания технического состояния изделия в целом после поражающих воздействий, исключить субъективизм и в 1,4...7,6 раз сократить время принятия объективного решения о техническом состоянии изделий. Алгоритм позволяет с вероятностью 0.8 правильно распознавать техническое состояние ОВТ после осколочных воздействий.

Наличие инструментальной системы экспресс-оценки, встроенной в тару ОВТ, повышает значение последней во всей системе эксплуатации. Речь можно вести о новом понятии, так называемой «интеллектуальной таре», служащей не только как средство хранения, но и как средство первичной диагностики и сигнализации об опасном состоянии взрывопожароопасного изделия. Требования к качеству изготовления и материала подобной тары повышаются, что улучшит условия хранения основного изделия. Систему датчиков при соответствующей доработке можно использовать и в качестве дополнительной пожарной и охранной сигнализации.

Размещение инструментальной системы в средстве хранения

(транспортировки) (отдельно от ОВТ) целесообразно и по причине многократного его использования, поскольку достаточно ввести в вычислитель системы математический образ нового изделия. Кроме того, система датчиков при эксплуатации ОВТ в мирное время предупредит об испытанной изделием ударной или тепловой нагрузке, например, несанкционированном падении с высоты при погрузочно-разгрузочных работах или транспортировке, что особенно важно для изделий, опасных в обращении. Возможна установка подобной системы на объектах больших объёмов: крупногабаритных контейнерах, железнодорожных вагонах, складских помещениях, хранилищах, в которых хранятся или перевозятся ОВТ. При авариях и взрывах на складах боеприпасов рационально установленная система датчиков, информация с которых выводится на центральный пункт наблюдения и обрабатывается вычислителем, предупредит о масштабах и характере последствий взрывов, что значительно уменьшит вероятность людских потерь. Целесообразность установки такой системы определяется в каждом конкретном случае, исходя из её стоимости и важности решаемых задач.

Существующий последовательный характер процесса первичного категорирования подвергнутого удару ОВТ имеет длительный, трудоёмкий и неэффективный характер, построен на оценке её состояния по косвенным признакам повреждений, выявленных при внешнем осмотре. Наличие инструментальной системы экспресс-оценки позволит автоматизировать, и сократить до минимума время первичного определения технического состояния повреждённых ОВТ, обеспечить безопасность и повысить эффективность режима технического обслуживания военной техники при ведении боевых действий.

Таким образом, в системе эксплуатации вооружения и военной техники предлагаемая система может быть и элементом безопасности при обращении с химически, взрыво- и пожароопасными объектами.

## Библиографический список

1. Дорофеев, А. Н. Авиационные боеприпасы [Текст] / А. Н. Дорофеев, А. П. Морозов, Р. С. Саркисян. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1978. – 445 с.
2. Ильин, В. В. Взрывные процессы при хранении рассредоточенных групп зарядов [Текст] / В. В. Ильин, А. П. Рыбаков. – Пермь: ПВИ ВВ МВД РФ, 2007. – 147 с.
3. Кузьмин, Н. Н. Оценка эффективности распознавания технического состояния изделия после пулеосколочных воздействий системой оперативной диагностики [Текст] / Н. Н. Кузьмин, В. В. Ильин, Н. А. Рыбаков // Перспективные направления развития артиллерийского вооружения, методов его эксплуатации и ремонта. Сборник статей II межвузовской научно-практической конференции / Пермь: ПВИ ВВ МВД, 2008. – С. 34-39.

## References

1. Dorofeyev, A. N. Aircraft ammunition / A. N. Dorofeyev, A. P. Morozov, R. S. Sarkisyan. – Moscow: MAIA named after prof. N. Ye. Zhukovsky, 1978. – 445 p.
2. Ilyin, V. V. Blasting processes in storing dispersed groups of charges / V. V. Ilyin, A. P. Rybakov. – Perm: PMI IA MIA RF, 2007. – 147 p.
3. Kuzmin, N. N. Evaluating the effectiveness of identifying the technical condition of a product exposed to gunshot and shrapnel effects using the system of on-line diagnostics / N. N. Kuzmin, V. V. Ilyin, N. A. Rybakov // Perspectives of the development of artillery weapons, methods of its maintenance and operation. Collection of papers of the II interuniversity scientific-practical conference / Perm: PMI IA MIA RF, 2008. – P. 34-39.

### TOOLING SYSTEM OF EXPRESS ASSESSMENT OF EXPLOSIVE MILITARY EQUIPMENT OBJECTS AFTER HITLING EFFECTS

© 2010 N. N. Kuzmin, V. V. Ilyin

Perm Military Institute of the Ministry of Home Affairs of the Russian Federation

The paper deals with the principles of constructing, the structure and main tasks of the system of express assessment of the state of explosive military equipment objects after the enemy's hitting effects. The proposed tooling system of on-line diagnostics increases the efficiency of armament maintenance and can be used as an additional safety component when dealing with explosive products as well as products presenting chemical or fire hazard.

*Tooling system, explosive objects, shrapnel effect, technical state assessment, on-line diagnostics.*

#### Информация об авторах

**Кузьмин Николай Николаевич**, преподаватель Пермского военного института внутренних войск МВД РФ, [kuznik63@mail.ru](mailto:kuznik63@mail.ru). Область научных интересов: вооружение и военная техника.

**Ильин Вадим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Конструкция артиллерийского вооружения» Пермского военного института внутренних войск МВД РФ, [ilin.vad@inbox.ru](mailto:ilin.vad@inbox.ru). Область научных интересов: вооружение и военная техника.

**Kuzmin Nikolay Nikolayevitch**, lecturer of the Perm Military Institute of the Ministry of Home Affairs of the Russian Federation, [kuznik63@mail.ru](mailto:kuznik63@mail.ru). Area of research: armament and military equipment.

**Ilyin Vadim Vladimirovitch**, candidate of technical science, associate professor, professor of the department "Constructing artillery weapons", Perm Military Institute of the Ministry of Home Affairs of the Russian Federation, [ilin.vad@inbox.ru](mailto:ilin.vad@inbox.ru). Area of research: armament and military equipment.