

УДК 620.1:539.214.9:53.082.73

О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ АКСЕЛЕРОМЕТРИИ

© 2011 г.

М.Ю. Сотский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

mva_2805@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Экспериментальные данные для недеформируемого или малодеформируемого тела при высокоскоростном ударе до 600 м/с регистрируются в виде истории замедления (отрицательного ускорения от времени) с использованием пьезоэлектрической акселерометрии. Определяются динамические механические свойства материалов и проводится тестирование расчетных задач проникания в пластилин, грунтовые среды, мишени из алюминиевых сплавов и стали.

Ключевые слова: акселерометрия, история замедления, динамические механические свойства, высокоскоростной удар, проникание.

Технологии получения данных для определения динамических свойств материалов

Знания о поведении материалов при динамических нагрузках являются фундаментальными и их роль растет с развитием математического моделирования процессов, базирующегося на моделях поведения материалов. При проведении измерений с целью определения динамических механических свойств материалов наиболее информативными являются методы с применением датчиков, размещаемых в ударнике. На финальном этапе баллистического цикла – этапе действия по мишени – известно применение измерительных технологий в диапазоне скоростей встречи ударников с мишенью, как меньших, так и превышающих скорость звука в воздухе. В основном это кинематические методы на базе технологий высокоскоростной оптической съемки. Однако развиваются и электрические методы, в частности, на базе технологий тензометрии и акселерометрии. Совокупность методического, технологического и программного обеспечения испытаний ударников, снабженных акселерометрами, в диапазоне скоростей встречи 100 м/с и выше на этапе действия по мишени (этапе конечной или терминальной баллистики) предложено [1] обозначить термином «технологии акселерометрии конечной (терминальной) баллистики» (ТБА-технологии).

На рис. 1 представлена схема применения и место в ТБА-технологии систем непрерывной

электрической связи (НЭС-систем), обеспечивающих непрерывную регистрацию истории замедления ударников при проникании в мишень.

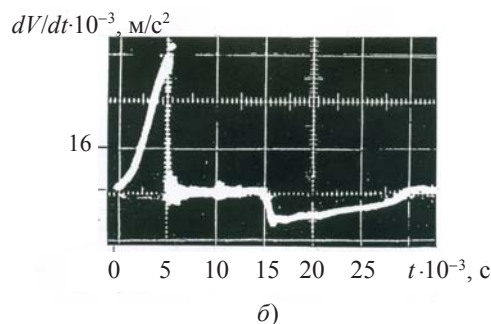
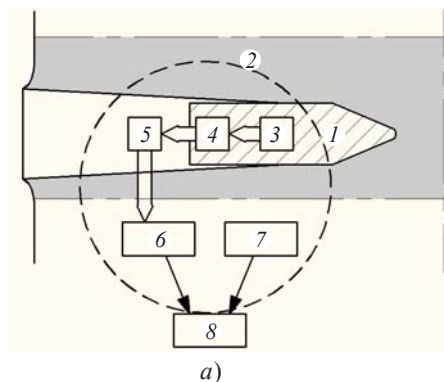


Рис. 1

Технологический комплекс для обеспечения непрерывности передачи электрического сигнала от акселерометра к регистратору на этапе терминальной баллистики (см. рис. 1а) содержит: 1 – ударник или его проникающий модуль; 2 – мишень или среда; 3 – акселерометр; 4 – узел

НЭС-системы, монтируемый на ударнике; 5 – узел НЭС-системы, монтируемый вне ударника; 6 – стационарно размещенная регистрирующая аппаратура; 7 – совокупность методического, технологического и программного обеспечения ТБА-технологии; 8 – результат измерений – история замедления модели ударника в мишени. На рис. 1б представлен частный результат непрерывной регистрации [1] истории ускорения при выстреле, на полете и истории замедления недеформируемого ударника в мишени, полученный с применением проводного варианта НЭС-системы (патент РФ №2287756, Бюл. №32, 2006 г.). Диаметр цилиндрикоконического ударника 40 мм, масса 0.59 кг, скорость встречи с мишенью 125 м/с. Мишень представляет собой контейнер с пластилином, моделирующим глинистый грунт.

Элементы схемы, обведенные на рис. 1а окружностью, – это основные узлы для реализации ТБА-технологии. Элементы схемы 4 и 5 вместе с расширенными стрелками составляют узел, рассматриваемый как система обеспечения непрерывности записи электрического сигнала от акселерометра 3 регистрирующей аппаратурой 6 (НЭС-система). Конструктивное исполнение элементов 4 и 5, вид и способ передачи сигнала от элемента 2 к элементу 6 определяют конкретный частный вариант реализации ТБА-технологии.

Сведения о проведенных исследованиях

Результаты опыта, приведенные на рис. 2а получены [2] с применением контактного варианта НЭС-системы (патент РФ №2297619, Бюл. №11, 2007 г.). На осциллограмме регистрируется электрический сигнал U , пропорциональный величине замедления ударника dV/dt , фиксируемой пьезоакселерометром. История замедления ударника отражает закономерности процесса проникания недеформируемого ударника в металлическую мишень. Диаметр цилиндрикоконического ударника 23 мм, масса 0.145 кг, скорость встречи с мишенью из алюминиевого сплава 534 м/с. Расчетные данные (проведены пунктирной линией на рис. 2б) наложены на экспериментально регистрируемую историю замедления ударника. Сплошные кривые проведены по верхней и нижней границам доверительного интервала относительно средней линии следа луча на осциллограмме и ограничивают область возможных значений замедления. В приведенных на графике данных сплошные кривые соответствуют значениям доверительной вероятности 0.95.

Получаемые в опытах истории замедления ударника являются базой для получения данных

о динамических механических свойствах материалов. Обработка и анализ результатов измерений [2] позволяет также производить тестирование расчетных задач проникания недеформируемых ударников в пластилин, грунтовые среды, сухой песок, мишени из алюминиевых сплавов и стали.

Подробные сведения о технологии акселерометрии, начальных условиях приведенных опытов и об установленных динамических механических свойствах материалов можно получить из работ [1, 2]. В проведении исследований и подготовке публикации принимали участие В.А. Велданов, В.И. Пусев и А.М. Ручко.

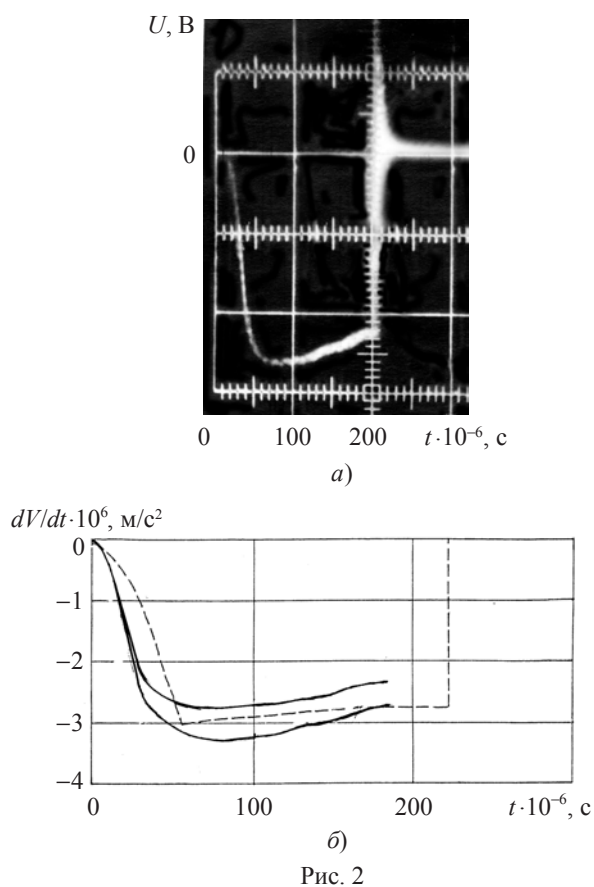


Рис. 2

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №11-08-01038-а) и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.2./2792).

Список литературы

1. Sotsky M. Ju. et al. Deceleration-time measured striker penetration tendency in qualitatively different terminal ballistics processes // Proc. 25-th Int. Symposium on Ballistics. Beijing (China). May 17–21, 2010. Vol. 2. Beijing: China Science and Technology Press. 2010. P. 1070–1077.
2. Велданов В.А. и др. Исследование динамических механических свойств алюминиевых сплавов методом акселерометрии // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2010. №2(79). С. 37–46.

**ON THE FUNDAMENTAL PROBLEMS OF STUDYING DYNAMIC MECHANICAL PROPERTIES
OF MATERIALS USING ACCELEROMETRY TECHNOLOGY**

M. Yu. Sotskii

Experimental data for rigid and quasi-rigid body during high-speed impact with the velocities of up to 600 m/s are registered as deceleration history (negative acceleration as a function of time) with help of piezoelectric accelerometry. Dynamic mechanical properties of materials are determined, and the cases of impact into soil mediums and targets of aluminum alloys and steel are tested.

Keywords: accelerometry, deceleration history, dynamic mechanical properties, high-speed impact, penetration.