

Ударопрочный регистратор с flash-носителем информации для измерения электрических сигналов при механических перегрузках

© К.И. Евланов¹, В.А. Токарев², А.И.Терешин², В.А. Борисенок¹,
В.А. Брагунец², Д.И. Баклашов², В.Г. Симаков^{1,2}, Е.Е. Шестаков^{1,2}

¹ Саровский физико-технический институт — филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (СарФТИ НИЯУ МИФИ), Саров, Нижегородская обл., 607186, Россия

² Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ), Саров, Нижегородская обл., 607188, Россия

Для развития неядерных средств поражения с современным уровнем характеристик боеприпасов для артиллерии требуются создание и внедрение электронных взрывательных устройств: неконтактных, контактных, дистанционных, многофункциональных. Для успешной разработки взрывательных устройств необходимы данные о стойкости элементной базы и функциональных блоков к перегрузкам. С целью повышения эффективности стендовых исследований стойкости к перегрузкам разработан малогабаритный шестиканальный энергонезависимый ударопрочный регистратор с flash-носителем информации, позволяющий записывать и хранить данные о режимах работы элементов и модулей микроэлектроники во время действия импульса перегрузок. В работе дано описание носителя, приведены результаты его экспериментальных исследований. Показано, что разработанный регистратор с flash-носителем информации позволяет записывать и хранить измеряемую информацию при неоднократном воздействии импульсов перегрузок с пиковым значением до 30 000g включительно и полушириной не менее 0,5 мс.

Ключевые слова: *стенд, испытания, ударопрочный регистратор с flash-носителем, источники тока, электронные сборки, перегрузка, стойкость*

Введение. Повышение эффективности полевой, танковой и морской артиллерии требует создания в ближайшей перспективе боеприпасов с принципиально новым уровнем характеристик [1–3]. Важными задачами, которые нужно успешно решить для развития этого направления, являются разработка и внедрение электронных взрывательных устройств (ВУ) различного назначения. Для этого необходима наряду с прочими данными информация о стойкости элементной базы, функциональных блоков и ВУ в целом к механическим перегрузкам в широком диапазоне амплитуд и длительностей. Так, в работе [4] оценены параметры импульса перегрузок для артиллерийского выстрела с «жестким» режимом разгона снаряда [5]. Были получены значения максимального ускорения $a_m \approx 60\,000g$ и полуширины $\tau_{1/2} \approx 0,5$ мс, которые можно считать предельно возможными для артиллерийских боеприпасов. В то же время, согласно [3],

для взведения зарубежных многофункциональных ВУ М782 МОФА и МК419 требуются перегрузки $\geq 40g$ и $\geq 3000g$ соответственно, а максимально допустимые линейные перегрузки при выстреле составляют 30 000g для первого и 26 000g для второго ВУ. Приведенные данные указывают на необходимость испытаний элементов электроники ВУ и ВУ в целом на стойкость к перегрузкам в широком диапазоне параметров нагружающих импульсов.

Для испытаний элементов микроэлектроники и электронных модулей на стойкость к перегрузкам в СарФТИ НИЯУ МИФИ совместно с ФГУП «РФЯЦ–ВНИИЭФ» разработан лабораторный комплекс на основе легкогазовой баллистической трубы (калибр — 40 мм, длина ствола — 3 м, рабочий газ — гелий). Импульс перегрузок на стенде формируется при торможении снаряда-контейнера с исследуемыми объектами о крешер специальной конструкции [4, 6]. Комплекс используется для исследования стойкости элементной электронной базы и электронных узлов ВУ для неядерных боеприпасов. На стенде обеспечиваются импульсы перегрузок в широком диапазоне амплитуд и длительностей. Достигнутые максимальные параметры импульса: пиковая перегрузка $\sim 70\,000g$, полуширина $\sim 0,6$ мс. Параметры импульса определяются скоростью, массой снаряда-контейнера и конструкцией крешера [4, 6–9].

Исследования проводятся с помощью следующих методов [6–9]:

- тестирование работоспособности исследуемых объектов после воздействия (постопытные исследования);
- проводной метод, позволяющий тестировать режимы работы объектов во время воздействия перегрузки (одноканальная система) [6, 8].

Отметим, что проводная электрическая связь в другом исполнении использовалась учеными МГТУ им. Н.Э. Баумана при исследовании механических свойств упругопластических сред при высокоскоростном ударе [10]. С помощью проводной линии регистрировали сигнал, который поступал с измерительного акселерометра, установленного в ударнике специальной конструкции.

Очевидно, что недостатком проводного метода является небольшой объем информации, который можно передать по двужильному проводу, и вследствие этого, относительно малое число контролируемых параметров объекта испытаний, а преимуществом — возможность контроля параметров в режиме реального времени.

Для повышения эффективности исследований разработан малогабаритный шестиканальный энергонезависимый ударопрочный регистратор с flash-носителем информации (УРИ), позволяющий записывать и хранить информацию о режимах работы элементов и модулей микроэлектроники во время проведения эксперимента на стенде.

Аналогом УРИ по функциональному назначению является автономный восьмиканальный бортовой электронный регистратор [11] со следующими техническими характеристиками:

Габаритные размеры, мм ³	Ø72×93
Масса, кг	1,25
Максимальная перегрузка	25 000g

Регистратор разработан для контроля работы электронных устройств, размещенных внутри артиллерийских снарядов, на этапе их полигонной отработки. После выстрела регистратор извлекается из снаряда и подключается к наземной аппаратуре считывания информации.

Описание носителя информации. Шестиканальный УРИ (рис. 1) состоит из микроконтроллера (МК) DD1, энергонезависимой памяти (ОЗУ) DD2, шести делителей напряжения, стабилизатора напряжения DA1 и источника питания GB1.

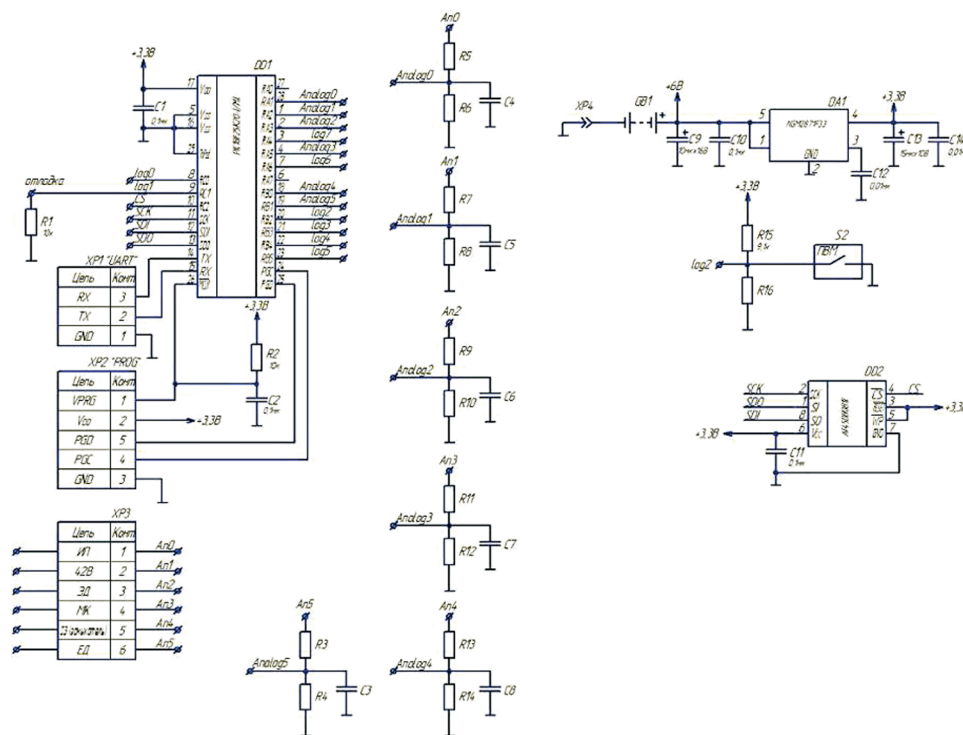


Рис. 1. Электрическая схема УРИ

Для работы УРИ разработан программный код, с помощью которого осуществляется синхрозпуск МК и запись полученной информации в память. Для питания УРИ используются литиевые источники тока типа CR. Ударопрочный регистратор смонтирован на плате, размещен в металлическом корпусе и залит компаундом, его габаритные размеры вместе с источником питания составляют $\text{Ø}25 \times 35 \text{ мм}^3$.

Экспериментальная отработка УРИ. Схема подключения УРИ для проведения испытаний в режиме одноканального измерения с генератором прямоугольных импульсов (ГИ) представлена на рис. 2. Цифрами обозначены выводы микроконтроллера УРИ, которые были использованы при испытаниях.

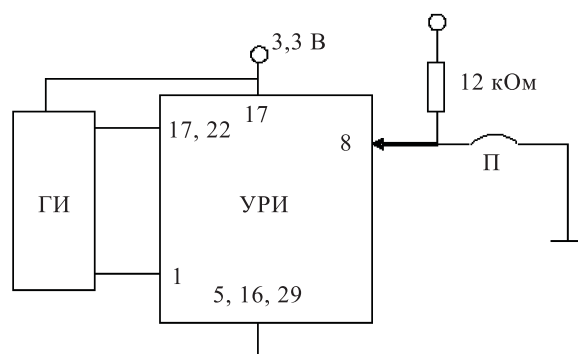


Рис. 2. Схема подключения УРИ для проведения испытаний

Алгоритм работы УРИ следующий: при подаче напряжения питания, равного 3,3 В, и разрыве переключки П (см. рис. 2) формируется синхроимпульс начала оцифровки, сбора и записи массива данных. Сигнал (прямоугольные импульсы с частотой 500 Гц) записывается в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) МК в течение 30 мс после старта. После испытания информация переносится на компьютер для ее дальнейшей обработки. Перед каждым испытанием на перегрузки проводится тестирование работоспособности УРИ.

При проведении испытаний требовалось обеспечить максимальную пиковую перегрузку (20 000–30 000)g и полуширину импульса перегрузок не менее 0,5 мс.

Ударопрочный регистратор информации с генератором прямоугольных импульсов размещался в снаряде с алюминиевым контейнером [4, 6–9]. Была проведена серия из трех опытов, в которых применялся один и тот же УРИ. Масса снаряженного снаряда составляла 137 г.

Скорость снаряда с УРИ определялась с помощью радиоинтерферометра с длиной волны 3,3 мм и лазерного измерителя скорости. Снаряд с контейнером в стволе после разгона тормозился в мишенной камере посредством цилиндрического полого крешера [4, 6]. Типичная интерферограмма, полученная в результате проведения опытов, представлена на рис. 3.

В опытах скорость снаряда с УРИ варьировалась от 105 м/с до 250 м/с, а пиковая перегрузка изменялась от 16 500g до 30 000g.

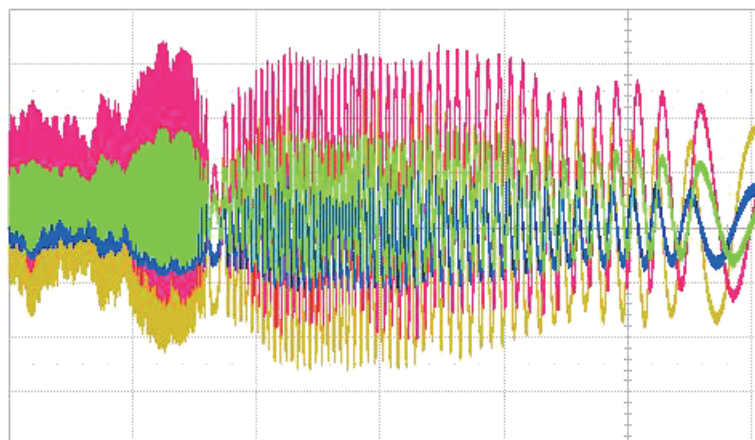


Рис. 3. Типичная интерферограмма, полученная опытным путем

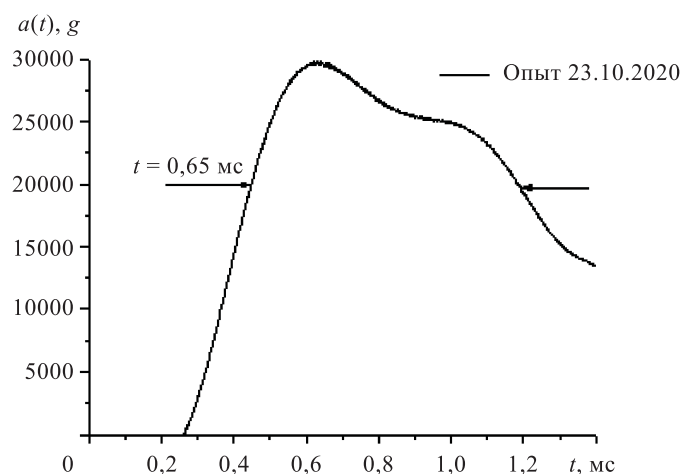


Рис. 4. Зависимость перегрузки снаряда при торможении при подлетной скорости 250 м/с

Зависимость ускорения снаряда от времени $a(t)$ при торможении при подлетной скорости снаряда 250 м/с приведена на рис. 4.

Анализ кривой (см. рис. 4) показал, что максимальная пиковая перегрузка достигла $\sim 30\,000$ g, а при значении перегрузки, равном $\sim 20\,000$ g, продолжительность составила 0,65 мс, полуширина импульса — 0,9 мс.

После каждого опыта без извлечения УРИ из снаряда через плату конвертера-интерфейса вся информация из памяти DD2 переписывалась в компьютер. Форма записанного сигнала в память УРИ в опытах показана на рис. 5.

Полученный результат свидетельствует о том, что УРИ совместно с литиевым источником питания и генератором электрических импульсов при неоднократном воздействии импульсов перегрузок

с максимальной амплитудой до 30 000 g включительно и полушириной импульса до 0,9 мс сохраняют полную работоспособность.

После завершения испытаний на стойкость к перегрузкам были проведены лабораторные испытания УРИ в режиме многоканального измерения сигналов (шесть каналов). Для этого было изменено время записи программного кода МК, которое составило 20 с.

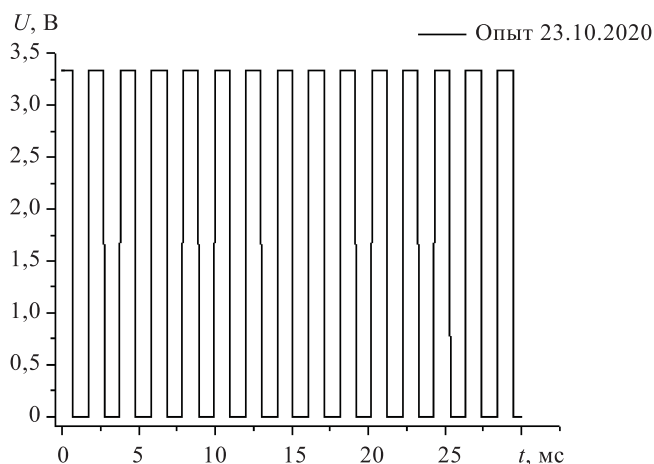


Рис. 5. Форма сигнала, записанного в память УРИ

В качестве источника электрических сигналов был использован макетный образец дистанционно-контактного взрывателя. Каждый канал осуществлял независимую запись сигнала в течение ~20 с при включении макета и его срабатывании в режиме самоликвидации.

Заключение. Разработан малогабаритный автономный шестиканальный ударопрочный регистратор с flash-носителем информации, который позволяет записывать и хранить измеряемую информацию при неоднократном воздействии импульсов перегрузок с пиковым значением до 30 000 g включительно и полушириной не менее 0,5 мс. Внедрение УРИ в практику эксперимента, безусловно, повысит эффективность проведения испытаний на лабораторном комплексе.

Информации об установках, методах и результатах исследований стойкости электроники к перегрузкам в открытой научно-технической периодике представлено крайне мало. Известны работы [12, 13], в которых изложены результаты исследований на испытательном комплексе, состоящем из взрывного ударного стенда и измерительно-вычислительной системы. Контейнер с исследуемыми объектами ускорялся при соударении через крешерную систему со стальным ударником массой 6,5 кг, разогнанным продуктами взрыва бризантного взрывчатого вещества во взрывной камере стенда. В процессе эксперимента зарегистрирован импульс перегрузок с максимальной осевой перегрузкой ~26000 g и полушириной ~140 мкс. Сведения о том,

какие диапазоны амплитуд и длительностей импульса могут быть обеспечены используемым методом, в [12, 13] не приведены.

Сравнение характеристик разработанного нами лабораторного комплекса с данными [12, 13] показало, что при решении задачи исследования стойкости к перегрузкам разработанный в СарФТИ НИЯУ МИФИ совместно с ФГУП «РФЯЦ–ВНИИЭФ» комплекс отличается следующими преимуществами:

– не используются взрывчатые вещества, следовательно, не требуется проводить эксперименты на взрывном полигоне;

– формируемый импульс перегрузок имеет широкий диапазон характеристик, который практически перекрывает все потребности разработчиков ВУ;

– применяемые методы позволяют тестировать режимы работы исследуемых объектов при воздействии перегрузки;

– более высокая «скорострельность» обеспечивает более высокие эффективность и оперативность исследований.

Авторы благодарят А.В. Крюкова, С.И. Мартыанова, С.И. Калинкина и А.В. Цветкова за участие в проведении экспериментов, Е.Е. Ломтеву — за помощь в оформлении работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Козлов В.И. *Особенности конструкции взрывательных устройств к боеприпасам ствольной артиллерии и ракетным снарядам*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.
- [2] Меркулова И.И., Козлов В.И. Тенденции и перспективы развития взрывательных устройств боеприпасов. *Инженерный вестник*, 2014, № 10, с. 633–640. URL: <http://ainjournal.ru/file/out/740550>
- [3] Коленкин А.В., Гогин В.В., Стецкевич А.Д. Состояние и направления разработок многофункциональных взрывательных устройств за рубежом. *Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы*, 2016, № 2, с. 1–16.
- [4] Евланов К.И., Токарев В.А., Борисенок В.А., Брагунец В.А., Баклашов Д.И., Симаков В.Г. Стенд для испытаний на стойкость к перегрузкам. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2019, вып. 5. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2019-5-1875>
- [5] Горовой С.А. *Физические основы функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия*. Новосибирск, СГГА, 2007, с. 140.
- [6] Токарев В.А., Борисенок В.А., Евланов К.И., Брагунец В.А. Лабораторный комплекс для испытаний элементов электроники на стойкость к перегрузкам. *Вопросы оборонной техники*, 2019, № 135–136, с. 96–104.
- [7] Евланов К.И., Токарев В.А., Борисенок В.А. и др. Стенд для испытаний элементов электроники на стойкость к перегрузкам. *Сб. докладов XXVIII Всероссийской научно-технической конференции «Передача, прием, обработка и отображение информации о быстропротекающих процессах»*. Сочи, 2017, с. 175–182.
- [8] Токарев В.А., Борисенок В.А., Евланов К.И., Брагунец В.А. и др. Лабораторный комплекс для испытаний элементов электроники на стойкость

- к перегрузкам. Методики испытаний. *Сб. докладов Юбилейной XXX Всероссийской научно-технической конференции школы-семинара «Передача, прием, обработка и отображение информации о быстропотекающих процессах»*. Сочи, 2019, с. 695–714.
- [9] Токарев В.А., Борисенок В.А., Евланов К.И., Брагунец В.А. и др. Лабораторный комплекс для испытаний элементов электроники на стойкость к перегрузкам. *Сб. докладов XXI Харитоновских тематических научных чтений «Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны»*. Саратов, РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2019, т. 2, с. 241–249.
- [10] Велданов В.А., Марков В.А., Пусев В.И., Ручко А.М., Селиванов В.В., Сотский М.Ю., Федоров С.В. Применение акселерометрии для исследования динамических механических свойств материалов в усложненных условиях проведения измерений. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал*, 2012, вып. 8, с. 35–56.
DOI: 10.7463/0812.0428828.
- [11] Руденко В.Л., Палехов О.Н., Абушкевич В.И. Бортовой электронный регистратор для регистрации параметров при движении артснарядов по каналу ствола и на траектории. *Химическая физика и мезоскопия*, 2006, т. 8, № 2, с. 163–168.
- [12] Ботов Е.В., Хворостин В.Н., Новиков К.П. и др. Испытания элементов радиоэлектронной аппаратуры на ударную стойкость не менее 20000 г. *Труды РФЯЦ–ВНИИЭФ*, 2016, № 21, часть 2, с. 410–419.
- [13] Ботвинкин А.К., Брюханов Н.В., Моисеев Е.Б. и др. Взрывные ударные установки для экспериментальной обработки ракетно-артиллерийского вооружения на воздействие интенсивных механических нагрузок. *Сб. докладов науч. конф. Волжского регионального центра РАРАН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения»*. Саратов, РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000.

Статья поступила в редакцию 03.03.2022

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Евланов К.И., Токарев В.А., Терешин А.И., Борисенок В.А., Брагунец В.А., Ба-
клавашов Д.И., Симаков В.Г., Шестаков Е.Е. Ударопрочный регистратор с flash-
носителем информации для измерения электрических сигналов при механических
перегрузках. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2022, вып. 3.
<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2022-3-2166>

Евланов Константин Игоревич — преподаватель СарФТИ НИЯУ МИФИ.
Область научных интересов: ударные волны, динамическая прочность.
e-mail: evlanov@sarfti.ru

Токарев Владимир Анатольевич — д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник
ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ. Автор более 30 научных работ в области лазерной
и радиационной физики. e-mail: tokarev.vl@mail.ru

Терешин Анатолий Иванович — начальник отделения № 70 ФГУП РФЯЦ–
ВНИИЭФ. Область научных интересов: ударные волны, динамическая прочность.
e-mail: tokarev.vl@mail.ru

Борисенок Валерий Аркадьевич — д-р физ.-мат. наук, зам. руководителя,
СарФТИ НИЯУ МИФИ. Автор более 60 научных работ в области ударных волн,
динамической прочности материалов и радиационной физики. e-mail: bva@sarfti.ru

Брагунец Вячеслав Алексеевич — старший научный сотрудник, ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ. Автор более 20 научных работ в области ударных волн, динамической прочности материалов. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Баклашов Дмитрий Иванович — ведущий инженер-исследователь, ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ. Область научных интересов: ударные волны, динамическая прочность. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Симаков Владимир Геннадьевич — ведущий научный сотрудник, ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ. Автор более 25 научных работ в области ударных волн, динамической прочности материалов. e-mail: vgsimakov@hotmail.com

Шестаков Евгений Евгеньевич — младший научный сотрудник, ФГУП РФЯЦ–ВНИИЭФ. Автор 1 научной работы в области физики ударных волн. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Shockproof flash data storage device for measuring electric signals under mechanical overloads

© K.I. Evlanov¹, V.A. Tokarev², A.I. Tereshin², V.A. Borisenok¹,
V.A. Bragunets², D.I. Baklashov², V.G. Simakov^{1,2},
A.V. Tsvetkov², E.E. Shestakov^{1,2}

¹Sarov State Physics and Technical Institute — Branch of the National Research Nuclear University MEPhI, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607186, Russia

²The Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC-VNIIEF), Sarov, Nizhny Novgorod region, 607188, Russia

The development of non-nuclear weapons with a modern level of characteristics of ammunition for artillery requires the creation and implementation of electronic explosive devices: non-contact, contact, remote, multifunctional. For the successful development of explosive devices, data on the resistance of the element base and functional blocks to overloads are required. In order to increase the efficiency of bench studies of overload resistance, a six-channel non-volatile shock-proof recorder with flash data storage device has been developed, which allows recording and storing information about the operating modes of microelectronic elements and modules during the action of an overload pulse. This paper describes the recorder. The results of its experimental studies are presented. It is shown that the developed recorder with flash storage device allows recording and storing measured information under repeated exposure to overload pulses with a peak value of up to 30000g inclusive and a half-width not less than 0.5 ms.

Keywords: stand, tests, shockproof recorder, flash storage device, current sources, electronic assemblies, overload, resistance

REFERENCES

- [1] Kozlov V.I. *Osobennosti konstruksii vzryvatelnykh ustroystv k boepripasam stvolnoy artillerii i raketnym snaryadam* [Features of the design of explosive devices for cannon artillery ammunition and rocket projectiles]. Moscow, BMSTU Press, 2012.
- [2] Merkulova I.I., Kozlov V.I. *Inzhenernyy vestnik — Engineering Bulletin*, 2014, no. 10, pp. 633–640. Available at: <http://ainjournal.ru/file/out/740550>
- [3] Kolenkin A.V., Gogin V.V., Stetskevich A.D. *Boepripasy i vysokoenergeticheskie kondensirovannyye sistemy (Munitions and high-energy condensed systems)*, 2016, no. 2, pp. 1–16.
- [4] Evlanov K.I., Tokarev V.A., Borisenok V.A., Bragunets V.A., Baklashov D.I., Simakov V.G. Bench for overload endurance test. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2019, iss. 5. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2019-5-1875>
- [5] Gorovoy S.A. *Fizicheskie osnovy funktsionirovaniya strelkovo-pushechnogo, artillerijskogo i raketnogo oruzhiya* [Physical foundations of the functioning of small arms, artillery and rocket weapons]. Novosibirsk, SGGa, 2007, p. 140.
- [6] Tokarev V.A., Borisenok V.A., Evlanov K.I., Bragunets V.A. Laboratornyy kompleks dlya ispytaniy elementov elektroniki na stoykost k peregruzkam. *Vo-prosy oboronnoy tekhniki (Defence Technology Issues)*, 2019, no. 135–136, pp. 96–104.

- [7] Evlanov K.I., Tokarev V.A., Borisenok V.A., et al. Stend dlya ispytaniy elementov elektroniki na stoykost k peregruzkam [Stand for testing electronic elements for resistance to overloads]. *Sb. dokladov XXVIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Peredacha, priem, obrabotka i otobrazhenie informatsii o bystroprotekayushchikh protsessakh»* [Coll. reports at the XXVIII All-Russian Scientific and Technical Conference “Transmission, reception, processing and display of information on fast processes”]. Sochi, 2017, pp. 175–182.
- [8] Tokarev V.A., Borisenok V.A., Evlanov K.I., Bragunets V.A., et al. Laboratornyy kompleks dlya ispytaniy elementov elektroniki na stoykost k peregruzkam. Metodiki ispytaniy [Laboratory complex for testing electronic elements for resistance to overloads. Test methods]. *Sb. dokladov Yubileynoy XXX Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii shkoly-seminara «Peredacha, priem, obrabotka i otobrazhenie informatsii o bystroprotekayushchikh protsessakh»* [Coll. reports at the XXX All-Russian scientific and technical conference of the school-seminar “Transmission, reception, processing and display of information on fast processes”]. Sochi, 2019, pp. 695–714.
- [9] Tokarev V.A., Borisenok V.A., Evlanov K.I., Bragunets V.A., et al. Laboratornyy kompleks dlya ispytaniy elementov elektroniki na stoykost k peregruzkam [Laboratory complex for testing electronic elements for resistance to overloads]. *Sb. dokladov XXI Kharitonovskikh tematicheskikh nauchnykh chteniy «Ekstremalnye sostoyaniya veshchestva. Detonatsiya. Udarnye volny»* [Coll. reports at the XXI Kharitonov thematic scientific readings “Extreme states of matter. Detonation. Shock Waves”]. Sarov, RFNC–VNIIEF, 2019, vol. 2, pp. 241–249.
- [10] Veldanov V.A., Markov V.A., Pusev V.I., Ruchko A.M., Selivanov V.V., Sotskiy M.Yu., Fedorov S.V. *Nauka i obrazovanie: Elektronnny nauchno-tekhnicheskyy zhurnal — Science and Education: Electronic scientific and technical journal*, 2012, iss. 8, pp. 35–56. DOI: 10.7463/0812.0428828
- [11] Rudenko V.L., Palekhov O.N., Abushkevich V.I. Bortovoy elektronnnyy registrator dlya registratsii parametrov pri dvizhenii artsnaryadov po kanalu stvola i na trayektorii [An on-board electronic recorder for recording parameters during the movement of artillery shells along the bore and on the trajectory]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya — Chemical Physics and Mezoscopy*, 2006, vol. 8, no. 2, p. 163–168.
- [12] Botov Ye.V., Khvorostin V.N., Novikov K.P., et al. Ispytaniya elementov radioelektronnoy apparatury na udarnuyu stoykost ne menee 20000g [Tests of elements of radio-electronic equipment for impact resistance of at least 20000g]. *Trudy RFNC–VNIIEF [Proceedings of RFNC–VNIIEF]*, no. 21. Sarov, 2016, part 2, pp. 410–419.
- [13] Botvinkin A.K., Bryukhanov N.V., Moiseev Ye.B., et al. Vzryvnye udarnye ustanovki dlya eksperimentalnoy obrabotki raketno-artilleriyskogo vooruzheniya na vozdeystvie intensivnykh mekhanicheskikh nagruzok [Explosive shock installations for experimental processing of rocket and artillery weapons under the influence of intense mechanical loads]. *Sb. dokladov nauchn. konf. Volzhskogo regionalnogo tsentra RARAN «Sovremennye metody proektirovaniya i otrabotki raketno-artilleriyskogo vooruzheniya»* [Coll. Sc. Reports. conf. of the Volga Regional Center RARAN “Modern methods of design and development of rocket and artillery weapons”]. Sarov, RFNC–VNIIEF, 2000.

Evlanov K.I., Senior Lecturer, Department of Technology of Special Mechanical Engineering, Sarov State Physics and Technical Institute — Branch of the National Research Nuclear University MEPhI. Area of scientific interests: the field of shock waves, the dynamic strength of materials. e-mail: kievlanov@mephi.ru

Tokarev V.A., Dr. Sc. (Phys.-Math.), Chief Research Scientist, the Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF); author has more than 30 research publications in the field of laser and radiation physics. e-mail: tokarev.vl@mail.ru

Tereshin A.I., Head of Department no. 70, the Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF). Area of scientific interests: the field of shock waves, the dynamic strength of materials. e-mail: tokarev.vl@mail.ru

Borisenok V.A., Dr. Sc. (Phys.-Math.), Chief Scientific Officer, Sarov State Physics and Technical Institute — Branch of the National Research Nuclear University MEPhI; author has more than 60 research publications in the field of shock waves, the dynamic strength of materials and radiation physics. e-mail: vaborisenok@mephi.ru

Bragunets V.A., Head of the Group, the Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF); author has more than 20 research publications in the field of shock waves, the dynamic strength of materials. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Baklashov D.I., Leading Research Engineer, The Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF), area of scientific interests: the field of shock waves, the dynamic strength of materials. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Simakov V.G., Cand. Sc. (Phys.-Mat.), Leading Researcher, The Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF); author has more than 25 research publications in the field of shock waves, the dynamic strength of materials. e-mail: vgsimakov@hotmail.com

Shestakov E.E., Research Assistant, The Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (RFNC–VNIIEF); author has a research publication in the field of shock wave physics. e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru