УДК 620.171.35

**анализ ударостойкости элементов взрывателей бетонобойных боевых частей**

**Р.Е. Иванов**

**Рецензент к.т.н. Л.Ф. Левицкий**

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,*

*г. Санкт-Петербург*

*Автором показан вариант проведения ударного испытания с одним из элементов взрывателей бетонобойных боевых частей, т.к. в процессе проникания в преграду появляется возможность изменения параметров этого элемента. Поэтому возникает необходимость помещения объекта в среду, которая будет приближена к реальным условиям эксплуатации и способна адекватно воспроизводить эти условия. Рассмотрены описание и анализ результатов стендовых испытаний такого элемента на копре «Массет». Показано, что предлагаемый подход, будучи приближенным, тем не менее дает приемлемое для практики описание состояния элемента боевой части в процессе взаимодействия боеприпаса с преградой.*

Одной из основных проблем в процессе проникания в преграду элементов взрывателей бетонобойных боевых частей является возможность изменения их параметров (выходное напряжение, возможность замыкания на корпус). Правильность принятых при проектировании конструктивных решений можно оценить только по результатам соответствующих испытаний.

Основная задача ударных испытаний – проверка способности изделий выполнять свои функции во время ударного воздействия и после него, т. е. сохранить свои основные параметры в пределах, указанных в нормативных документах на изделие. При испытаниях ударные воздействия имитируют таким образом, чтобы они достаточно точно соответствовали ударным воздействиям при определенных условиях эксплуатации изделия.

Для испытания на ударостойкость пиротехнического ударостойкого реле были проведены стендовые испытания. Принцип действия ударного стенда (рисунок 1) заключается в относительно длительном накоплении необходимой для воспроизведения удара энергии и последующем ее высвобождении в устройстве преобразования энергии в течение короткого времени.

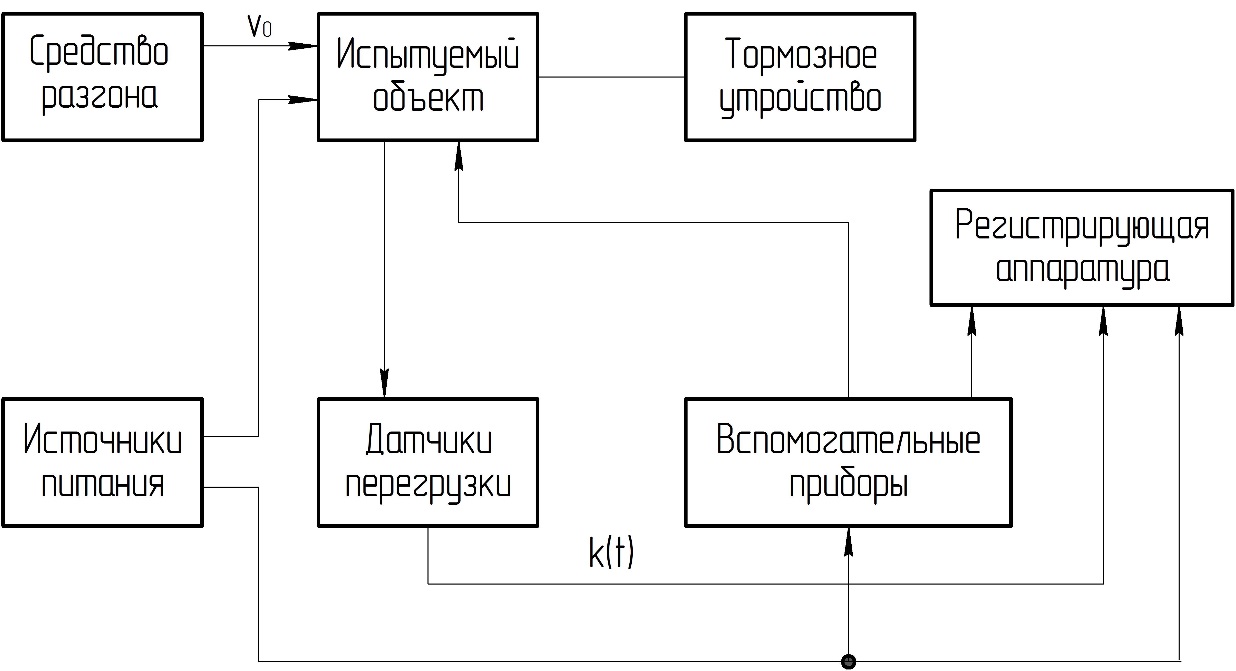


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема ударного стенда

Пиротехническое ударостойкое реле РПУ (рисунок 2) предназначено для выдачи сигнала в виде размыкания нормально замкнутых контактов 5,6 и замыкания нормально разомкнутых контактов 3,4 при подаче на него (на контакты 1,2) рабочего напряжения от 24 до 32 В постоянного тока (рисунок 3, а). Время от подачи напряжения на контакты 1, 2 реле или от начала разряда на эту цепь конденсатора до замыкания контактов 3, 4 и размыкания контактов 5, 6 реле должно находиться в диапазоне от 20 до 100 мс.



Рисунок 2 – Направление осей OX, OY реле РПУ

а) б)

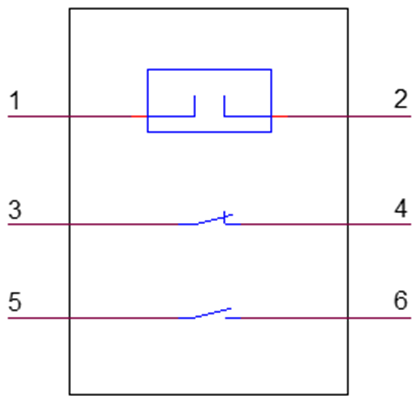
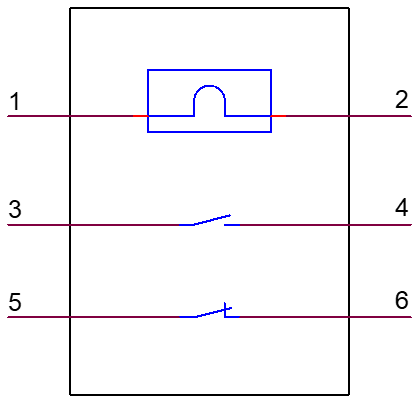


Рисунок 3 – Электрические принципиальные схемы реле РПУ (слева) и сработанного реле РПУ (справа)

Для максимально возможной имитации процесса проникания снаряда в преграду были проведены испытания с сработанным реле РПУ, т.к. к моменту встречи с преградой реле будет уже сработано.

ГОСТ 9763—67 указывает, что климатические испытания изделий должны всегда предшествовать механическим испытаниям. Поэтому испытания на ударостойкость были проведены с сработанным реле РПУ, с которым уже были проведены климатические испытания.

Основные задачи испытаний:

- проверка реле РПУ и его параметров на ударные воздействия;

- контроль факта нарушения состояния контактов сработанных реле РПУ и длительность этого нарушения.

Сработанное пиротехническое ударостойкое реле РПУ (рисунок 3, б) – реле, на контакты (1 и 2) которого уже было подано рабочее напряжение. При подаче напряжения на контакты 1, 2 произошло замыкание нормально разомкнутых контактов и размыкание нормально замкнутых контактов.

Проведенные расчеты и математическое моделирование процесса проникания показали, что максимальные величины пикового ударного ускорения при встрече с преградой могут достигать (40-42)·104 м/с2.

Для имитации реальных условий испытания сработанного реле РПУ на ударостойкость были проведены на копре «Массет» (рисунок 4). Копер применяется главным образом для проверки устойчивости элементов взрывателей (прежде всего огневой цепи) к сотрясениям при выстреле.

Копер создает импульс ударного ускорения с параметрами:

- величина пикового ударного ускорения – от 70000 до 830000 м/с2;

- длительность действия ударного ускорения – от 30 до 140 мкс.

Стенд состоит из деревянной станины 15, в которой располагается вал 2. На валу закреплен сегмент 1 и храповое колесо 3, удерживаемое собачкой 4. К сегменту 1 крепятся груз с проушиной 6 на ремне привода 16 и рукоятка 12 с молотом 11, в котором устанавливается крепежное приспособление 13 с реле РПУ и датчиком перегрузок. На расстоянии А от оси вала 2 на станину 15 устанавливается подушка 7 с тумбой 8. В пазу тумбы 8 располагается наковальня 10. Сбоку от станины 15 за ограждением 14 располагается механический привод 5. В исходном состоянии молот 11 с установленным в нем крепежным приспособлением 13 опирается на наковальню 10. Во взведенном положении молот 11 с рукояткой 12 удерживается собачкой 4 храпового механизма. При испытании молот 11 взводится на заданный зуб храпового колеса 3 при помощи привода (механического 5 или ручного), затем отводится собачка 4, и молот 11, разгоняясь под действием груза с проушиной 6, ударяет о наковальню 10.

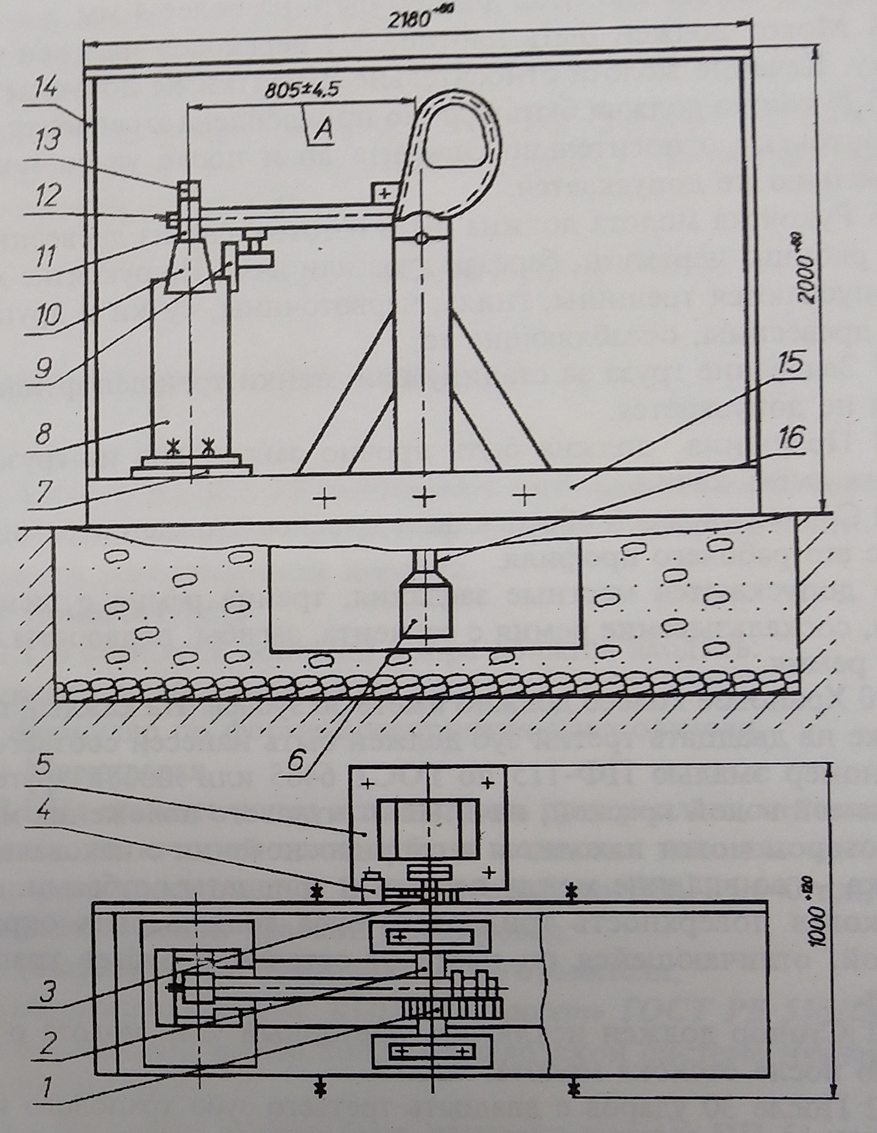


Рисунок 4 – Конструкция и габаритные размеры копра (1 – сегмент; 2 – вал; 3 – храповое колесо; 4 – собачка; 5 – механический привод; 6 – груз с проушиной; 7 – подушка; 8 – тумба; 9 – стопор; 10 – наковальня; 11 – молот; 12 – рукоятка; 13 – реле РПУ, установленное в крепежное приспособление; 14 – ограждение; 15 – станина; 16 – ремень привода)

Для контроля состояния замкнутых и разомкнутых контактов до, в процессе и после удара была собрана схема для испытания сработанного реле РПУ (рисунок 5). Для достижения перегрузок порядка 40000 ед. рычаг стенда «Массет» был установлен на 19-ый зуб.

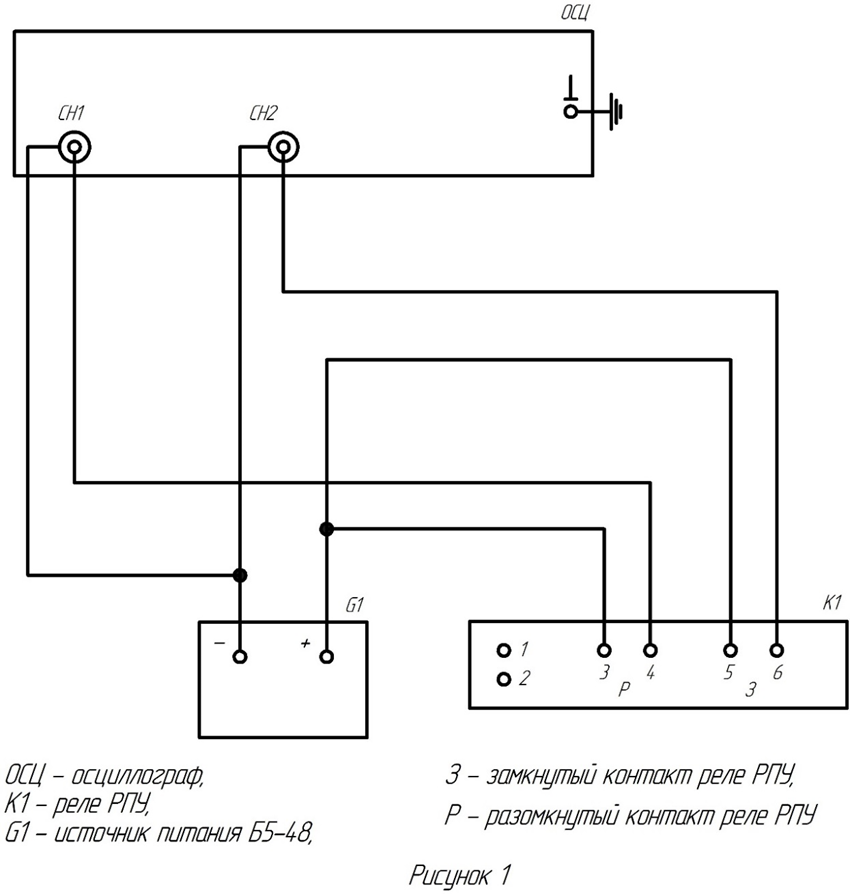


Рисунок 5 – Схема для испытания сработанного реле РПУ

До ударных воздействий напряжение источника питания, поданное через замкнутый контакт, установилось на значении 27,2 В, через разомкнутый контакт – 400 мВ. Далее было произведено 3 (рис. 6-7) удара о наковальню с 19-го зуба с перегрузкой порядка 40000 g. Во время первых трех ударных воздействий происходило падение напряжения источника питания, поданного через замкнутый контакт. Напряжение источника питания, поданное через разомкнутой контакт, оставалось без изменений. После 3-го ударного воздействия видно, что напряжение источника питания, поданное через замкнутый и разомкнутый контакты, исчезло - обе линии совпали в нуле (рисунок 7, б).

а) б)

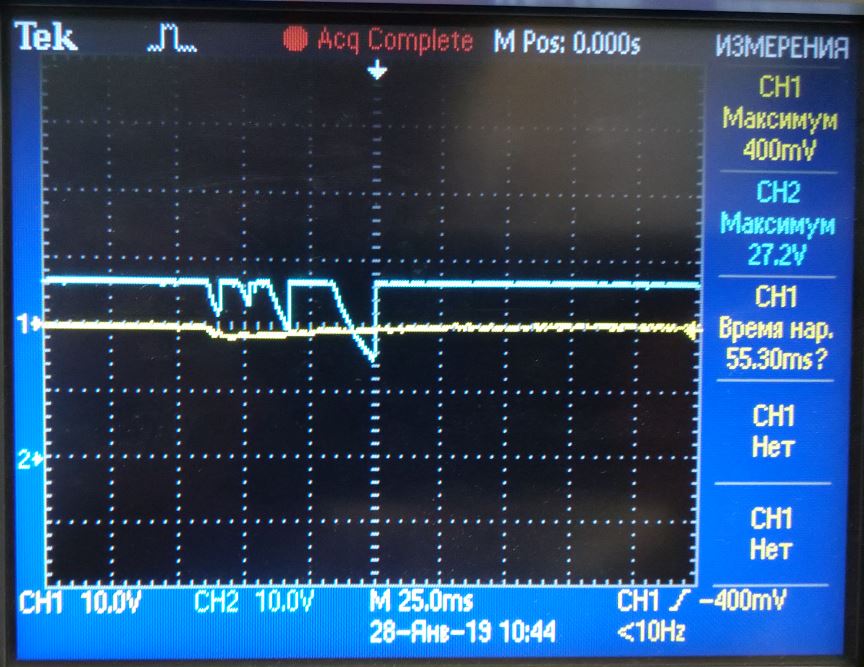


Рисунок 6, а, б – Состояние замкнутого (верхняя линия) и разомкнутого (нижняя линия) контактов сработанного реле РПУ во время первого (а) и второго (б) ударных воздействий

а) б)

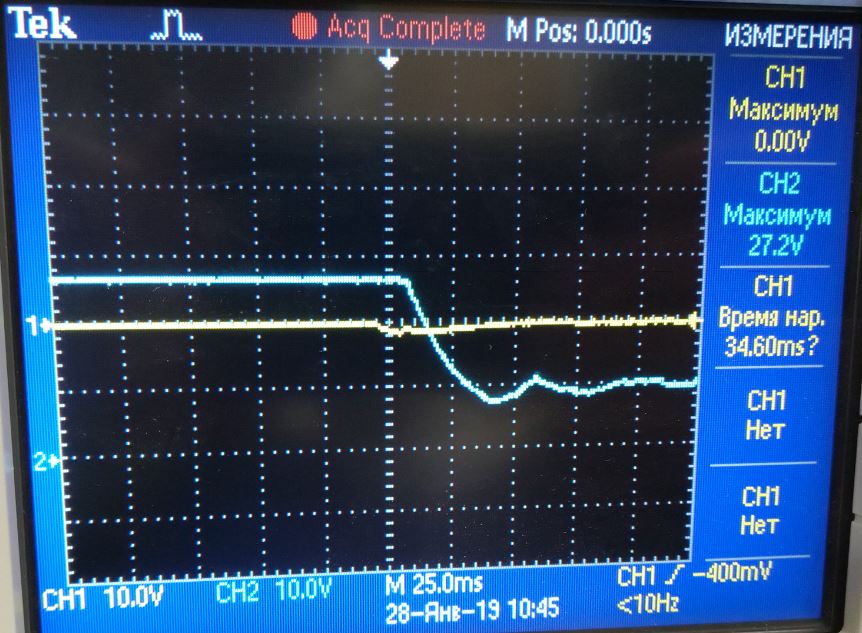


Рисунок 7, а, б – Состояние замкнутого (верхняя линия) и разомкнутого (нижняя линия) контактов сработанного реле РПУ во время третьего ударного воздействия (а) и после (б) ударных воздействий

По результатам испытаний была проведена математическая обработка данных:

- среднее арифметическое значение напряжений;

- математическое ожидание дискретной случайной величины;

- дисперсия дискретной случайной величины;

- среднее квадратическое отклонение.

В соответствии с графиком перегрузок (рисунок 8), полученном во время ударного воздействия, амплитуда пикового ударного ускорения составила 39500 ед.

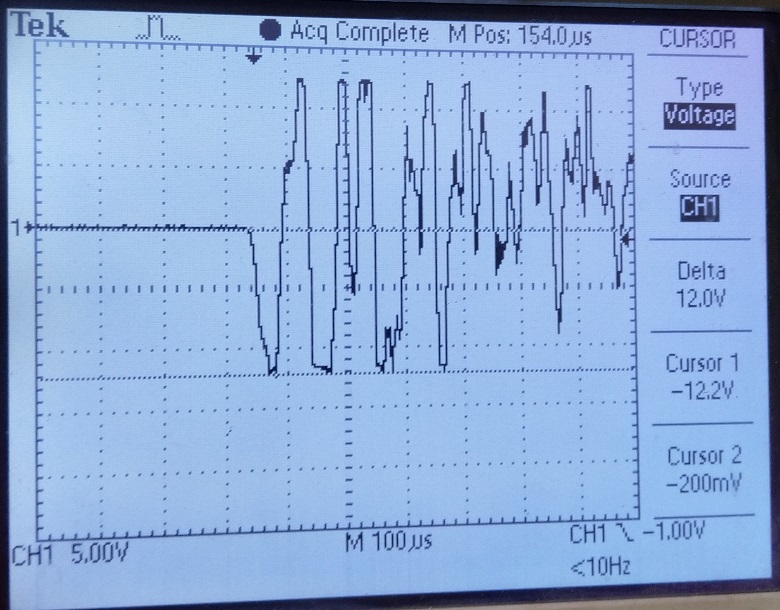


Рисунок 8 – Осциллограмма перегрузок, полученная во время ударного воздействия

**Выводы**

Предварительные испытания показали: а) возможность приближенной имитации процесса проникания элементов взрывателя в бетонную преграду на стенде «Массет»; б) при воздействии перегрузок 40000 ед. не происходит обратного замыкания/размыкания контактов, и параметры реле РПУ меняются незначительно.

**Список литературы**

1. *Родыгин, М.П*. Технические науки; - 2014 г. – 76 с.
2. *Власов, В.В*. Разработка математической модели и моделирование процесса проникания, Техническая записка; - 2018 г. – 16 с.
3. Копер «Массет» ГОСТ РВ 51010-96, Технические условия; - 1998 г.
4. Статья относится к разделу «Боеприпасы и взрыватели».
5. Краткое описание статьи, которое будет помещено в конец сборника:

Автором показан вариант проведения ударного испытания с одним из элементов взрывателей бетонобойных боевых частей, т.к. в процессе проникания в преграду появляется возможность изменения параметров этого элемента. Поэтому возникает необходимость помещения объекта в среду, которая будет приближена к реальным условиям эксплуатации и способна адекватно воспроизводить эти условия. Рассмотрены описание и анализ результатов стендовых испытаний такого элемента на копре «Массет». Показано, что предлагаемый подход, будучи приближенным, тем не менее дает приемлемое для практики описание состояния элемента боевой части в процессе взаимодействия боеприпаса с преградой.

1. Сведения об авторах:
2. Иванов Роман Евгеньевич, студент кафедры Е6 «Автономные информационные и управляющие системы» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. E-mail: [sir.ivaroma@yandex.ru](mailto:sir.ivaroma@yandex.ru). Тел.: 8-911-972-40-96.
3. Сведения о рецензентах:

Левицкий Леонид Фёдорович, главный специалист подразделения КО-33 по разработке специальной аппаратуры Научно-Исследовательского Института «Точной Механики», кандидат технических наук.