

**Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)**

Г.Г. Савенков, А.С. Мазур, А.Ю. Григорьев

**ФРАГМЕНТАЦИЯ ПРЕГРАД ПЛОСКИМИ
УДАРНИКАМИ С ОТВЕРСТИЯМИ**

«ЗАБАБАХИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ – 2017»

г. Снежинск, 20 – 24 марта 2017 г.

СТИМУЛИРУЮЩИЕ РАБОТЫ ДЛЯ ДАННОГО ДОКЛАДА:

- 1. Теоретические и экспериментальные исследования высокоскоростного взаимодействия тел / Под ред. А.В. Герасимова. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. (раздел 4.6, рассматривается фрагментация медной преграды при её пробитии стальной оболочкой, заполненной тротилом).**
- 2. Мержиевский Л.А., Васильев А.А., Виноградов А.В., Лаптев В.И. Высокоскоростной удар ударником кольцевой формы // Забабахинские научные чтения: сборник материалов XII Международной конференции 2 – 6 июня 2014. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2014. – С. 214 – 215.**

ЦЕЛИ РАБОТЫ:

- 1. Определение влияния скорости удара на статистические характеристики процесса дробления плоских мишеней;**
- 2. Определение влияния количества ударников на статистические характеристики процесса дробления плоских мишеней;**
- 3. Выявление физических особенностей процесса разрушения плоских преград при их дроблении.**

УДАРНИКИ И МИШЕНИ (СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ)

Материал мишеней и ударников (с отверстиями) – сталь марки 9ХС. Для ударников – состояние поставки: НРС 42

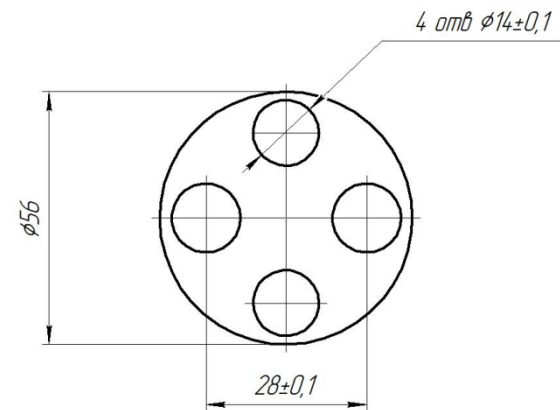
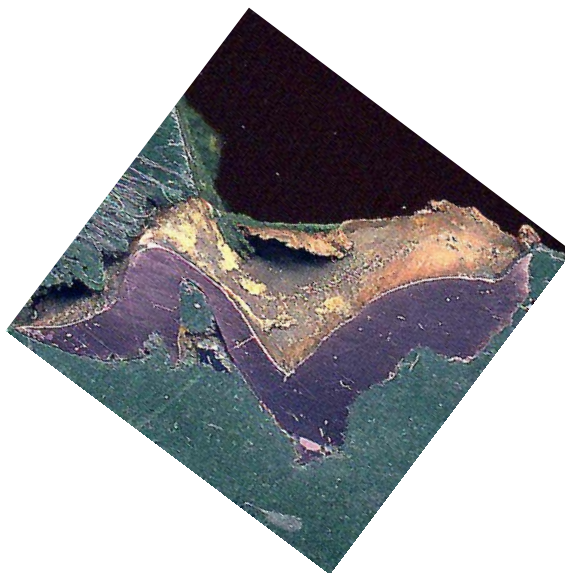
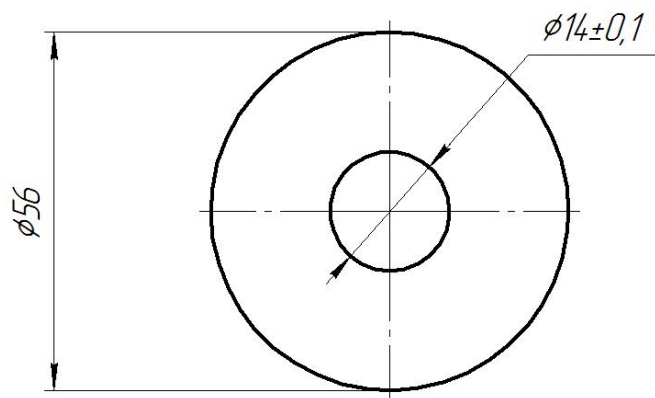
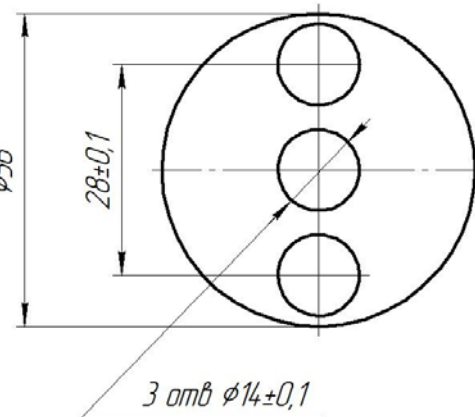
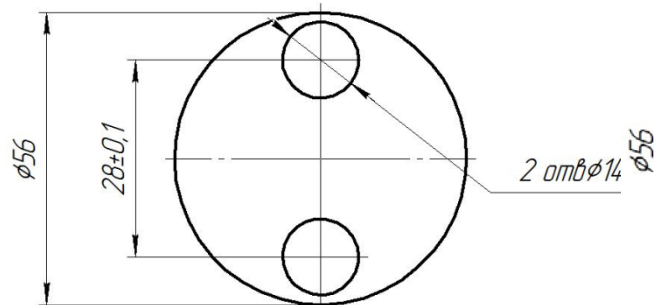
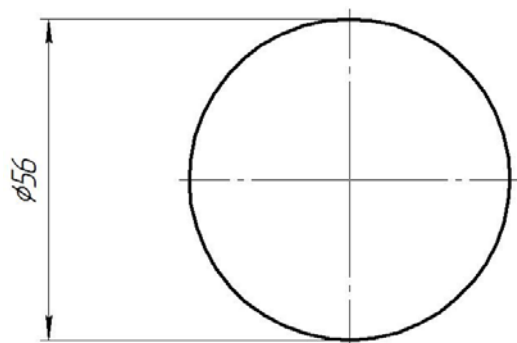
Термообработка мишеней: закалка в масло – $T = 870 \pm 10$ °С, $t = 20$ мин, НРС 64 – 65; 1-ый отпуск - $T = 360 \pm 10$ °С, $t = 90$ мин, НРС 59; 2-ой отпуск - $T = 380 \pm 10$ °С, $t = 90$ мин, НРС 57.

$\sigma_{0,2} = 780$ МПа, $\sigma_B = 820$ МПа, $\delta = 4\%$;

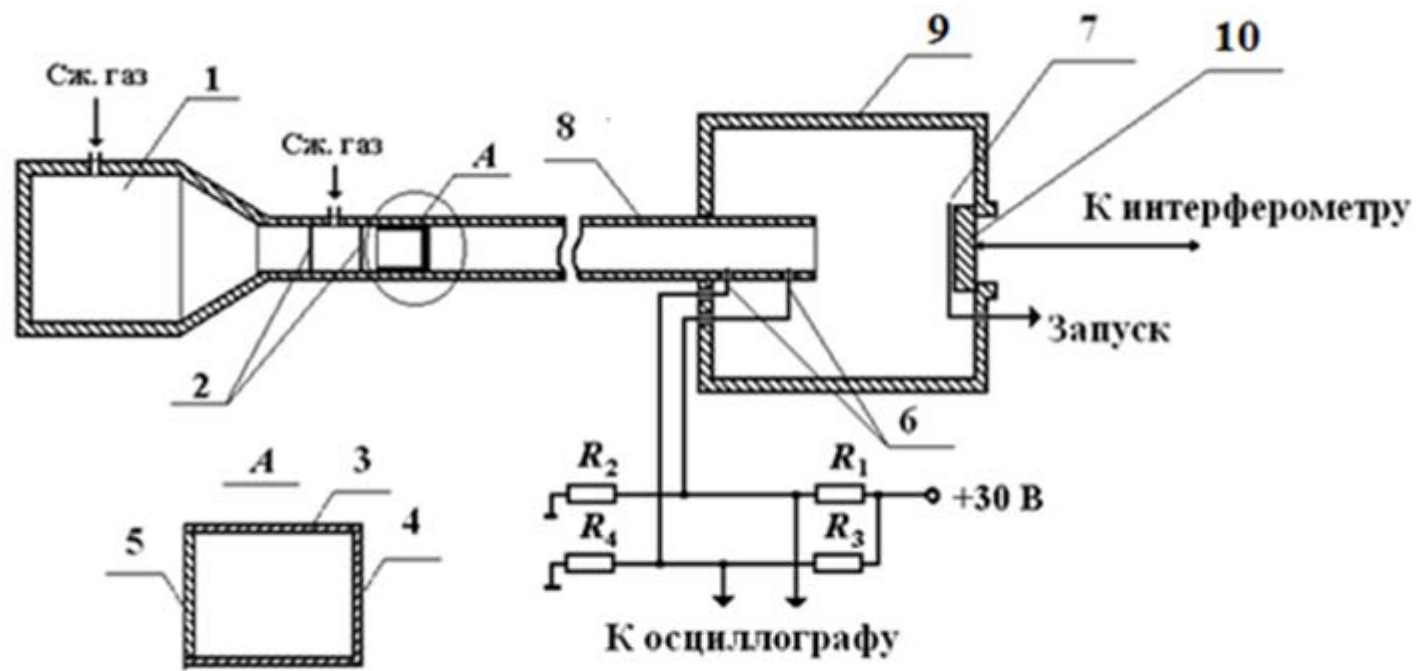
$\sigma_d = 780 - 790$ МПа, $\sigma_{Bd} = 830 - 840$ МПа, $\delta_d = 2 - 3 \%$,
 $\dot{\epsilon} = 1500$ 1/с – испытания проведены на разрезном стержне Гопкинсона.

Материал КПЭ – медь марки М2

УДАРНИКИ И МИШЕНИ (ГЕОМЕТРИЯ)



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА



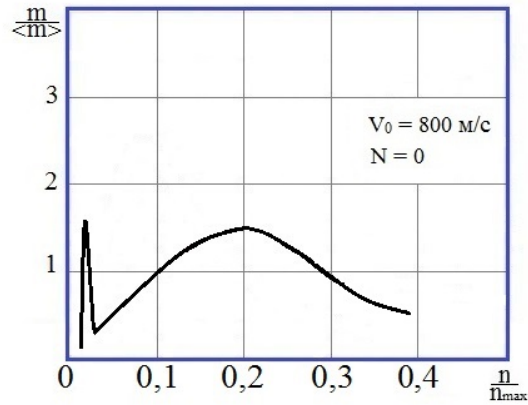
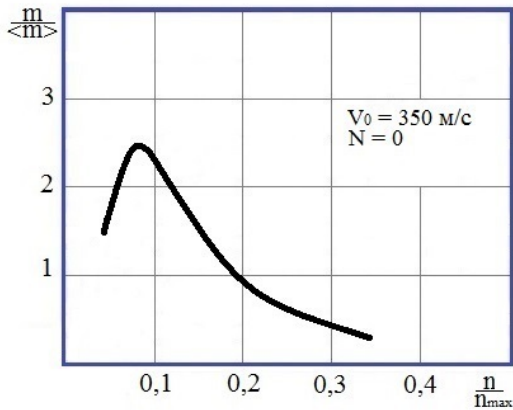
Скорости удара: 168 – 350 м/с – плоские ударники с отверстиями;
800 и 1800 м/с – КПЭ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

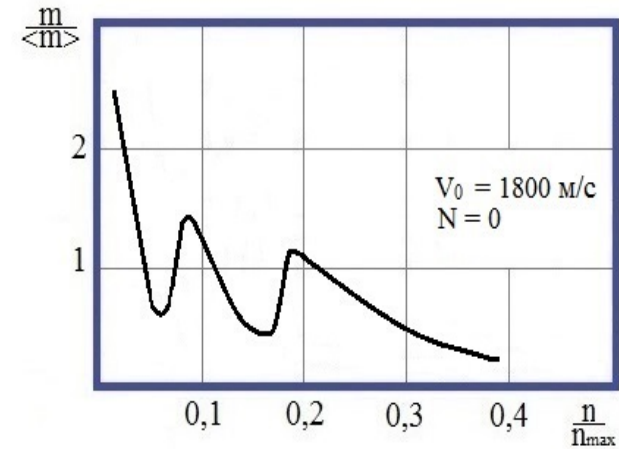
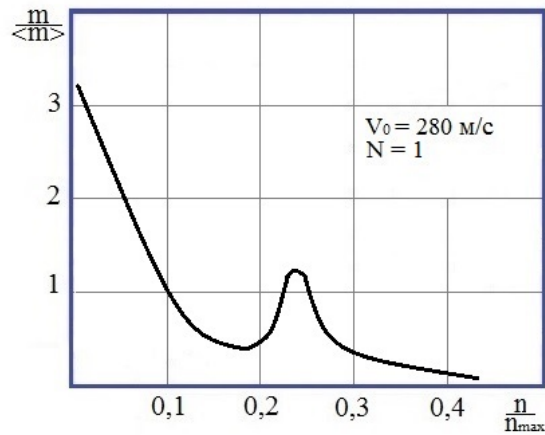
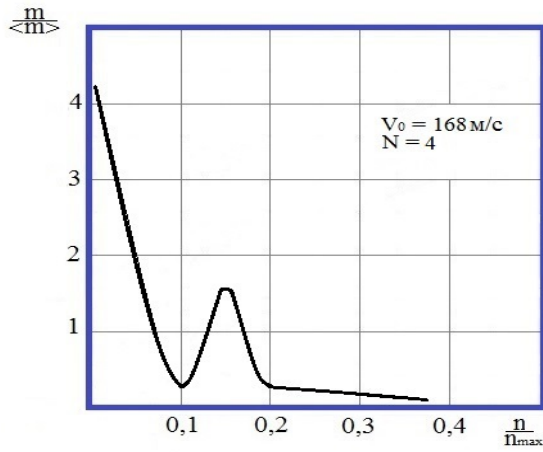


Скорость удара 190 м/с – ударник без отверстий

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ



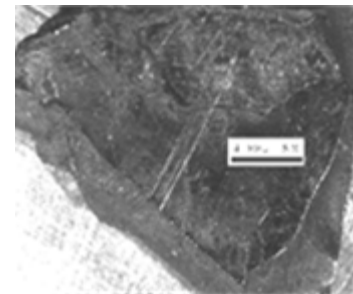
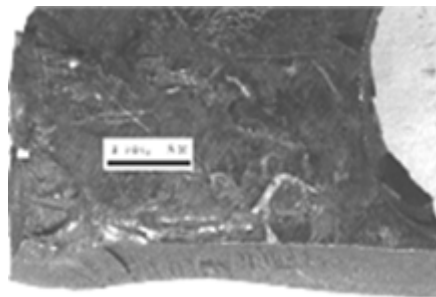
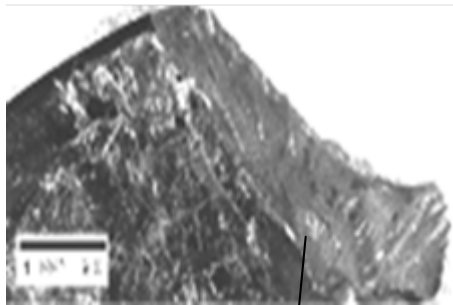
**ДЕФЕКТ МАССЫ
ШЕНЕЙ НАХОДИЛСЯ
ДИАПЗОНЕ ОТ 7 ДО 15%**



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

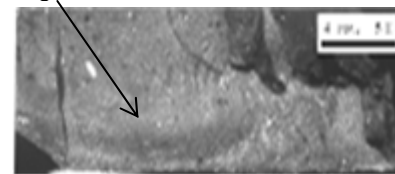
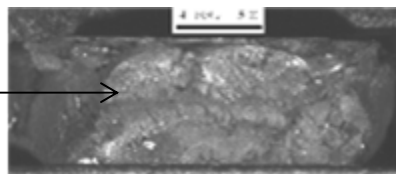
- 1. Количество фрагментов (осколков) прямо пропорционально количеству отверстий и скорости удара, чем больше значения этих параметров, тем больше количество осколков;**
- 2. Чем ниже значение скорости удара, тем выше размах (разница между максимальным и минимальным значением массы осколка) массы осколка. Данное положение справедливо как при ударе по мишеням ударников с отверстиями, так и при ударе дисками без отверстий. Значение средней массы осколка при ударе дисками без отверстий независимо от скорости удара находилось в диапазоне 4,02 – 4,84 г, значение средней массы фрагмента при ударе дисками с отверстиями независимо от количества отверстий в диапазоне 1,28 – 1,84 г.**

Фрактография осколков



Фарфоровидный
рельеф

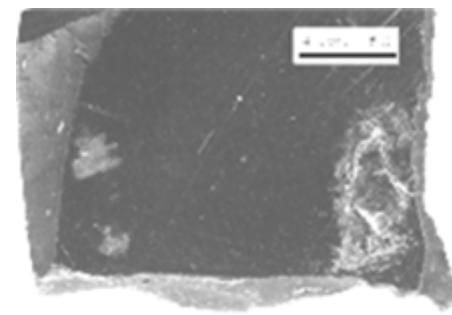
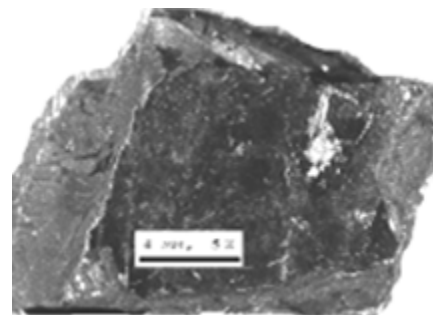
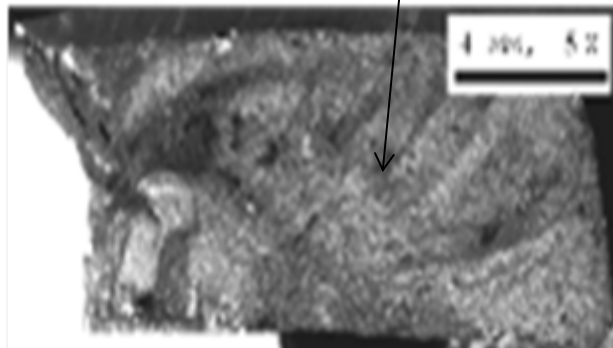
Квазихрупкий
рельеф



168 м/с – 4 отверстия

200 м/с - сплошной

280 м/с – 1 отверстие



221 м/с – 3 отверстия

225 м/с – 2 отверстия

Три последовательные зоны, в пределах которых, вероятно, менялась скорость распространения фронта повреждения и локализация сопутствующей деформации

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ФРАКТОГРАФИИ

1. Все исследованные осколки имели ромбовидную или прямоугольную (квадратную) формы;
2. Вид поверхностей разрушения свидетельствовал как о наличии квазихрупкого рельефа излома образцов (при малых скоростях удара), так и о фарфоровидном виде рельефа. Доля фарфоровидного рельефа увеличивалась с ростом скорости удара и при скорости $V_0 = 280$ м/с доля фарфоровидного излома составляла 100%;
3. Практически во всех квазихрупких рельефах изломов обнаружено от двух до четырёх последовательных зон, в пределах которых менялась скорость распространения фронта повреждения и локализация сопутствующей деформации. Количество зон связано с количеством отверстий в ударнике, т.е. можно предполагать, что остановки трещин связаны со сменой напряжённо-деформированного состояния. Т.е., чем больше отверстий в ударнике, тем интенсивнее происходит интерференция волн напряжений и, быстрее происходит смена механизмов НДС;
4. Наблюдаются случаи вторичной фрагментации, что указывает на усиление фрагментации за счёт интерференции упруго-пластических волн. Такое усиление фрагментации и приводит, очевидно, к необычным законам распределения;
5. При фарфоровидном изломе количество зон независимо от количества отверстий в ударнике, снижается либо до двух, либо присутствует только одна зона излома, т.е. магистральная трещина распространяется без остановок.

ВЫВОДЫ

- 1. Полученные результаты свидетельствуют о сложном характере физических механизмов фрагментации мишеней и законов распределения осколков (фрагментов) по массе в случае удара по мишеням как диско-ударников с отверстиями, так и компактных поражающих элементов;**
- 2. При небольших скоростях удара независимо от количества отверстий в ударнике хрупкое разрушение сопровождается микропластической деформацией (несмотря на квазихрупкое исходное состояние стали).**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!