

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОЙ МЕХАНИКИ
СПЛОШНЫХ СРЕД**

**Всероссийская
молодёжная научная конференция**

Томск, 16–19 октября 2010 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

**АЭРОБАЛЛИСТИКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ
СТЕРЖНЕВЫХ УДАРНИКОВ*****И.М. Тырышкин, В.Ф. Толкачев**

Раскрываются способы и конструкции стабилизации высокоскоростных стержневых ударников в полете, которые обеспечивают их взаимодействие с преградой по нормали. Оцениваются возможности их применения на практике.

AEROBALLISTICS OF HIGH VELOCITY ROD PROJECTILS**T.M. Tyryshkin, V.F. Tolkahev**

The present research concentrated on methods and constructions of stabilization high velocity rod projectiles in flight, which provide their interaction with a targets on normal. The research a significance of their application in practice are estimated.

Для изучения закономерностей проникающего и пробивного действия стержневых ударников по преграде необходимы простые конструкции и надежные методики их метания и устойчивой стабилизации в широком диапазоне скоростей полета. На практике наибольший интерес представляет задача торцевого удара либо с минимальным углом нутации.

Известны два принципиально отличных способа стабилизации тел различного удлинения на траектории: стабилизация вращением для тел относительно малого удлинения $\lambda=(l_0/d_0)<5$; стабилизация специальными стабилизирующими устройствами при $\lambda>5$ [1]. Проблема стабилизации ударников большого удлинения остается весьма актуальной. При проведении экспериментальных исследований высокоскоростного взаимодействия ударников с преградами она существенно осложняется факторами, которые необходимо разрешить [2]: 1) снизить силовое воздействие секторов поддона на ударник в момент их отделения; 2) обеспечить торцевой удар по преграде; 3) исключить удар секторов поддона по преграде с целью проведения чистого эксперимента.

В данном направлении разрабатывались различные технические устройства. Сущность решения заключается в смещении центра давления относительно центра тяжести сборки и отделении элементов поддона на трассе полета за счет аэродинамического сопротивления. На этих принципах разработаны устройства для метания и стабилизации ударников стержневого типа удлинением свыше 10 калибров. Предложенный способ заключается в следующем: стабилизация стержня на трассе осуществляется стабилизатором, который располагается на заднем торце в скользящем положении. Отработаны две наиболее работоспособные конструкции стабилизаторов: тонкостенный конус (тип «юбка»); диск с вогнутой передней и усеченной конической задней поверхностями (тип «блюдец»). Вид сборок приведен на рис. 1. Конструкции состоят из следующих эле-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №10-08-00398) и целевой программы РНП 2.1.2.2509.

ментов: 1 – стержневой ударник; 2 – ведущие сегменты поддона; 3 – стабилизатор; 4 – толкающий диск. Сборка соединяется с помощью клея, прочность склейки определяется требованиями жесткости при зарядании и свободного отделения сегментов и толкающего диска на трассе. Стабилизаторы выполнены из дюралюминия марки Д-16Т, размещены на заднем торце стержня в скользящем положении и фиксируется с помощью пояска-упора. Свободное размещение стабилизатора предотвращает его деформацию и разрушение при форсировании давления, при движении по каналу ствола, в период воздействия пороховых газов у дульного среза ствола и последействия за стволом.

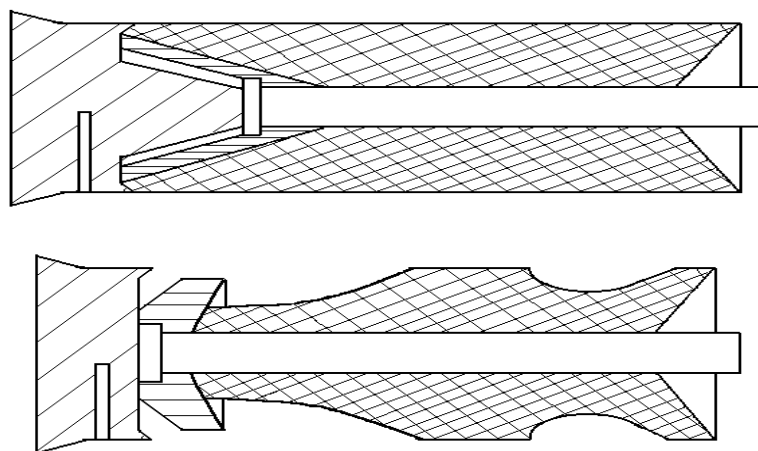


Рис. 1. Сборка типа «юбка» (вверху) и «блюдец» для метания и стабилизации в полете стержневых ударников

Толкающий диск разрезной, скрепленный фиксатором, для стабилизатора типа «блюдец» выполнен с конической выемкой на переднем торце, за счет чего создается радиальная составляющая силы набегающего потока воздуха, которая обеспечивает смещение элементов диска с траектории без существенного влияния на функционирование стабилизатора. Кроме того, выполнение передней части толкающего диска в форме конуса предотвращает разрушение стабилизатора, а имеющийся зазор между коническими поверхностями толкающего диска и стабилизатора позволяет последнему работать в пределах малых деформаций без разрушения [2]. Задняя часть сегментов поддона выполнена в виде конуса с криволинейной образующей, кривизна которой определялась из условий сохранности сегментов при разгоне по каналу ствола и исключения силового воздействия на стабилизатор при радиальном смещении на трассе.

Разрезной толкающий диск для стержней со стабилизаторами типа «юбка» выполнен со штоком, который размещается во внутренней полости стабилизатора с упором в задний торец стержня (рис. 1, внизу). Такая конструкция обеспечивает целостность стабилизатора при ведении по каналу ствола метательной установки и безопасное отделение частей толкающего диска от стержня на траектории полета. Для стержней из высокоплотных материалов используется

усиленный шток сложной конфигурации, где опорная вставка выполняется из высокопрочных материалов, например из высокопрочных титановых сплавов.

Различие в стабилизации данных конструкций связано с особенностями формирования воздушного обтекания при различных скоростях полета стержневых ударников [1]. На рис. 2 приведена фотография характерного спектра обтекания стержня удлинением 25 калибров со стабилизатором в виде вогнутого диска при скорости полета 980 м/с, полученная с помощью искрового генератора на расстоянии 5 м от дульного среза до точки съемки. Течение обладает некоторой асимметрией вследствие возмущений, возникающих при отделении элементов поддона и воздействия пороховых газов. Перед стабилизатором расположена ограниченная конусом ударной волны область газа турбулентного характера. Под действием возмущений, возникающих при переточе газа через кромку стабилизатора, происходит отклонение оси стержня от линии стрельбы. Анализ качественной картины обтекания тел сложной формы при сверхзвуковых скоростях, проведенный методом дискретных вихрей, показал, что устойчивость полета данных конструкций повышается с увеличением скорости метания и при $v_0 > 3M$ с вероятностью 0.9 имеет место устойчивый полет. На рис. 2 справа приведена фотография спектра обтекания при устойчивом полете стержня со скоростью 1350 м/с.

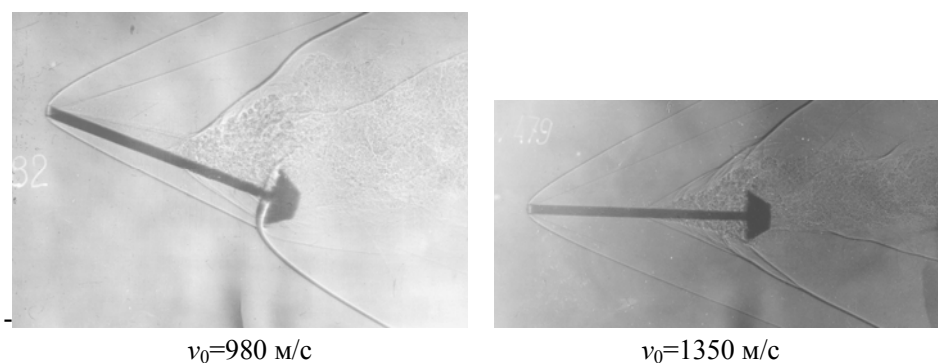


Рис. 2. Фотография спектра обтекания стержня со стабилизатором типа «блюдец»

На рис. 3 слева представлена фотография теневого спектра обтекания стержня ($d_0=3$, $\lambda=25$) с коническим стабилизатором при скорости полета $v_0=917$ м/с, полученная на расстоянии 2 м от дульного среза. Под действием пороховых газов стабилизатор смещен к головной части стержня. Хотя такое смещение приводит к изменению расположения центра тяжести и давления, однако запас устойчивости велик и далее в полете стабилизатор смещается к опорному кольцу, обеспечивая устойчивый полет стержня. Это иллюстрирует рис. 3 справа, на котором представлен теневой спектр обтекания на расстоянии 5 м от дульного среза с хорошей симметрией головной, присоединенной у вершины конуса и хвостовой ударных волн, что обеспечивает равномерность турбулентного следа.

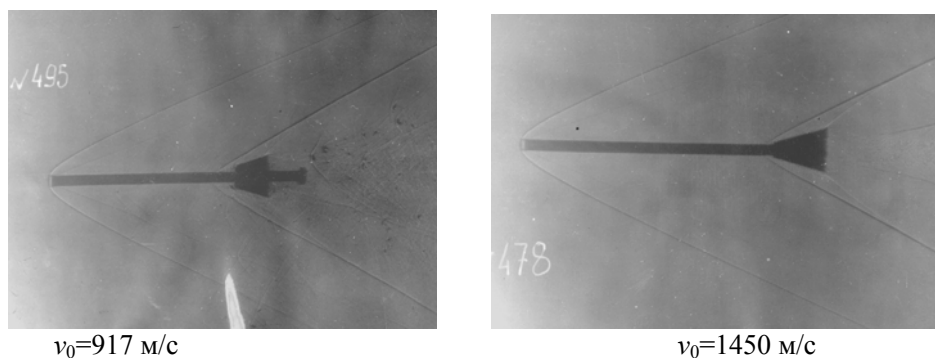


Рис. 3. Искровая фотография спектра обтекания стержня в полете со стабилизатором типа «юбка»

Из анализа проведенных исследований выявлены конструктивные параметры стабилизаторов двух видов для стержней удлинением 10...30 калибров при устойчивом полете при скоростях 1000...3000 м/с [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Черный Г.Г. Течение газа с большой скоростью звука. М.: Физматгиз, 1959. 376 с.
2. Динамика удара / Под ред. С.С. Григоряна. М.: Мир. 1985. 296 с.
3. Толкачев В.Ф., Хорев И.Е. Исследование разрушения преград при ударе стержнями под углами нутации // Третьи Окуневские чтения: Материалы докладов. Т. 2: Теоретическая и прикладная механика. СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2002. С. 91–94.