

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАЦИИ ГАЗОВ В ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО СНАРЯДА НА ЕГО ДОЗВУКОВУЮ АЭРОДИНАМИКУ

Кравчук А.С.¹, Соколов И.О.¹, Девойно О.Г.¹, Янь Баошань²

¹*Белорусский национальный технический университет, г. Минск;*

²*Шэньянский университет, г. Шэньян, Китай*

Ключевые слова: турбулентное течение, аэродинамика снаряда, ANSYS, FLOTTRAN.

Аннотация. Проведено исследование влияния газогенератора на аэродинамику артиллерийского снаряда. Установлены интервалы изменения скорости истечения газов и давления в газогенераторе, приводящие к минимизации кинетической энергии вихря в задонной части снаряда. При решении набора задач определено, что кинетическую энергию вихря в задонной части снаряда можно уменьшить на 15-17%. При этом следует ожидать пропорционального увеличения дальности стрельбы снарядами данного вида.

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF GAS GENERATION PARAMETERS IN THE GAS GENERATOR OF THE ARTILLERIAN PROJECTILE ON ITS SUBSONIC AERODYNAMICS

Kravchuk A.S.¹, Sokorov I.O.¹, Devoino O.G.¹, Yan Baoshan²

¹*Belarussian National Technical University, Minsk;*

²*Shenyang University, Shenyang, China*

Keywords: turbulent flow, projectile aerodynamics, ANSYS, FLOTTRAN.

Abstract. A study of the influence of a gas generator on the aerodynamics of an artillery projectile was made. The intervals of changing of the velocity of the gases outflow and pressure in the gas generator are established, which are leading to minimization of the kinetic energy of the vortex in the back of the projectile. It was determined that the kinetic energy of the vortex in the back of the projectile can be reduced by 15-17%. In this case, a proportional increasing in the firing range of the projectile should be expected.

Введение. В отличие от реактивного движения газогенератор не предназначен для создания реактивной тяги, а только снижает энергию вихреобразования в задонной области артиллерийского снаряда при его движении в воздухе [1, 2].

Процесс газогенерации обеспечивается дегрессивным сгоранием [3] специального топливного заряда газогенератора расположенного в донной части артиллерийского снаряда [1].

Необходимо отметить, что созданная ранее Кравчуком А.С. с соавторами [2] параметрическая модель фугасного снаряда подходит также для оценки необходимых параметров газогенератора, а также формы и размеров его сопла.

В качестве цели решаемой задачи поставлено определение скорости истечения газа из сопла, и давления газа внутри газогенератора. Вариация этих параметров должна минимизировать кинетическую энергию вихря в задонном пространстве снаряда, возникающего при его движении в воздухе.

Следует также указать, что с помощью предлагаемой модели можно также определить каким образом будет влиять на газодинамику снаряда и интегральную силу сопротивления снаряду некоторый реактивный эффект от работы газогенератора.

Таким образом, исследователь с помощью данной модели также может оценить не только эффективность обычного газогенератора, а даже определить его параметры для начала реактивного движения артиллерийского снаряда. Это позволит не только компенсировать силу сопротивления в задонной части снаряда, но и силу сопротивления, возникающую перед его головной частью, что должно привести к значительному увеличению дальности стрельбы из артиллерийских систем.

Постановка задачи [2]. Рассматривается артиллерийский снаряд с газогенератором, двигающийся с постоянной скоростью в воздушном пространстве без теплопередачи. Предполагая неподвижность снаряда, задача сводится к исследованию течения описанного вокруг оси симметрии боеприпаса цилиндрического объема газовой среды, диаметр основания и длина которого существенно больше калибра и длины снаряда. Учитывая осесимметричность геометрии модели и специфику решения гидродинамических задач средствами ANSYS/FLOTTRAN, в данном случае достаточно рассмотреть плоское радиальное сечение цилиндрического фрагмента воздушной среды, обтекающей плоский недеформируемый профиль радиального сечения артиллерийского боеприпаса с газогенератором. При моделировании работы газогенератора рассматривается стационарный процесс истечения газа из его сопла при заданном давлении и скорости потока.

В данной работе предполагается, что газ, истекающий из сопла газогенератора, по своим свойствам полностью совпадает с воздухом. Необходимость такого упрощения объясняется тем, что во FLOTTRAN довольно сложно решаются задачи многокомпонентного течения. Однако это несколько не умаляет прикладное значение построенного решения, т.к. оно даже в этом случае позволяет установить ориентировочные значения необходимые для работы газогенератора (давление на выходе газогенератора и скорость истечения газа).

Описание параметров модели. В данном исследовании наименование параметров модели полностью соответствуют параметрам, использованным в ранней публикации [2] (рис. 1): POL_K - половина калибра снаряда (м), L_USL - условная длина снаряда (м), L_USL_D - условное расстояние до дна сопла газогенератора (м), L_USL_GO - условная длина головной части (м), L_S - условная длина средней части (м), R_D - внутренний радиус сопла газогенератора (м), R_HV - внешний радиус хвостовика (м), S - разность между параметром R_D и выходным радиусом сопла газогенератора (м), R_GOL - радиус закругления вершины снаряда (м), R - переходные радиусы в геометрии снаряда (м), V0 – дозвуковая скорость набегающего потока (700 м/с), T0 - температура окружающей среды (20°C).

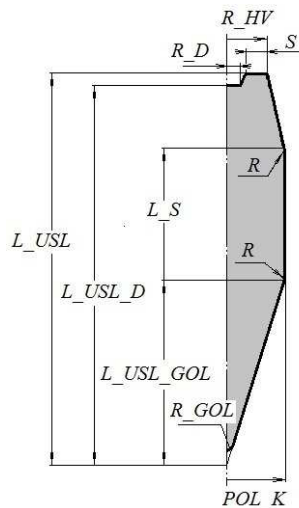


Рис. 1. Параметры радиального сечения артиллерийского снаряда с газогенератором

Комментарии к краевым условиям задачи и установки решателя ANSYS. Практически все краевые условия решаемой задачи остаются без изменений по сравнению параметрами осколочно-фугасного снаряда рассмотренного в статье Кравчука А.С. и соавторов [2]. Единственным изменением является назначение на дне сопла с помощью команды `DL, 6, , VU, 0.1*V0, 1`, скорости потока истекающих из газогенератора газов (в данном случае назначена скорость в размере 10% от скорости полета снаряда) и давления в газогенераторе (на дне сопла) командой `DL, 6, PRES, 50000, 1` (в данном случае на дне сопла устанавливается давление на 50000 Па превышающее атмосферное).

Обе эти команды должна быть вставлены между командами с номерами 23 и 24 таблицы 4 статьи [2].

Остальные параметры среды (воздуха), ее сжимаемости, а также учета стационарного вихреобразования при движении снаряда остаются стандартными и должны быть заимствованы из таблицы 4 без изменений (команды № 24-30) статьи [2].

Вместо команды № 31 (табл. 4) [2] следует использовать последовательность трех команд: `FLDATA34, MIR, MOME, 0.99`; `FLDATA34, MIR, TURB, 0.99`; `FLDATA34, MIR, TEMP, 0.99`, - позволяющих добиться сходимости решения для наиболее широкого набора значений скорости потока и давления на дне сопла газогенератора.

Анализ полученных результатов. Установлено, что если в качестве критерия решения задачи использовать условие минимума кинетической энергии вихря в задонном пространстве снаряда при его полете, то можно указать интервалы изменений значений скорости истечения газов и давления на дне сопла, которые будут задавать ориентировочное оптимальное решение поставленной задачи.

В частности для значений геометрических параметров модели снаряда $POL_K = 0.061$, $L_USL = 0.40$, $L_USL_D = 0.39$, $L_USL_GOL = 0.15$, $L_S = 0.15$, $R_D = 0.015$, $R_HV = 0.05$, $S = 0.03$, $R_GOL = 0.005$, $R = 0.15$ и параметров набегающего потока воздуха $V0 = 700$, $T0 = 20$ были получены в качестве оптимальных следующие интервалы значений:

- для скорости истечения газов из газогенератора 21-35 м/с;
- для превышения давления над атмосферным (принятым за нуль) внутри газогенератора: 50000-100000 Па.

Заключение. Проведено исследование влияния газогенератора на аэродинамику артиллерийского снаряда.

Установлено, что разработанная ранее модель для снаряда без газогенератора, после соответствующего изменения значений параметров и краевых условий пригодна для решения поставленной задачи.

Установлены интервалы изменения скорости истечения газов и давления в газогенераторе, приводящие к минимизации кинетической энергии вихря в задонной части снаряда.

При решении набора задач определено, что кинетическую энергию вихря в задонной части снаряда можно уменьшить на 15-17% (рис. 2). При этом следует ожидать пропорционального увеличения дальности стрельбы снарядами данного вида.

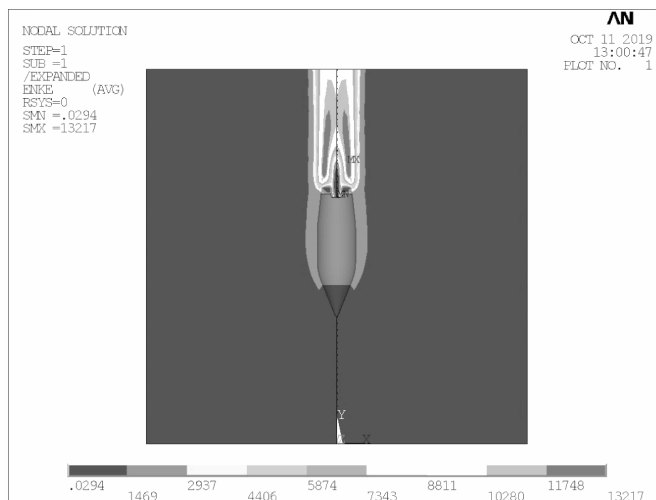


Рис. 2. Близкая к минимальным значениям энергия вихреобразования в задонной части снаряда

Список литературы

1. Генкин Ю.В. Конструкция артиллерийских выстрелов / Ю.В. Генкин, Я.О. Павлов, М.А. Преображенская. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2012. – 114 с.
2. Кравчук А.С. Параметрическая модель обтекания осколочно-фугасного снаряда потоком воздуха / А.С. Кравчук, А.И. Кравчук, И.А. Тарасюк // Перспективы науки. – 2018. – № 7(106). – С. 44-51.
3. Уравнения состояния газа. Идеальный газ, реальный газ.../ Вунивере.ру [Электронный документ] URL: <http://vunivere.ru/work59993/page5>

Сведения об авторах:

Кравчук Александр Степанович – д.ф.-м.н., доцент, в.н.с., НИПИ БНТУ, г.Минск;
Соколов Игорь Олегович – к.т.н., доцент, заведующий лабораторией ДСиММ, НИПИ БНТУ, г.Минск;

Девойно Олег Георгиевич – д.т.н., профессор, заведующий лабораторией ПЛТ, НИПИ БНТУ, г. Минск;

Янь Баошань – магистрант, Шэньянский университет, г. Шэньян, Китай.