



МИНОБРНАУКИ РФ  
Российский фонд  
фундаментальных исследований  
Национальный исследовательский  
Томский государственный университет  
НИИ прикладной математики и механики  
Томского государственного университета  
Физико-технический факультет  
Совет молодых учёных ТГУ



**VIII Всероссийская молодежная научная конференция  
«Актуальные проблемы современной механики  
сплошных сред и небесной механики – 2018»  
г. Томск, 26–28 ноября 2018 г.**

**VIII All-Russian Scientific Conference  
«Current issues of  
continuum mechanics and celestial mechanics – 2018»,  
November, 26–28, 2018**

Томск-2019

## Литература

1. *Вениаминов С.С., Червонов А.М.* Космический мусор угроза человечеству / под ред. Р.Р. Назирова, О.Ю. Аксенова. М.: Ротапринт ИКИ РАН, 2012, 192 с.
2. *Gangestad J.W., Pollock G.E., Longuski J.M.* Propellantless Stationkeeping at Enceladus via the Electromagnetic Lorentz Force // Journal Of Guidance, Control, And Dynamics Vol. 32, No. 5, Sep.–Oct. 2009.

## References

1. *Veniaminov S.S., Chervonov A.M.* Space Debris a Threat to Mankind / Edited by. Nazirov R.R, Aksenov O.Y. M.: Rotaprint IKI RAN, 2012, 192 p.
2. *Gangestad J.W., Pollock G.E., Longuski J.M.* Propellantless Stationkeeping at Enceladus via the Electromagnetic Lorentz Force // Journal Of Guidance, Control, And Dynamics Vol. 32, No. 5, Sep.–Oct. 2009.

## ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ МОДЕЛИ В РАБОЧЕЙ ЧАСТИ ИМПУЛЬСНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

**Н.П. Скибина**

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
uss.skibina@gmail.com

**Ключевые слова:** аэродинамика, вычислительная гидродинамика, коэффициент лобового сопротивления, импульсная аэродинамическая установка.

**Аннотация.** Целью настоящей работы является математическое моделирование процесса обтекания тела, закрепленного в рабочей части импульсной аэродинамической установки, сверхзвуковым потоком воздуха со скоростью в числах Маха  $M = (2 \div 5)$ . В качестве моделей выбраны клин и конус, так как для тел данной геометрии ранее проводились серии экспериментов. При этом модели имели одинаковое сечение с углом полураствора 15 градусов и различную структуру течения вблизи тела. С использованием вычислительного комплекса Ansys Fluent осуществлялось решение системы осредненных уравнений Навье–Стокса. Для моделирования турбулентности использовалась SST модель. Относительная погрешность результатов численного расчета в сравнении с результатами эксперимента составила около 3%. Качественное сравнение картин обтекания, полученных в ходе видеосъемки процесса высокоскоростной видеокамерой, и полей распределения рассчитанных газодинамических параметров показало хорошее согласование между математическим и физическим моделированием.

# NUMERICAL CALCULATION OF PARAMETERS FOR SUPERSONIC FLOW AROUND BODY IN WORKING PART OF WIND TUNNEL

N. Skibina

National Research Tomsk State University, Russian Federation  
uss.skibina@gmail.com

**Keywords:** aerodynamic; computational fluid dynamics; aerodynamic drag coefficient; pulsed wind tunnel.

**Abstract.** The main purpose of this research is a mathematical modeling of the flow around a body, installed in the working part of a pulsed aerodynamic wind tunnel, by supersonic air flow with a Mach numbers  $M = (2 \div 5)$ . A wedge and a cone were chosen as models, since a series of experiments were previously carried out for the bodies of a given geometry. At the same time, the models had the same cross-section with a half-angle of 15 degrees and a different flow structure near the body. Using the computational software Ansys Fluent, the Navier-Stokes system of averaged equations was solved. SST model was used to simulate turbulence. The relative error of the results of numerical calculation in comparison with the results of the experiment was about 3%. A qualitative comparison of the flow patterns obtained during the process video filming with a high-speed video camera and the distribution fields of the calculated gas-dynamic parameters showed good agreement between mathematical and physical modeling.

Разработка сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов военного и гражданского назначения приводит к необходимости изучения аэродинамики, тепломассообмена и физической механики полета на высоких скоростях. Актуальность исследований подтверждается национальными и международными программами, реализуемыми на территории Европы, США, Индии, Японии и Российской Федерации.

Импульсная аэродинамическая установка Томского государственного университета используется для проведения аэродинамических и аэрофизических исследований в сверхзвуковых и гиперзвуковых потоках со скоростями  $M=2\div 7$ . Основными достоинствами установки являются широкий диапазон режимов работы, простая конструкция, низкие расходы сжатого газа и электроэнергии [1].

Осуществление измерений в высокоскоростных потоках – довольно трудоемкий процесс, так как его организация и проведение требуют учета большого числа различных аспектов. Менее ресурсозатратным способом исследований является численный расчет. При этом критерием истинности остается эксперимент: в результате сравнения результатов математического моделирования и результатов, полученных опытным путем, можно судить о достоверности данных численного расчета и применимости подхода в целом.

Целью настоящей работы является математическое моделирование процесса обтекания тела, закрепленного в рабочей части импульсной аэродинамической установки, потоком воздуха со скоростями в числах Маха  $M = (2 \div 5)$ . В качестве исследуемых моделей выбраны клин и конус, так как для тел данной геометрии ранее были проведены серии экспериментов. При этом модели имели одинаковое сечение с углом полураствора 15 градусов, но структура течения вблизи тела различна [2].

С использованием вычислительного комплекса Ansys Fluent осуществлялось решение системы осредненных уравнений Навье–Стокса. Для моделирования турбулентности использовалась SST модель. Относительная погрешность результатов численного расчета относительно результатов эксперимента составила около 3%. Качественное сравнение картин обтекания, полученных в ходе видеосъемки процесса высокоскоростной видеокамерой, и полей распределения рассчитанных газодинамических параметров показало хорошее согласование между математическим и физическим моделированием [3].

В процессе работы отлажена методика численного расчета, позволяющая производить расчет параметров обтекания тела в рабочей части при заданной скорости набегающего потока. Сформированная база знаний открывает возможности размещения в рабочей части установки тела более сложной формы для изучения их обтекания сверхзвуковыми и гиперзвуковыми потоками.

Грамотная состыковка эксперимента и математического моделирования позволяет получать достоверные данные для широкого диапазона аэродинамических и термогазодинамических параметров, а также дает информативную картину изменения параметров исследуемого процесса.

### Литература

1. *Звегинцев В.И.* Газодинамические установки кратковременного действия. Ч. I: Установки для научных исследований. Новосибирск: Параллель, 2014. 551 с.
2. *Фараонов В.В., Маслов Е.А., Чунашев А.В., Мацкевич В.В., Чижов С.Ю.* Экспериментальное исследование обтекания тел плоской и осесимметричной формы // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики: сб. трудов IX всероссийской научной конференции, 21–25 сентября 2016 года, г. Томск. Томск: Томский государственный университет, 2016. С. 144–145.
3. *Скибина Н.П., Савкина Н.В., Фараонов В.В.* Математическое моделирование газодинамических параметров потока в импульсной аэродинамической установке и численный расчет аэродинамических характеристик при обтекании тела в рабочей части: сб. трудов X всероссийской научной конференции, 3–5 сентября 2018 года, г. Томск. Томск: Томский государственный университет, 2018. С. 83.

### References

1. *Zvegintsev V.I.* Gas dynamic installation of short duration. Part I. Installations for scientific research. Novosibirsk: Parallel, 2014. 551 s.

2. *Faraponov V.V., Maslov E.A., Chupashev A.V., Matskevich V.V., Chizhov S.Yu.* Experimental study of the flow around flat and axisymmetric bodies // Fundamental and applied problems of modern mechanics: Collection of works of the IX All-Russian Scientific Conference, September 21–25, 2016, Tomsk. Tomsk: Tomsk State University, 2016. Pp. 144–145.

3. *Skibina N.P., Savkina. N.V., Faraponov V.V.* Mathematical modeling of gas-dynamic parameters of the flow in a pulsed aerodynamic installation and numerical calculation of the aerodynamic characteristics of the flow around the body in the working part // Collected Works of the X All-Russian Scientific Conference, September 3–5, 2018, Tomsk. Tomsk: Tomsk State University, 2018. p. 83

## **ВОПРОС О СТАБИЛИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ФОРСИРОВАНИЯ ПРИ ВЫСТРЕЛЕ**

**М.С. Хребтова**

Новосибирский государственный технический университет, Россия  
maria.khrebtova@yandex.ru

**Ключевые слова:** давление форсирования, ведущий поясок, врезание в нарезы канала ствола.

**Аннотация.** Изменение конструкции ведущего пояска артиллерийского боеприпаса к нарезному оружию – один из актуальных способов стабилизации давления форсирования при выстреле и тем самым повышения характеристик боеприпаса. Переход к новому типу конструкции ведущего пояска обеспечивает уменьшение затрат энергии на врезание в нарезы канала ствола практически вдвое, что приводит к стабилизации давления форсирования при выстреле.

## **THE ISSUE OF BOOST PRESSURE STABILISATION DURING FIRING**

**Maria Khrebtova**

Novosibirsk State Technical University, Russian Federation  
maria.khrebtova@yandex.ru

**Keywords:** boost pressure, driving belt, bumping into barrel rifling.

**Abstract.** Changing the design of the driving belt of artillery ammunition to a new type is one of the most relevant ways to stabilize the boost pressure during a shot and thereby improve the performance of the ammunition. Usage of a new design of the driving belt reduces energy consumption for plunging almost by half, which increases boost pressure stabilization.

В настоящее время весьма актуален вопрос поиска способов повышения технических характеристик артиллерийского снаряда при уменьшении его