

**Санкт-Петербургский государственный университет**

---

**Математико-механический факультет**

**ПРОСТЕЙШИЕ ПРИМЕРЫ  
УСТАНОВИВШИХСЯ БЕЗВИХРЕВЫХ  
СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА**

*Учебное пособие*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

**2014**

*Утверждено на заседании Ученого совета  
математико-механического факультета*

**Составители:** *канд. физ.-мат. наук, доцент В.И. Богатко,  
канд. физ.-мат. наук Е.А. Потехина.*

**Рецензенты:** *д-р. физ.-мат. наук, профессор С.К. Матвеев  
(Санкт-Петербургский государственный  
университет),  
канд. физ.-мат. наук, доцент Г.А. Колтон  
(Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный").*

В настоящем учебном пособии подробно рассматриваются простейшие модельные задачи установившихся безвихревых сверхзвуковых течений газа. Такие течения реализуются, в частности, при обтекании различных элементов летательных аппаратов, в том числе и специальных органов управления полетом (рули высоты и направления, элероны, стабилизаторы и т.д.).

Представленное пособие может быть использовано при подготовке специалистов по направлению обучения бакалавров и магистров 010800 «Механика и математическое моделирование», а также по специальностям 010901 «Механика», 010701 «Фундаментальная математика и механика».

Пособие предназначено для студентов и аспирантов механических отделений университетов, гидрометеорологических и технических вузов.

Простейшие примеры установившихся  
бизвихревых сверхзвуковых течений газа

---

## Введение

Управление летательным аппаратом в процессе его полета осуществляется за счет механизации крыла. Механизация крыла — это совокупность устройств на крыле летательного аппарата, предназначенных для регулирования его несущих свойств. Механизация включает в себя закрылки, предкрылки, интерцепторы, спойлеры, флапероны, аэродинамические рули управления летательным аппаратом (рули высоты и направления, элероны, элевоны), и управляемые (цельноповоротные) стабилизаторы, дестабилизаторы, кили, активные системы управления пограничным слоем и т. д.

Эти специальные органы управления представляют собой аэродинамические поверхности, служащие для обеспечения полета летательного аппарата на заданных режимах и различных маневрах (изменений режима полета). Управление осуществляется варьированием аэродинамических сил и моментов, что достигается изменением ориентации органов управления по отношению к корпусу летательного аппарата.

Применение различных устройств механизации крыла улучшает также продольную статическую устойчивость летательного аппарата. Так, например, установка концевых шайб и простого закрылка вызывает увеличение аэродинамического качества за счет значительного роста подъемной силы при не очень больших углах атаки (не больше 20 градусов). Кроме того, современные летательные аппараты имеют много других выступающих частей и приспособлений (антенны, воздухозаборники и т.д.)

Для определения суммарных аэродинамических характеристик летательного аппарата необходимо также учитывать интерференцию (то есть взаимное влияние) различных частей и выступающих элементов летательного аппарата.

В настоящем учебном пособии по курсу теоретической газовой динамики рассматриваются простейшие примеры установившихся безвихревых сверхзвуковых течений газа. Эти примеры могут служить иллюстрацией тех течений, которые возникают при обтекании различных элементов механизированного крыла при сверхзвуковом движении летательного аппарата с постоянной скоростью.

Пособие предназначено для студентов и аспирантов механических отделений университетов, гидрометеорологических и технических вузов. Материал, изложенный в пособии, используется при чтении обязательного курса лекций «Газовая динамика» для студентов математико-механического факультета СПбГУ.

# Содержание

Введение	1
1. Прямой скачок уплотнения. Формула Прандтля	3
2. Точка торможения. Вывод формулы Рэлея	6
3. Обтекание выпуклой поверхности	11
4. Обтекание угла большего, чем $\pi$	14
5. Обтекание угловой точки	17
6. Обтекание вогнутой поверхности	19
7. Обтекание угла меньшего, чем $\pi$	23
8. Обтекание клина	26
8.1. Симметричный клин . . . . .	27
8.2. Несимметричный клин . . . . .	28
9. Истечение газа из трубы	30
10. Движение газа внутри трубы	33
11. Обтекание пластинки сверхзвуковым потоком газа	34
Литература	38

Подписано в печать 22.10.14. Формат 60x84/16.  
Тираж 50. Заказ № 162.

Типография Издательства СПбГУ.  
190066, Санкт-Петербург, Средний пр., 41