

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Гидрогазодинамика**

: 15.03.03

: 2, : 4

		<b>4</b>
<b>1</b>	( )	3
<b>2</b>		108
<b>3</b>	, .	61
<b>4</b>	, .	36
<b>5</b>	, .	0
<b>6</b>	, .	18
<b>7</b>	, .	0
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	5
<b>10</b>	, .	47
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 15.03.03

220 12.03.2015 ., : 16.04.2015 .

: 1, ,

( ): 15.03.03

, 6 20.06.2017

, 5 21.06.2017

:

, . . . . .

:

, . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

**Компетенция ФГОС: ПК.1 способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:**

6.
9.

## 2.

2.1

( , , , )	
-----------	--

<b>.1. 6</b>	
1. Изучить основные гипотезы и допущения, используемые в теоретических и экспериментальных исследованиях механики жидкости и газа.	; ;
2. Изучить принципы, используемые при анализе движения жидкости и газа и их силового взаимодействия с обтекаемыми телами.	;
3. Изучить методы исследования движения идеальной жидкости и газа: методе Эйлера и Лагранжа.	;
4. Изучить потенциальные течения.	;
5. Изучить основы теории пограничного слоя и его роль в динамике вязкой жидкости и газа.	;
6. Изучить основы теории подобия в механике жидкости и газа и основных критериях подобия.	;
7. Изучить основные физико-механические свойства жидкостей и газов и их место в теоретических и экспериментальных исследованиях механики жидкости и газа.	; ;
8. Изучить основы теории вихревого движения жидкости и газа.	;
9. Изучить уравнения неразрывности, движения идеальной жидкости (газа). интеграл Бернулли для несжимаемого и сжимаемого газа.	; ;
10. Изучить особенности обтекания тел до-, транс- и сверхзвуковым потоком газа.	;
<b>.1. 9</b>	
11. Научиться выводить уравнения Бернулли для течения вязкой жидкости в трубе.	;
12. Пользоваться приборами для измерения параметров потока в рабочей части дозвуковой аэродинамической трубы или другом канале.	; ;
13. Определять экспериментально скорость потока и расход газа, используя приёмник давления и наклонный микроманометр.	;
14. Пользоваться таблицами стандартной атмосферы.	;
15. Определять значение коэффициентов аэродинамических сил и продольного момента профиля по известному распределению давления.	; ;
16. Рассчитывать аэродинамические характеристики модели крыла по результатам весовых испытаний модели.	; ;
17. Выполнить гидравлический расчёт простого трубопровода переменного сечения при наличии местных гидросопротивлений.	;
18. Научиться рассчитывать параметры сверхзвукового потока с использованием таблиц газодинамических функций.	;

## 3.

	,	.	
:4			
:			
1.	0	2	1,7
2.	0	2	2,3,9
3.	0	2	4
:			
4.	0	2	3,9
5.	0	2	8
6.	0	2	8
:			
7.	0	4	10,14,18
:			
8.	0	2	10
9.	0	2	10
:			
10.	0	2	15
11.	0	2	10
:			
12.	0	2	16
13.	0	2	8
:			
14.	0	2	5
:			

15.		0	2	11
16.		0	2	12, 17
:				
17.		0	2	6

3.2

: 4				
:				
1.		0	4	12, 13, 9
:				
2.		0	4	15
3.		0	4	16
:				
4.		0	6	1, 7

3.3

: 4				
:				
1.		0	6	14, 18
:				
2.		0	4	1

4.

: 4				

1		14, 18	9	4
: . - ;[ . . . .].- 3-4 / . . . . . http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000081556				
2		1, 12, 13, 15, 16	18	0
3-4 / . . . . . - ;[ . . . . .].- , 2008. - 61, [2] .: ..- : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000081556				
3		1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	1
: . . . . . - ;[ .: . . . . , . . . . .] ].- , 2016. - 19, [1] .: ..- : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 : 3-4 / . . . . . - ;[ . . . . .].- , 2008. - 61, [2] .: ..- : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000081556				
4		1, 14, 18	10	0
, 3.3 : : / . . . . . - ;[ .: . . . . , . . . . .].- , 2016. - 19, [1] .: ..- : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

## 5.

- , ( . 5.1).

5.1

	-
	:www.ciu.nstu.ru
	e-mail:agd@craft.nstu.ru
	e-mail:agd@craft.nstu.ru

## 6.

( ),

- 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 4</b>		
<i>Лабораторная:</i>	20	40
<i>РГЗ:</i>	20	40
<i>Зачет:</i>	10	20

<b>.1</b>	6.		+
	9.	+	+

1

## 7.

1. Харитонов А. М. Техника и методы аэрофизического эксперимента : [учебное пособие для вузов по направлению бакалавров и магистров 160100 "Авиа- и ракетостроение" и др.] / А. М. Харитонов. - Новосибирск, 2011. - 642 с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157312](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157312)

2. Харитонов А. М. Техника и методы аэрофизического эксперимента. Ч. 1 : [учебник] / А. М. Харитонов. - Новосибирск, 2005. - 217 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2005/2005haritonov.pdf>

3. Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/kuraev.pdf>

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : [учебник для вузов по специальности 010500 "Механика"] / Л. Г. Лойцянский. - М., 2003. - 840 с. : ил.

2. Мхитарян А. М. Аэродинамика : [учебник для авиационных специальностей вузов] / А. М. Мхитарян. - М., 1976. - 446 с. : ил.

3. Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика : Учебник для вузов по спец. "Гидравл. машины и средства автоматизации". - М., 1987. - 440 с. : ил.

4. Гостеев Ю. А. Гидравлика и газодинамика. Ч. 1 : учебное пособие / Ю. А. Гостеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 103, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gost.rar>

5. Сборник задач по аэрогидромеханике : учебное пособие / Новосиб. гос. техн. ун-т ; сост.: А. А. Кураев и др. - Новосибирск, 2003. - 112 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/cborn.rar>

6. Аржаников Н. С. Аэродинамика : учебник для авиационных вузов / Н. С. Аржаников, В. Н. Мальцев. - М., 1956. - 483 с.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

## 8.

### 8.1

1. Аэродинамика : лабораторный практикум для 3-4 курсов ФЛА всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Кураев и др.]. - Новосибирск, 2008. - 61, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000081556](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000081556)

2. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234042](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042)

### 8.2

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

## 9.

-

1	( - ) , ,	

1	. -10 .17	
2		
3	-2400	
4	. .	
5	.	



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра аэрогидродинамики

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЛА  
д.т.н., профессор С.Д. Саленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Гидрогазодинамика

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Гидрогазодинамика» приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИ способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	з6. знать основные уравнения механики жидкости и газа	Введение. Основные физико-механические свойства жидкостей и газов. Вихревая модель крыла конечного размаха. Индуктивное сопротивление. Кинематика жидкости. Метод Эйлера, Лагранжа. Линия тока. Уравнение неразрывности. Одномерное изэнтропическое движение идеального газа. Приведенная скорость. Газодинамические функции. Связь со скоростью течения газа и формой его струи. Основные соотношения параметров течения для косоугольного скачка. Связь между углом поворота сверхзвукового потока и фронтом косоугольного скачка. Ударная волна. Основы теории подобия. Масштабные коэффициенты. Критерии подобия в аэрогидромеханике. Пограничный слой. Соотношение для пограничного слоя. Расчет ламинарного и турбулентного пограничного слоя. Толщина вытеснения. Толщина потери импульса. Понятие о вихревой линии. Вихревая трубка. Теорема Стокса. Циркуляция скорости. Первая теорема Гельмгольца о вихрях. Профиль крыла в до-, транс- и сверхзвуковом потоке. Сверхзвуковое течение газа. Прямой скачок уплотнения, косой скачок уплотнения. Основные соотношения параметров течения для прямого скачка. Сложное движение жидкой частицы. Потенциальные течения. Функция тока. Формула Био-Савара о вихревой влиянии. Парадокс Эйлера-Даламбера. Теорема Н.Е. Жуковского.		Зачет, вопросы № 1 – 12, 15, 16, 18 – 24, 26 – 33, 38, 39.
ПК.1/НИ	у9. уметь применять основные уравнения механики жидкости и газа для решения	Аэродинамическая труба и приборы для измерения скорости газовых потоков. Аэродинамические силы и	РГЗ, расчетная часть.	Зачет, вопросы № 15 – 17, 21, 25, 34 – 37.

	практических задач	моменты, действующие на профиль крыла. Скоростная и связанная системы координат. Коэффициенты аэродинамических сил и моментов. Виды гидравлических потерь. Кавитация. Гидроудар. Крыло конечного размаха, геометрические и аэродинамические характеристики. Одномерное изоэнтропическое движение идеального газа. Приведенная скорость. Газодинамические функции. Связь со скоростью течения газа и формой его струи. Расчет параметров газа при одномерном изэнтропическом сверхзвуковом движении газа по каналу переменного сечения и на косом скачке уплотнения. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические потери.		
--	--------------------	---	--	--

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4 паспорта зачета).

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт зачета

по дисциплине «Гидрогазодинамика», 4 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1 – 19, второй вопрос из диапазона вопросов 20 – 39 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Гидрогазодинамика»

---

1. Потенциальное течение. Потенциал скорости. Функция тока.
2. Индуктивное сопротивление крыла конечного размаха.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ проф., С.Д. Саленко  
(подпись)

20.06.2017

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет менее *10 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение только основных понятий, оценка составляет *10 – 13 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, гипотезы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет *14 – 17 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, теорий, проводит

комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет *18 – 20 баллов*.

### **3. Шкала оценки**

Общая оценка складывается из оценки за выполнения лабораторных работ, РГЗ и оценки за ответ на зачете: 100 баллов = 20...40 баллов (лабораторные работы) + 20...40 баллов (РГЗ) + 10...20 баллов (зачет).

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Вопросы к зачету по дисциплине «Гидрогазодинамика»**

1. Основные физико-механические свойства жидкостей и газов.
2. Принципы и гипотезы, принятые в механике жидкости и газа.
3. Методы исследования в механике жидкости и газа.
4. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Эйлера.
5. Уравнение движения в форме Громеки.
6. Уравнение неразрывности.
7. Уравнение сохранения энергии.
8. Линия тока, трубка тока. Циркуляция скорости.
9. Потенциальное течение. Потенциал скорости. Функция тока.
10. Теорема Коши-Гельмгольца о разложении скорости жидкого элемента.
11. Вихревое движение. Вихревая линия, вихревая трубка, напряженность вихря.
12. Теорема Стокса. Теорема Гельмгольца о вихрях.
13. Интеграл Бернулли для несжимаемой жидкости.
14. Уравнение Бернулли для сжимаемого газа.
15. Одномерное изоэнтропическое течение сжимаемого идеального газа. Приведенная скорость.
16. Газодинамические функции, их применение для расчета параметров изоэнтропического течения газа.
17. Зависимость скорости течения от площади поперечного сечения струйки. Сопло Лавала.
18. Сверхзвуковое течение идеального газа. Прямой скачок уплотнения. Соотношение скоростей на прямом скачке уплотнения.
19. Соотношение плотностей и давления на прямом скачке уплотнения.
20. Соотношение температур на прямом скачке уплотнения.
21. Косой скачок уплотнения. Соотношение параметров на косом скачке уплотнения.
22. Давление в критической точке тела, обтекаемого сверхзвуковым потоком. Формула Рэлея.
23. Профиль крыла в дозвуковом потоке. Линеаризация уравнений.
24. Профиль крыла в трансзвуковом потоке. Критическое число Маха.
25. Аэродинамические силы и моменты крыла. Коэффициенты аэродинамических сил и моментов. Поляра первого рода.
26. Профиль крыла в сверхзвуковом потоке. Линеаризация уравнения Бернулли методом малых возмущений.
27. Циркуляционное обтекание цилиндра. Формула Н.Е. Жуковского о подъемной силе.
28. Вихревая модель крыла конечного размаха. Скос потока.

29. Индуктивное сопротивление крыла конечного размаха.
30. Динамика вязкой жидкости и газа. Пограничный слой. Ламинарный и турбулентный пограничный слой.
31. Интегральное соотношение Кармана.
32. Расчет толщины ламинарного погранслоя. Расчет трения.
33. Расчет толщины турбулентного погранслоя. Расчет трения.
34. Уравнение Бернулли для вязкой жидкости. Коэффициенты Кориолиса.
35. Потери давления при течении вязкой жидкости в трубе. Формула Дарси-Вейсбаха.
36. Ламинарное и турбулентное течение жидкости (газа). Коэффициенты сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах. Местные гидросопротивления.
37. Определение расходов. Расходомер Вентури. Кавитация.
38. Основы теории подобия. Масштабные коэффициенты.
39. Критерии подобия:  $Re$ ,  $M$ ,  $Pr$ ,  $Eu$ ,  $Sh$ , их физический смысл.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра аэрогидродинамики

## Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Гидрогазодинамика», 4 семестр

### 1. Методика оценки

Расчетно-графическое задание является одним из видов самостоятельной работы студентов, направленное на проверку и оценку полученных теоретических знаний и практических навыков.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны по заданной схеме рассчитать параметры торможения потока, критические параметры, параметры газа в расчетных сечениях. По найденным параметрам газа перед косым скачком уплотнения студенты должны определить угол наклона фронта косоугольного скачка уплотнения и параметры газа за косым скачком уплотнения.

### *Структура РГЗ:*

1. Титульный лист.
2. Постановка задачи.
3. Расчетная часть.
4. Заключение.
5. Список литературы.
6. Приложения (если требуются).

### *Пример оформления титульного листа:*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет летательных аппаратов  
Кафедра аэрогидродинамики

#### **Расчетно-графическое задание**

«название задания»

студента (ки) \_\_\_\_\_ курса  
(Ф.И.О.)

Работа проверена с оценкой:

«\_\_» (\_\_\_\_\_)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (ФИО преподавателя)

Новосибирск 20\_\_

### *Этапы выполнения и оценивания.*

По результатам проверки РГЗ выставляется оценка. В случае если работа не отвечает предъявляемым требованиям (использованы неверные методики расчетов, приведены грубые ошибки в расчетах, отсутствуют выводы), то она возвращается автору на доработку. Студент



должен переделать работу с учетом замечаний и предоставить для проверки новый вариант.

Студенты, РГЗ которых не приняты, не допускаются до сдачи зачета.

Распределение баллов на РГЗ: *40 баллов = 35 баллов (содержание) + 5 баллов (оформление)*.

## 2. Критерии оценки

- Задание считается **не выполненным**, если студент выполнил не все части РГЗ, сделал грубые ошибки и оценка составляет менее *20 баллов*.
- Задание считается выполненным **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально, в расчетах допущены ошибки, студент продемонстрировал слабые навыки работы с теоретическими источниками и оценка составляет *20 – 27 баллов*.
- Задание считается выполненным **на базовом** уровне, если студент выполнил РГЗ с незначительными замечаниями, и оценка составляет *28 – 34 балла*.
- Задание считается выполненным **на продвинутом** уровне, если студент выполнил работу в полном объеме и на высоком уровне, не допускал ошибок в расчетах, способен обосновать выбор методов расчета, и оценка составляет *35 – 40 баллов*.

## 3. Шкала оценки

Общая оценка складывается из оценки за выполнения лабораторных работ, РГЗ и оценки за ответ на зачете: *100 баллов = 20...40 баллов (лабораторные работы) + 20...40 баллов (РГЗ) + 10...20 баллов (зачет)*.

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Примерный перечень тем РГЗ

Тема РГЗ: «Расчет параметров газа при одномерном изэнтропическом сверхзвуковом движении газа по каналу переменного сечения и на косом скачке уплотнения».

Варианты задания отличаются входными данными: длина канала, диаметр критического сечения, давление, температура, плотность газа, число Маха и угол поворота потока.