

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

Кафедра аэрогидродинамики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Динамика вязкого газа и турбулентность

Образовательная программа: 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, магистерская программа:
Гидроаэродинамика

Курс: 1, семестр : 2

Факультет летательных аппаратов,

		Семестр
№	Вид деятельности	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	102
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	54
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	10
10	Самостоятельная работа, час.	78
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

ФГОС введен в действие приказом №170 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 24.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

АГД, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.ф-м.н. Маслов А. А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Саленко С. Д.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Обуховский А. Д.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 обладанием и готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности; в части следующих результатов обучения:
з1. основ механики жидкости и газа
у1. применять фундаментальные знания в области механики сплошной среды, динамики движения и управления объектов
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов; в части следующих результатов обучения:
з1. основных проблем в различных областях механики
Компетенция ФГОС: ПК.11 способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата; в части следующих результатов обучения:
з1. основ численных методов и моделей, применяемых при решении задач баллистики и гидроаэродинамики

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Динамика вязкого газа и турбулентность	
ОПК.1.з1 основ механики жидкости и газа	
1.Свойства и модели жидкости и газов	Лекции; Самостоятельная работа
2.Основы кинематики и динамики жидкостей и газов	Лекции; Самостоятельная работа
3.Основы теории слоистых течений	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
4.Понятия и уравнения динамики вязкого газа	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
5.Основы теории пограничного слоя	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6.Основные понятия теории гидродинамической устойчивости, причин возникновения турбулентных режимов и методов управления течениями	Лекции; Самостоятельная работа
7.Полуэмпирические модели турбулентности и приемы их применения к конкретным задачам	Лекции; Самостоятельная работа
8.Методики расчета сопротивления и нагрева тел в газовом потоке	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.1.у1 применять фундаментальные знания в области механики сплошной среды, динамики движения и управления объектов	
9.Пользоваться уравнениями динамики вязкого газа, ставить математически корректно задачи и граничные условия	Практические занятия; Самостоятельная работа
10.Рассчитывать простейшие течения сжимаемого газа	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11.Оценивать характеристики пограничного слоя при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях потока	Самостоятельная работа
12.Определять добавочное аэродинамическое сопротивление, возникающее за счет вязкости и тепловые потоки к телу	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
13.Методами решения простых задач по динамике течений вязкой жидкостью.	Лекции
ОПК.4.з1 основных проблем в различных областях механики	

14. Об основных этапах, проблемах и современных тенденциях развития динамика вязкого газа и турбулентности	Лекции; Практические занятия
15. О методах расчета простейших слоистых течений	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
16. О течении газа при малых скоростях и большой вязкости	Лекции; Практические занятия
17. О пограничном слое в несжимаемой жидкости и в сверхзвуковом потоке газа	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
18. О гидродинамической устойчивости вязких течений и возникновении турбулентности	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
19. О современных моделях турбулентных течений	Лекции; Самостоятельная работа
20. О методах расчета турбулентных течений	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
21. О методах расчета сопротивления трения и нагрева летательного аппарата	Лекции
22. О современных моделях шумообразования в турбулентных течениях	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.11.31 основ численных методов и моделей, применяемых при решении задач баллистики и гидроаэродинамики	
23. Изучить основы численных методов и моделей, применяемых при решении задач баллистики и гидроаэродинамики.	Лекции; Практические занятия

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 2			
Дидактическая единица: Безразмерная форма уравнений			
1. Основные понятия динамики вязкой жидкости. Уравнение неразрывности, импульса и энергии. Безразмерная форма уравнений, безразмерные критерии подобия.	0	6	10, 17, 19, 23, 4
Дидактическая единица: Нелинейная теория неустойчивости			
3. Понятие гидродинамической неустойчивости. Линейная задача неустойчивости. Метод малых возмущений. Приближение параллельного течения. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Задача на собственные значения. Нелинейная теория неустойчивости. Ламинарно-турбулентный переход.	0	4	12, 17, 21, 23, 3, 6
Дидактическая единица: Характеристики пограничного слоя			
4. Уравнения пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Интегральные характеристики пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя. Область применимости уравнений пограничного слоя.	0	5	12, 14, 17, 2, 21, 6
Дидактическая единица: Интегральное условие импульсов			
6. Интегральное условие импульсов. Метод Кармана-Польгаузена.	0	5	12, 15, 18, 2, 22, 23, 5, 6
Дидактическая единица: Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке			
8. Пространственный пограничный слой на скользящем крыле. Осесимметричные пограничные слои. Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке.	0	2	10, 15, 17, 20, 21, 23, 6
Дидактическая единица: Управление градиентом давления			

9. Пассивное управление. Управление градиентом давления, отсосом, теплоотдачей, шероховатостью, реологией жидкости, использование гибких и звукопоглощающих поверхностей. Активное управление. Использование МЭМС и контролируемых пульсаций.	0	6	1, 15, 18, 2, 8
Дидактическая единица: Гипотеза подобия Кармана			
10. Уравнения Рейнольдса. Гипотеза Буссинеска. Путь перемешивания Прандтля. Гипотеза подобия Кармана. Одно- и двухпараметрические модели турбулентности.	0	2	10, 14, 16, 20, 21, 23, 6
Дидактическая единица: Плоский турбулентный след			
12. Развитие во времени слоя раздела. Плоский турбулентный след. Течение за решеткой из стержней.	0	2	17, 2, 21, 23, 7
13. Уравнение Лайтхилла. Монопольные, дипольные и квадрупольные источники шума струй. Шум сверхзвуковых турбулентных струй.	0	4	1, 12, 13, 16, 17, 22, 23

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Безразмерная форма уравнений				
1. Безразмерная запись уравнений движения	0	12	15, 18, 23, 5, 9	решение задач
2. Примеры точного решения уравнений динамики вязкого газа	0	12	16, 17, 20, 23, 4, 9	решение задач
Дидактическая единица: Характеристики пограничного слоя				
3. Обтекание шара	0	8	10, 15, 17, 22, 23, 4, 9	решение задач
Дидактическая единица: Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке				
4. Автомодельные решения уравнений пограничного слоя	0	12	12, 14, 15, 22, 23, 3, 9	решение задач
Дидактическая единица: Пограничный слой на пластине				
5. Стационарный пограничный слой на пластине	0	10	10, 15, 17, 22, 23, 4, 9	решение задач

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Безразмерная форма уравнений				
2. Обтекание шара. Задача Стокса. Приближение Озеена. Теория смазки.	0	2	11, 15, 20, 3, 5	самостоятельное изучение материала
Дидактическая единица: Характеристики пограничного слоя				
5. Решения Фокнера-Скэн. Задача Блазиуса. Спутное течение за пластиной.	0	4	10, 15, 17, 19, 22, 6	самостоятельное изучение материала
Дидактическая единица: Интегральное условие импульсов				
7. Стационарный пограничный слой на пластине в газовом потоке. Распределение скорости. Интеграл Крокко.	0	6	11, 12, 15, 17, 4, 5	самостоятельное изучение материала

Дидактическая единица: Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке				
8. Общий подход к проблеме пространственного пограничного слоя. Аналогия между теплопередачей и сопротивлением тела.	0	3	11, 12, 15, 4, 5	самостоятельное изучение материала
Дидактическая единица: Пограничный слой на пластине				
11. Универсальные законы распределения скоростей. Турбулентное течение в трубах. Связь между законом сопротивления и распределением скоростей. Распределение скоростей при больших числах Рейнольдса. Универсальный закон сопротивления для гладких труб. Пограничный слой на пластине.	0	3	12, 17, 18, 5	самостоятельное изучение материала

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	10, 11, 9	4	0
: Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000140654 Маслов А. А. Динамика вязкого газа : учебное пособие для студентов 5 курса ФЛА (специальность 1210) дневной формы обучения / А. А. Маслов ; Новосиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1992. - 102 с.				
2	РГЗ	10, 11, 9	20	10
подготовка к решению задания: Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000140654 Маслов А. А. Динамика вязкого газа : учебное пособие для студентов 5 курса ФЛА (специальность 1210) дневной формы обучения / А. А. Маслов ; Новосиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1992. - 102 с.				
3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	36	0
: Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000140654 Маслов А. А. Динамика вязкого газа : учебное пособие для студентов 5 курса ФЛА (специальность 1210) дневной формы обучения / А. А. Маслов ; Новосиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1992. - 102 с.				
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	10, 11, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 3, 4, 5, 6	18	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000140654 Маслов А. А. Динамика вязкого газа : учебное пособие для студентов 5 курса ФЛА (специальность 1210) дневной формы обучения / А. А. Маслов ; Новосиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1992. - 102 с.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:agd@craft.nstu.ru
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
<i>Практические занятия:</i>	15	30
<i>Контрольные работы:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	10	20
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.1	з1. основ механики жидкости и газа			+
	у1. применять фундаментальные знания в области механики сплошной среды, динамики движения и управления объектов		+	+
ОПК.4	з1. основных проблем в различных областях механики	+	+	+
ПК.11	з1. основ численных методов и моделей, применяемых при решении задач баллистики и гидроаэродинамики			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Маслов А. А. Динамика вязкого газа, турбулентность и струи : [учебное пособие] / А. А. Маслов, С. Г. Миронов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 212, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/maslov.pdf>

2. 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.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gost.rar

Дополнительная литература

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг ; пер. с 5-го нем. изд. Г. А. Вольперта ; под ред. Л. Г. Лойцянского. - М. : Наука, 1969. - 742 с. : ил.
2. Авиационная акустика / В. И. Ганабов [и др.] ; под ред. А. Г. Мунина и В. Е. Квитки. - М. : Машиностроение, 1973. - 448 с. : ил.
3. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика : учеб. для высших техн. учеб. заведений / Г. Н. Абрамович. - Изд. 4 перераб. - М. : Наука, 1976. - 888 с.
4. Ландау Л. Д. Теоретической физика. Т. 6. Гидродинамика : учебное пособие для физ. спец. ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1986. - 736 с. : ил.
5. Попов Д. Н. Гидромеханика : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" / Д. Н. Попов, С. С. Панаиотти, М. В. Рябинин ; под ред. Д. Н. Попова. - М., 2002. - 382, [1] с. : ил. - На тит. л. и обл. : Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки".
6. Гапонов С. А. Развитие возмущений в сжимаемых потоках / С. А. Гапонов, А. А. Маслов. - Новосибирск : Наука, 1980. - 149 с.
7. Возникновение турбулентности в пристенных течениях : монография / А. В. Бойко, Г. Р. Грек, А. В. Довгаль, В. В. Козлов. - Новосибирск : Наука, 1999. - 327 с. : ил.
8. Курбацкий А. Ф. Лекции по турбулентности. Ч. 1. Введение в турбулентность : учеб. пособие / А. Ф. Курбацкий ; Физ. фак. НГУ. - Новосибирск : Из-во НГУ, 2000. - 118 с.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Аэрогидромеханика : сборник задач / [А. А. Кураев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 115 с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000140654
2. Маслов А. А. Динамика вязкого газа : учебное пособие для студентов 5 курса ФЛА (специальность 1210) дневной формы обучения / А. А. Маслов ; Новосиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1992. - 102 с.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	используется для подготовки презентаций при чтении лекций

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet

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

Динамика вязкого газа и турбулентность

Образовательная программа: 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика,
магистерская программа: Гидроаэродинамика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность» 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)
ОПК.1 обладанием и готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности	31. основ механики жидкости и газа	Автомодельные решения уравнений пограничного слоя Безразмерная запись уравнений движения Интегральное условие импульсов. Метод Кармана-Польгаузена. Обтекание шара Обтекание шара. Задача Стокса. Приближение Озеена. Теория смазки. Основные понятия динамики вязкой жидкости. Уравнение неразрывности, импульса и энергии. Безразмерная форма уравнений, безразмерные критерии подобия. Пассивное управление. Управление градиентом давления, отсосом, теплоотдачей, шероховатостью, реологией жидкости, использование гибких и звукопоглощающих поверхностей. Активное управление. Использование МЭМС и контролируемых пульсаций. Понятие гидродинамической неустойчивости. Линейная задача неустойчивости. Метод малых возмущений. Приближение параллельного течения. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Задача на собственные значения. Нелинейная теория неустойчивости. Ламинарно-турбулентный переход. Примеры точного решения уравнений динамики вязкого газа Пространственный пограничный слой на скользящем крыле. Осесимметричные пограничные слои. Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке. Развитие во времени слоя раздела. Плоский турбулентный след. Течение за решеткой из стержней. Решения Фокнера-Скэн. Задача Блазиуса. Спутное течение за пластиной.		Экзамен, вопросы с 1 по 33.

		Стационарный пограничный слой на пластине Стационарный пограничный слой на пластине в газовом потоке. Распределение скорости. Интеграл Крокко. Универсальные законы распределения скоростей. Турбулентное течение в трубах. Связь между законом сопротивления и распределением скоростей. Распределение скоростей при больших числах Рейнольдса. Универсальный закон сопротивления для гладких труб. Пограничный слой на пластине. Уравнение Лайтхилла. Монопольные, дипольные и квадрупольные источники шума струй. Шум сверхзвуковых турбулентных струй. Уравнения пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Интегральные характеристики пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя. Область применимости уравнений пограничного слоя. Уравнения Рейнольдса. Гипотеза Буссинеска. Путь перемешивания Прандтля. Гипотеза подобия Кармана. Одно- и двухпараметрические модели турбулентности.		
ОПК.1	у1. применять фундаментальные знания в области механики сплошной среды, динамики движения и управления объектов	Автомодельные решения уравнений пограничного слоя Безразмерная запись уравнений движения Интегральное условие импульсов. Метод Кармана-Польгаузена. Обтекание шара Обтекание шара. Задача Стокса. Приближение Озеена. Теория смазки. Основные понятия динамики вязкой жидкости. Уравнение неразрывности, импульса и энергии. Безразмерная форма уравнений, безразмерные критерии подобия. Понятие гидродинамической неустойчивости. Линейная задача неустойчивости. Метод малых возмущений. Приближение параллельного течения. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Задача на собственные значения. Нелинейная теория неустойчивости. Ламинарно-турбулентный переход. Примеры точного решения уравнений динамики вязкого газа Пространственный пограничный слой на скользящем крыле. Осесимметричные	РГЗ	Экзамен, вопросы с 1 по 33.

		пограничные слои. Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке. Решения Фокнера-Скэн. Задача Блазиуса. Спутное течение за пластиной. Стационарный пограничный слой на пластине Стационарный пограничный слой на пластине в газовом потоке. Распределение скорости. Интеграл Крокко. Универсальные законы распределения скоростей. Турбулентное течение в трубах. Связь между законом сопротивления и распределением скоростей. Распределение скоростей при больших числах Рейнольдса. Универсальный закон сопротивления для гладких труб. Пограничный слой на пластине. Уравнение Лайтхилла. Монопольные, дипольные и квадрупольные источники шума струй. Шум сверхзвуковых турбулентных струй. Уравнения пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Интегральные характеристики пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя. Область применимости уравнений пограничного слоя. Уравнения Рейнольдса. Гипотеза Буссинеска. Путь перемешивания Прандтля. Гипотеза подобия Кармана. Одно- и двухпараметрические модели турбулентности.		
ОПК.4 способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов	31. основных проблем в различных областях механики	Автомодельные решения уравнений пограничного слоя Безразмерная запись уравнений движения Интегральное условие импульсов. Метод Кармана-Польгаузена. Обтекание шара Обтекание шара. Задача Стокса. Приближение Озеена. Теория смазки. Основные понятия динамики вязкой жидкости. Уравнение неразрывности, импульса и энергии. Безразмерная форма уравнений, безразмерные критерии подобия. Пассивное управление. Управление градиентом давления, отсосом, теплоотдачей, шероховатостью, реологией жидкости, использование гибких и звукопоглощающих поверхностей. Активное управление. Использование МЭМС и контролируемых пульсаций. Понятие гидродинамической	Контрольная работа РГЗ	Экзамен, вопросы с 1 по 33..

		неустойчивости. Линейная задача неустойчивости. Метод малых возмущений. Приближение параллельного течения. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Задача на собственные значения. Нелинейная теория неустойчивости. Ламинарно-турбулентный переход. Примеры точного решения уравнений динамики вязкого газа Пространственный пограничный слой на скользящем крыле. Осесимметричные пограничные слои. Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке. Развитие во времени слоя раздела. Плоский турбулентный след. Течение за решеткой из стержней. Решения Фокнера-Скэн. Задача Блазиуса. Спутное течение за пластиной. Стационарный пограничный слой на пластине Стационарный пограничный слой на пластине в газовом потоке. Распределение скорости. Интеграл Крокко. Универсальные законы распределения скоростей. Турбулентное течение в трубах. Связь между законом сопротивления и распределением скоростей. Распределение скоростей при больших числах Рейнольдса. Универсальный закон сопротивления для гладких труб. Пограничный слой на пластине. Уравнение Лайтхилла. Монопольные, дипольные и квадрупольные источники шума струй. Шум сверхзвуковых турбулентных струй. Уравнения пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Интегральные характеристики пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя. Область применимости уравнений пограничного слоя. Уравнения Рейнольдса. Гипотеза Буссинеска. Путь перемешивания Прандтля. Гипотеза подобия Кармана. Одно- и двухпараметрические модели турбулентности.		
ПК.11/НИ способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели	з1. основ численных методов и моделей, применяемых при решении задач баллистики и гидроаэродинамики	Интегральное условие импульсов. Метод Кармана-Польгаузена. Основные понятия динамики вязкой жидкости. Уравнение неразрывности, импульса и энергии. Безразмерная форма		Экзамен, вопросы с 1 по 33.

профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата		уравнений, безразмерные критерии подобия. Понятие гидродинамической неустойчивости. Линейная задача неустойчивости. Метод малых возмущений. Приближение параллельного течения. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Задача на собственные значения. Нелинейная теория неустойчивости. Ламинарно-турбулентный переход. Пространственный пограничный слой на скользящем крыле. Осесимметричные пограничные слои. Пограничный слой на конусе в сверхзвуковом потоке. Развитие во времени слоя раздела. Плоский турбулентный след. Течение за решеткой из стержней. Уравнение Лайтхилла. Монопольные, дипольные и квадрупольные источники шума струй. Шум сверхзвуковых турбулентных струй. Уравнения Рейнольдса. Гипотеза Буссинеска. Путь перемешивания Прандтля. Гипотеза подобия Кармана. Одно- и двухпараметрические модели турбулентности.		
---	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре – в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.4, ПК.11/НИ.

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

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

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 компетенций ОПК.1, ОПК.4, ПК.11/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.

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

Паспорт экзамена

по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов с 1 по 17, второй вопрос из диапазона вопросов с 18 по 33 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность»

1. Расчет течения в кольцевом зазоре.
2. Гипотеза подобия турбулентных течений Кармана.

Составил проф.

Маслов А.А.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет менее 20 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет от 20 до 27 *баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет от 28 до 35 *баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит

комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность»

1. Физический смысл отдельных членов уравнений движения и уравнения энергии.
2. Типы граничных условий.
3. Критерии подобия.
4. Примеры слоистых течений.
5. Расчет течения в кольцевом зазоре.
6. Основы подхода к расчету очень вязких течений.
7. Физическое объяснение эффекта гидродинамической смазки.
8. Оценка скорости снижения облака мелкодисперсных капель.
9. Основные допущения при выводе уравнений пограничного слоя, полученные преимущества и упрощения.
10. Физический смысл интегральных толщин пограничного слоя.
11. Физические причины отрыва пограничного слоя.
12. Асимптотический пограничный слой отсасывания.
13. Закон Блазиуса для сопротивления плоской пластины.
14. Приближенная оценка сопротивления плоской пластины на основе метода Кармана - Польгаузена.
15. Оценка влияния числа Маха на толщину пограничного слоя.
16. Объяснить причины появления поперечных токов пограничного слоя на скользящем крыле.
17. Оценка толщины пограничного слоя на конусе в газовом сверхзвуковом потоке.
18. Пределы применимости решения для ламинарного следа.
19. Линеаризация уравнений движения.
20. Понятие нейтральной кривой.
21. Собственные числа задачи гидродинамической устойчивости.
22. Ламинарно-турбулентный переход пограничного слоя как следствие его неустойчивости.
23. Турбулентная вязкость.
24. Ламинарный подслой.
25. Физический смысл "длины пути смешения" Прандтля.
26. Гипотеза подобия турбулентных течений Кармана.
27. Логарифмические законы распределения скоростей в турбулентных течениях.
28. Кривые Никурадзе.
29. Сопротивление плоской пластины с турбулентным пограничным слоем.
30. Примеры течений со свободной турбулентностью.
31. Алгебраические, k - ϵ и k - w модели турбулентности.
32. Уравнение Лайтхилла.
33. Монопольный, дипольный и квадрупольный шум турбулентных струй.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность», 2 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме "Расчет параметров пограничного слоя", включает 1 задачу. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

1. работа считается **не выполненной**, если студент выполнил работу с грубыми нарушениями требований, не защитил её и оценка составляет менее *5 баллов*.
2. работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент допускал ошибки в расчетах, не полностью раскрыл заявленную тему, делал поверхностные выводы, слабо продемонстрировал аналитические способности и навыки работы с теоретическими источниками, оценка составляет *5-6 баллов*.
3. работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент выполнил курсовую работу с незначительными замечаниями: тема работы раскрыта, но выводы носят поверхностный характер; при ответе на вопросы защиты допускал не принципиальные ошибки и оценка составляет *7-8 баллов*.
4. работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент выполнил работу в полном объеме и на высоком уровне, не допускал ошибок при ответе на вопросы защиты и способен обосновать выбор методов расчета, оценка составляет *9-10 баллов*.

3. Шкала оценки

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

4. Пример варианта контрольной работы

Тонкая пластина с хордой 0,5 м и шириной 2 м обтекается воздухом со скоростью $V_\infty = 40$ м/с при $\alpha = 0$ и нормальных атмосферных условиях, $Re_{кр} = 4,85 \cdot 10^5$. Определить толщину ламинарного пограничного слоя перед точкой перехода; положение точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный; коэффициент трения пластины и силу лобового сопротивления

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Динамика вязкого газа и турбулентность», 2 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны рассчитать параметры пограничного слоя в вязком сжимаемом или несжимаемом потоке соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, разработать алгоритмы диагностирования, выбрать аппаратные средства.

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Ответы на вопросы

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет _менее 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет от 10 до 14_ баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны ,но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет от 15 до 17_ баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет _от 18_ до 20_ баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример темы РГЗ

Панель плоского сверхзвукового воздухозаборника с длиной 0,8 м составляет угол с вектором скорости набегающего потока $\theta=10^\circ$. В конце панели имеется щель для слива пограничного слоя. Определить высоту щели, считая, что весь пограничный слой сливается. Полет происходит на высоте 12 км с числом $M_\infty=2,5$. Течение в воздухозаборнике происходит без теплообмена