

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Механика жидкости и газа
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 252 (7)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение фундаментальных и прикладных знаний в области механики сплошных газовых сред, газовой динамики дозвуковых и сверхзвуковых потоков, пограничного слоя.

Задачи дисциплины:

- изучение основных физических положений, законов механики и термодинамики, описывающих рабочий процесс в ракетных двигателях твердого топлива; основных научных проблем в области механики жидкости и газа; роли и аппарате газодинамических исследований в процессе разработки двигателей летательных аппаратов и его элементов;
- формирование умений применения физико-математических методов моделирования и расчёта при анализе рабочего процесса в ракетных двигателях твердого топлива;
- формирование навыков творческого использования законов механики жидкости и газа в профессиональной деятельности, применения методов математического моделирования для анализа течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования процессов в дозвуковых и сверхзвуковых потоках в газодинамических объектах ракетных двигателей, противодействия лженаучным идеям и течениям на основе знания фундаментальных законов сохранения механики жидкости и газов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Течения несжимаемых и сжимаемых сред в каналах различной формы;
- Математические модели описания и способы решения задач по исследованию дозвуковых и сверхзвуковых течений.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знает теоретические основы газодинамических процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Знает теоретические основы рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Контрольная работа
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет пользоваться методами расчёта одномерных течений и современными вычислительными пакетами для моделирования сложных газодинамических течений в РДТТ.	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива и их агрегатах.	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования газодинамических течений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Экзамен
ПК-2.8	ИД-1ПК-2.8	Знает методики и этапность проведения газодинамических и тепловых расчётов процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Контрольная работа
ПК-2.8	ИД-2ПК-2.8	Умеет проводить газодинамические расчёты ракетных двигателей твёрдого топлива с использованием аналитических и численных методов исследования.	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Защита лабораторной работы
ПК-2.8	ИД-3ПК-2.8	Владеет навыками проведения газодинамических расчётов ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)	32	14	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	18	14
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	54	54
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Основы газовой динамики единичной струйки	4	7	10	16
Тема 1. Сведения о свойствах жидкостей и газов. Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Формы промежуточного и заключительного контроля. Роль дисциплины в системе знаний специалиста. Методические указания по изучению дисциплины. Рекомендуемая основная и дополнительная литература. Физические свойства газа: сплошность, плотность, сжимаемость. Вязкость и понятие о пограничном слое. Уравнение состояния. Модели газа: идеальный газ, реальный газ. Международная стандартная атмосфера.				
Тема 2. Основы газовой динамики единичной струйки. Уравнение неразрывности. Уравнение энергии. Предельная скорость движения газа. Число Маха. Механическая форма уравнения энергии (уравнение Бернулли). Уравнение количества движения. Уравнение моментов количества движения.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы кинематики и динамики жидкости и газа	8	7	4	13
Тема 3. Уравнения движения и энергии. Движение жидкой частицы. Уравнение неразрывности. О силах, действующих в жидкости. Связь между напряжениями и деформациями. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение энергии. Тема 4. Гидродинамическое и тепловое подобие. Гидродинамическое и тепловое подобие. Моделирование течений и экспериментальные методы исследования. Тема 5. Некоторые формы течения идеальной несжимаемой жидкости и сжимаемого газа. Слоистые течения. Уравнения движения идеальной жидкости. Плоские установившиеся потенциальные течения идеальной несжимаемой жидкости и сжимаемого газа. Циркуляция скорости. Теорема Стокса. Тема 6. Гидравлический расчёт трубопроводов. Сопротивления трения в круглой трубе. Учёт местных сопротивлений в трубопроводах.				
Сверхзвуковое сопло Лавалья	6	0	4	25
Тема 7. Сопло Лавалья для «чистых» газов. Метод характеристик и метод парабол для профилирования сверхзвуковой части сопла Лавалья для «чистого» газа. Нерасчетные режимы истечения из сопла Лавалья. Тема 8. Сопло Лавалья для двухфазных потоков. Газовая динамика двухфазных потоков. Особенности двухфазных потоков и профилирования сопел реактивных двигателей, работающих на двухфазном рабочем теле.				
ИТОГО по 5-му семестру	18	14	18	54
6-й семестр				
Слабые и сильные возмущения в потоке	6	8	8	11
Тема 9. Скачки уплотнения. Прямые скачки уплотнения. Косые скачки уплотнения. Кинематические и динамические соотношения, ударная адиабата. Тема 10. Течение Прандтля-Майера. Распространение слабых возмущений в до- и сверхзвуковом потоке газа. Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера).				
Численные методы исследования газодинамических процессов	4	4	2	12
Тема 11. Численные методы исследования течений жидкостей и газов. Численные методы. Модели турбулентности. Постановка граничных и начальных условий. Формы представления				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
результатов численного исследования. Возможности численных пакетов.				
Пограничный слой	4	2	2	16
Тема 12. Основные понятия и виды пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Турбулентный пограничный слой. Тема 13. Влияние воздействий на пограничный слой. Отрыв пограничного слоя. Взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения.				
Основы аэродинамики	4	4	2	15
Тема 14. Аэродинамические силы и моменты. Принцип обращения движения. Физические причины возникновения аэродинамических сил. Основные системы координат, используемые в аэродинамике. Аэродинамические силы и моменты. Демпфирующий аэродинамический момент. Коэффициент центра масс и центра давления. Статическая устойчивость летательного аппарата. Свойства устойчивости и управляемости летательного аппарата. Тема 15. Аэродинамические характеристики профилей и крыльев конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках. Подъемная сила крыла, теорема Жуковского. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки. Центр давления крыла конечного размаха, средняя аэродинамическая хорда.				
ИТОГО по 6-му семестру	18	18	14	54
ИТОГО по дисциплине	36	32	32	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основные физические свойства жидкостей и газов (2 ч.)
2	Основы газовой динамики единичной струйки (4 ч.).
3	Влияние сжимаемости газа на параметры одномерного потока (2 ч.)
4	Кинематика жидкой среды (система Эйлера и Лагранжа) (2 ч.)
5	Гидродинамическое подобие (2 ч.)
6	Гидравлический расчёт трубопроводов (2 ч.).
7	Выбор сопла на заданное значение тяги (4 ч.)

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
8	Прямой скачок уплотнения (2 ч.)
9	Применение пневмонасадка для определения скорости сверхзвукового потока (2 ч.)
10	Косой скачок уплотнения (2 ч.)
11	Течение Прандтля-Майера (обтекание внешнего тупого угла потоком газа) (2 ч.)
12	Обтекание притуплённого конуса дозвуковым и сверхзвуковым потоком (2 ч.)
13	Определение режима течения и параметров пограничного слоя (2 ч.)
14	Определение аэродинамических характеристик крыла (2 ч.)

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Измерение давления в замкнутой полости. Поверка манометров на грузопоршневом манометре (2 час.).
2	Исследование режимов движения жидкости в цилиндрической трубе (2 час.)
3	Построение экспериментальных пьезометрической и полной напорной линий для потока жидкости в трубе переменного сечения (геометрическая иллюстрация уравнения Бернулли) (4 час.)
4	Исследование коэффициента сопротивления трения в круглой трубе (2 час.)
5	Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений в трубопроводах (4 час.)
6	Исследование ударно-волнового процесса отражения в ударной трубе (4 ч.)
7	Экспериментальное исследование отрывных течений в сопле Лавалья (4 ч.).
8	Определение коэффициента расхода сопла (2 ч.)
9	Техника работы в пакете ANSYS CFX. Обтекание притуплённого конуса дозвуковым и сверхзвуковым потоком (6 ч.)
10	Определение аэродинамических характеристик крыла (2 ч.)

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. - М.: Дрофа, 2003.	115
2	Ч. 1. - Москва: , Наука, Физматлит, 1991. - (Прикладная газовая динамика : [учебное пособие для вузов] : в 2 ч.; Ч. 1).	37
3	Ч. 2. - Москва: , Наука, Физматлит, 1991. - (Прикладная газовая динамика : в 2 ч.; Ч. 2).	43

2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Прандтль Л. Гидроаэромеханика : пер. с нем. / Л. Прандтль. - Москва Ижевск: Регуляр. и хаот. динамика, 2000.	17
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Моргунов К. П. Механика жидкости и газа : учебное пособие / Моргунов К. П. - Санкт-Петербург: Лань, 2018.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-109512	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Новикова, А. М. Механика жидкости и газа : учебное пособие / А. М. Новикова, А. В. Кудрявцев, И. И. Иваненко. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks58534	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика : учебник для втузов / Г. Н. Абрамович. - Москва: Наука, Физматлит, 1976.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3432	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Механика жидкости и газа»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Специальность:	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация программы специалитета	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Квалификация выпускника:	инженер
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	очная

Курс: 3 **Семестр:** 5,6

Трудоёмкость: 108

Кредитов по рабочему учебному плану:	7 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	252 ч

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 5 семестр Зачет: 6 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Механика жидкости и газа». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5-ый и 6-ой семестры учебного плана) и разбито на 7 учебных модулей. В модулях предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		промежуточный экзамен
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	
Усвоенные знания					
3.1. Знает теоретические основы газодинамических и тепловых процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива	<i>С1-С-7</i>	<i>ТО1-ТО7</i>		<i>КР1-КР7</i>	<i>ТВ</i>
3.2. Знает методики и этапность проведения газодинамических и тепловых расчётов процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива	<i>С1-С-7</i>	<i>ТО1-ТО7</i>		<i>КР1-КР7</i>	<i>ТВ</i>
Освоенные умения					
У.1. Умеет пользоваться методами расчёта одномерных течений и современными вычислительными пакетами для моделирования сложных газодинамических течений в РДТТ				<i>РР1</i>	

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		промежуточный экзамен
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	
У.2 . Умеет проводить газодинамические и тепловые расчёты ракетных двигателей твёрдого топлива с использованием аналитических и численных методов исследования				PP2	
Приобретенные владения					
В.1. Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования газодинамических течений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива			ОЛР1- ОЛР10	PP1	КЗ
В.2. Владеет навыками проведения газодинамических расчётов ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием численных методов исследования с применением современных программных средств			ОЛР1- ОЛР10	PP2	КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); PP – расчётная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине являются промежуточные аттестации в виде экзамена (5 семестр) и зачёта (6 семестр), проводимые с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

– входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

– текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

– промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

В течение 5-го и 6-го семестров запланировано 10 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в документе Фонд оценочных средств вуза для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры, Пермь: ПНИПУ, 2016. – 23 с.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 7 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. В 5-ом семестре проводится три КР: первая КР – по модулю 1 «Основы газовой динамики единичной струйки», вторая КР – по модулю 2 «Основы кинематики и

динамики жидкости и газа», третья КР – по модулю 3 «Сверхзвуковое сопло Лавалья». В 6-ом семестре проводится ещё четыре КР: четвёртая КР – по модулю «Слабые и сильные возмущения в потоке», пятая КР – по модулю «Численные методы исследования газодинамических процессов», шестая КР – по модулю 6 «Пограничный слой», седьмая КР – по модулю 7 «Основы аэродинамики».

Задание для контрольных работ формируется из двух-трёх вопросов, приведённых для каждого модуля (контрольной работы).

Вопросы для формирования задания для первой КР:

1. Какой параметр характеризует сплошность среды? Что дает гипотеза сплошности среды?
2. Когда справедливы уравнения Пуассона? Когда можно пренебрегать сжимаемостью газа?
3. Какому фундаментальному закону соответствует уравнение неразрывности для сжимаемого газа и несжимаемой жидкости?
4. Какова верхняя граница значения числа M ?
5. Каковы газодинамические параметры потока газа при λ_{max} ?
6. В чем отличие уравнения Бернулли для сжимаемого и несжимаемого газа?
7. Какие процессы и свойства среды обуславливают вязкость?
8. Чем вызвана необходимость формулировки II закона термодинамики?
9. Чем вызвано отсутствие работы сил трения в уравнении энтальпии?
10. Что произойдет с температурой, давлением, плотностью изоэнтропического потока газа, если его разогнать до предельной скорости?
11. На чем основан пневматический способ определения скорости потока?

Вопросы для формирования задания для второй КР:

1. Назовите три обобщения закона Ньютона для вязкой жидкости.
2. Что из себя представляет уравнение Навье-Стокса?
3. Что требует тепловое подобие?
4. Что такое определяющий критерий?
5. Какую форму теплообмена определяет критерий Грасгофа и каковы должны быть свойства среды при этом?
6. Что означает термин "потенциальное течение"?
7. Как связана циркуляция с вихрем скорости?
8. Связано ли формоизменение частицы с изменением ее объема?
9. Чем вызван дивергентный член в уравнении Навье-Стокса?
10. Что требует гидродинамическое подобие?
11. Какое практическое приложение имеет слоистое течение?
12. Что означает термин "идеальная жидкость"?

Вопросы для формирования задания для третьей КР:

1. Какие противоречивые требования предъявляются к соплу Лавалья ракетного двигателя?
2. В чём состоит метод равномерной характеристики для профилирования сверхзвуковой части сопла Лавалья?
3. Чем отличается течение двухфазного потока в сопле Лавалья от течения потока чистого газа?
4. Назовите нерасчётные режимы работы сопла Лавалья и при каком режиме работы наблюдаются наименьшие потери тяги?
5. Какие потери являются доминирующими при выборе оптимального сопла из семейства укороченных сопел?
6. Как получают однопараметрическое семейство укороченных сопел?
7. Нарисуйте распределение термодинамических параметров, скорости и числа Маха по длине сопла Лавалья.
8. В чём состоит тенденция проектирования сопел Лавалья для двухфазного потока?

Вопросы для формирования задания для четвёртой КР:

1. Что связывает кинематическое соотношение для скачка уплотнения?
2. Что связывает динамическое соотношение для скачка уплотнения?
3. В чем аналогия косоугольного скачка уплотнения прямому?
4. Как предельный угол поворота потока на косом скачке зависит от числа M_n ?
5. При каких условиях скорость после косоугольного скачка уплотнения становится дозвуковой?
6. Чему равна скорость спутного газа за звуковой волной?
7. Как угол конуса Маха зависит от числа M набегающего потока?
8. Как меняется обтекание конуса, если $\theta_k > \theta_{пред}$?
9. Чем отличается обтекание клина от обтекания конуса?

Вопросы для формирования задания для пятой КР:

1. Какие уравнения составляют основу для построения численной процедуры исследования?
2. Приведите примеры задания граничных условий.
3. Чем обеспечивается устойчивость процедуры численного исследования эволюционного гидродинамического процесса?
4. Назовите формы представления результатов численного анализа газодинамического процесса.
5. Приведите описание нескольких моделей турбулентности.
6. В чём состоит конечно-разностное описание дифференциальных уравнений газогидродинамики?
7. С чем связано понятие «псевдовязкости»?

8. Каковы возможности пакета ANSYS CFX?

Вопросы для формирования задания для шестой КР:

1. Какие параметры пограничного слоя определяет критерий Ренольдса?
2. Какова структура пограничного слоя?
3. Поясните, чем вызван эффект отрыва пограничного слоя?
4. В чем суть метода численного решения системы дифференциальных уравнений для пограничного слоя, предложенный Прандтлем?
5. В чем суть метода интегральных соотношений для пограничного слоя?
6. В чём состоит приём задания профилей скорости и температуры?
7. В чём состоит метод осреднения при исследовании турбулентного пограничного слоя?
8. Какова связь между пульсационными составляющими скоростей при турбулентном обтекании пластины?
9. Чем вызвано появление коэффициентов турбулентной вязкости и теплопроводности при записи уравнений движения и энергий для турбулентного пограничного слоя?

Вопросы для формирования задания для седьмой КР:

1. Каковы физические принципы возникновения аэродинамических сил и аэродинамического момента?
2. Чем вызвано появление демпфирующего момента?
3. Перечислите основные режимы движения по числу M_∞ . Дайте их краткую характеристику.
4. Что такое коэффициент центра давления?
5. Чем вызвано донное сопротивление?
6. Как формулируется постулат Чаплыгина-Жуковского?
7. Как формулируется условие обеспечения продольной статической устойчивости летательного аппарата?
8. Чем вызвано появление скоростной системы координат? Как расположены ее оси?
9. Почему компоновка «конус+цилиндр» смещает центр давления по отношению к конусу при $\alpha \neq 0$?

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту «Выбор сопла ракетного двигателя на заданное значение тяги на расчётном режиме».

В рамках выполнения работы студент знакомится с конструктивными схемами сопел ракетных двигателей; процессами, происходящими в соплах и составляющими потерь удельного импульса в соплах; постановкой задачи газодинамического расчёта сопла и решает следующие задачи:

1. Определяет основные характеристики «опорного» сопла Лаваля на заданное значение тяги.
2. Рассчитывает параметры семейства исходных контуров сопел.
3. Рассчитывает параметры семейства укороченных сопел.
4. Рассчитывает потери для семейства укороченных сопел.
5. Проводит выбор оптимального сопла и строит его теоретический контур, используя метод парабол.
6. С использованием таблиц газодинамических функций рассчитывает распределение термодинамических параметров потока по длине сопла.
7. Выполняет графическое построение профиля сопла в масштабе и графики распределение термодинамических параметров потока продуктов сгорания по длине сопла.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации

В 5-ом семестре промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине. Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в приложении 1.

В 6-ом семестре промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачёта дисциплине и основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

2.4.2.1 Типовые вопросы и задания по дисциплине

2.4.2.1.1 Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний (5 семестр):

1. Основные понятия аэрогазодинамики (гипотеза сплошности; внутреннее трение и вязкость; пограничный слой; сжимаемость газов; стандартная атмосфера).

2. Предельная скорость движения газа. Число Маха, приведенная и относительная скорости газа.

3. Уравнения газовой динамики для единичной струйки. Уравнение неразрывности. Уравнение энергии. Уравнение количества движения

4. Элементы гидродинамики. Движение жидкой частицы. Уравнение неразрывности.

5. Элементы гидродинамики. О силах, действующих в жидкости. Связь между напряжениями и деформациями. Уравнение Навье-Стокса.

6. Гидродинамическое подобие газодинамических процессов. Числа Струхала, Фруда, Эйлера, Рейнольдса.

7. Элементы гидродинамики. Уравнение энергии. Тепловое подобие газодинамических процессов. Температурный критерий, числа Пекле, Архимеда, Грасгофа.

8. Циркуляция скорости. Теорема Стокса.

9. Особенности двухфазного течения и профилирования сверхзвукового сопла.

10. Плоские установившиеся движения идеальной жидкости и газа. Уравнение линий тока. Функция тока. Основное дифференциальное уравнение газовой динамики для плоского потенциального установившегося течения.

11. Ускорение газового потока. Сверхзвуковое сопло. Безразмерная площадь. Расход газа через сопло. Общие условия перехода от дозвукового течения к сверхзвуковому и обратно. Условие обращения воздействия.

12. Механическая форма уравнения энергии (уравнение Бернулли).

13. Слоистые течения. Безразмерный профиль скорости. Потери давления. Коэффициент поверхностного трения.

14. Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций. Таблицы газодинамических функций.

15. Течение газа в соплах. Порядок определения площади критического и выходного сечений сопла. Коэффициент расхода сопла. Профилирование сопла по методу равномерной характеристики.

16. Течение газа в соплах. Профилирование сопла по методу парабол и выбор оптимального сопла из семейства укороченных сопел.

2.4.2.1.2 Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний (6 семестр):

1. Прямой скачок уплотнения (кинематическое соотношение).
2. Прямой скачок уплотнения (динамические соотношение, ударная адиабата).
3. Косой скачок уплотнения (кинематические и динамические соотношения). Особенности конического скачка уплотнения.
4. Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера).
5. Основы численных методов исследования течений жидкостей и газов.
6. Пограничный слой. Структура пограничного слоя. Оценка режима течения жидкости.
7. Ламинарный пограничный слой. Дифференциальное описание (уравнения Прандтля).
8. Ламинарный пограничный слой. Интегральное соотношение.
9. Турбулентный пограничный слой. Метод осреднения.
10. Турбулентный пограничный слой. Физический смысл турбулентной вязкости и турбулентной теплопроводности.
11. Структура пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя.
12. Взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения. Лямбда-скачок.
13. Физические причины возникновения аэродинамических сил. Аэродинамические силы и моменты. Демпфирующий аэродинамический момент.
14. Коэффициент центра масс и центра давления. Статическая устойчивость летательного аппарата.
15. Подъемная сила компоновки «носовой конус+цилиндр».
16. Подъемная сила крыла, теорема Жуковского.
17. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки.

2.4.2.1.3 Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений (5 семестр)

1. Определите температуру торможения, если известно, что самолет летит со скоростью 800 км/час на высоте 8000 метров.

2. В гидроканале со скоростью потока 1,5 м/с изучается модель корабля, имеющего в натуре длину 120 метров и скорость движения 15 м/с. Определите необходимую длину модели.

3. Вода втекает в конфузор со скоростью 20 м/с. Абсолютное статическое давление во входном сечении площадью $0,1 \text{ м}^2$ равно 0,5 МПа. Определите абсолютное статическое давление в сечении конфузора площадью $0,07 \text{ м}^2$. Потерями пренебречь.

4. Давление в камере сгорания ЖРД равно 7 МПа, а температура газов – 3000 К. Площадь критического сечения сопла Лавалю равна $0,2 \text{ м}^2$. Определите статическое давление и температуру газов в дозвуковой и сверхзвуковой части сопла Лавалю в сечении площадью $0,4 \text{ м}^2$.

5. Определите секундный расход пороховых газов через сопло РДТТ с критическим сечением $0,1 \text{ м}^2$, если температура в камере РДТТ 2800 К, а давление 10 МПа. Принять для пороховых газов коэффициент адиабаты равным 1,25, а газовую постоянную – 300 Дж/(кг·К).

6. Известна температура газа в критическом сечении сопла, равная 1400 К. Определите температуру газа в камере сгорания ЖРД.

7. Определите давление торможения, если известно, что самолет летит со скоростью 800 км/час на высоте 8000 метров.

8. В камере сгорания подняли давление. Как изменятся термодинамические параметры продуктов сгорания на срезе сопла Лавалю?

2.4.2.1.4 Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений (6 семестр)

1. Определите скорость движения ударной волны, если давление и плотность в области высокого давления превышают давление и плотность в невозмущенной области в 2 раза. Давление и плотность в невозмущенной воздушной области $p_n = 10^5 \text{ Па}$; $\rho_n = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

2. Определите скорость спутного газа, движущегося вслед за воздушной ударной волной. Если давление и плотность в области высокого давления равны $2 \times 10^5 \text{ Па}$ и $2,4 \text{ кг/м}^3$ соответственно. Давление и плотность в невозмущенной воздушной области равны $p_n = 10^5 \text{ Па}$; $\rho_n = 1,2 \text{ кг/м}^3$ соответственно.

3. На преграду набегают воздушный поток со скоростью $w_n = 500 \text{ м/с}$. Давление в набегающем потоке $p_n = 2,5 \times 10^5 \text{ Па}$; температура; $T_n = 290 \text{ К}$. Определите приведенную скорость потока за прямым скачком уплотнения ($c_p = 1004,5 \text{ Дж/(кг} \times \text{К)}$).

4. Определите отношение плотностей в воздушном потоке ρ_1/ρ_n (где ρ_n и ρ_1 - плотности потока до и после скачка уплотнения соответственно), если известно соотношение давлений в прямом скачке уплотнения $p_n/p_1 = 0,4$.

5. Какое предельное отношение плотностей ρ_1/ρ_n (где ρ_n и ρ_1 - плотности потока до и после скачка уплотнения соответственно) можно получить при прямом скачке уплотнения, если газ имеет коэффициент адиабаты, равный 1,15.

6. При числе Маха набегающего воздушного потока M_n , равном 3, получено давление за скачком уплотнения, равное $p_n = 2,2 \times 10^5 \text{ Па}$. Каково давление в набегающем потоке?

7. Отношение плотностей потока газа после прямого скачка уплотнения и до него равно 4. Каково отношение скоростей газового потока после прямого скачка уплотнения и до скачка.

8. Определите компоненту скорости воздушного потока w_t , касательную к фронту косоугольного скачка, если известны: температура полного торможения, равная $T^* = 500$ К и температура частичного торможения $T_n^* = 400$ К.

9. Чему равно отношение приращения давления к приращению плотности в косоугольном скачке уплотнения воздушного потока, если температура частичного торможения $T_n^* = 400$ К.

10. В момент времени t_0 в сверхзвуковом потоке, движущемся в направлении оси x из точки $O(0,0)$ со скоростью, соответствующей $M_H = 2$, возникло слабое возмущение (шум). Наблюдатель в это время находится в точке $A(2,2)$. Услышит ли наблюдатель возникший шум?

11. Во сколько раз косоугольный скачок с углом наклона фронта скачка $\alpha = 30^\circ$ слабее, чем прямой скачок при числе Маха набегающего воздушного потока $M_H = 2,5$. Силу скачка определить через отношение p_1/p_H (где p_H и p_1 - давления в потоке до и после скачка уплотнения соответственно).

12. Сверхзвуковой воздушный поток набегаёт на клин с углом полураствора $\omega_{кл} = 30^\circ$. Угол наклона фронта косоугольного скачка составляет $\alpha = 50^\circ$. Поток после поворота на косоугольном скачке движется вдоль клина со скоростью 300 м/с. Каково будет значение компоненты скорости w_t , касательной к фронту косоугольного скачка.

13. Определите останется ли воздушный поток за косоугольным скачком уплотнения сверхзвуковым, если фронт скачка составляет с вектором скорости набегающего потока угол $\alpha = 60^\circ$, а угол между фронтом скачка и вектором скорости потока за косоугольным скачком уплотнения составляет $\beta = 30^\circ$. Приведённая скорость набегающего потока $\lambda_H = 3$.

14. На сколько будет отличаться фиктивный угол поворота воздушного потока φ_H при обтекании внешнего тупого угла сверхзвуковым потоком с приведёнными скоростями $\lambda_{H1} = 1,5$ и $\lambda_{H2} = 2$.

15. Определите с использованием формулы А.Я. Черкеза, что произойдёт со сверхзвуковым потоком, который при обтекании внешнего тупого угла должен повернуть на угол, равный $\delta_0 = 100^\circ$, если начальная и конечная приведённые скорости равны $\lambda_H = 1,5$ и $\lambda_K = 2,45$ соответственно.

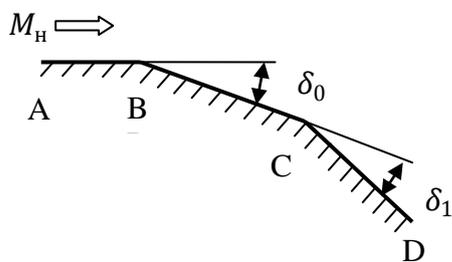
16. Дайте оценку толщины ламинарного пограничного слоя воздушного потока при обтекании тонкой пластины при координате $l = 0,005$ м. Если скорость потока равна $u = 10$ м/с, плотность $\rho = 1,2$ кг/м³. Коэффициент динамической вязкости $\mu = 1,789 \times 10^{-5}$ Па·с.

17. Используя метод осреднения, определите порядок следующих величин $\overline{\frac{\partial(u^2)}{\partial x}}$ и $\overline{\frac{\partial(uv)}{\partial y}}$.

2.4.2.1.5 Примеры типовых комплексных заданий для контроля приобретенных владений

Типовое комплексное задание № 1.1

Сверхзвуковой плоский поток набегаёт на тело с ломанной образующей (рис. 1.1). Первый угол поворота потока равен δ_0 , а второй δ_1 . Известны все термодинамические параметры набегающего потока. Истечение происходит в вакуум. Укажите:



– последовательность решения задачи для определения параметров потока вдоль стенки СД;

Рисунок 1.1.

– приведите формулы, необходимые для решения задачи;

- какая ситуация может возникнуть при решении задачи?
- какое может быть сделано обобщение для использования предложенной Вами методики для решения других задач?

Типовое комплексное задание № 1.2

При постановке модельного эксперимента при числах $M=0,147$ и $Re=0,27 \cdot 10^5$ и получена информация о силе лобового сопротивления летательному аппарату (ЛА), величиной 5000 Н. Каков вклад в сопротивление ЛА сил давления и трения, если известно, что $\partial p / \partial x = 10$ Па/м, а $\partial^2 u / \partial^2 y = 10^4$ с⁻¹м⁻¹. Принять плотности воздуха, температуры и давления в натурном и модельном экспериментах одинаковыми и $\rho / \rho_\infty = 1$. Давление в невозмущенной среде равно $p_\infty = 0,5 \cdot 10^5$ Па. Скорость потока обтекающего тело с характерной длиной $l = 0,5$ м равна $u = 50$ м/с.

Типовое комплексное задание № 1.3

Необходимо определить силу лобового сопротивления создаваемого самолёта, для которого сопротивление давления и трения соизмеримы. Сформулируйте:

- каким требованиям должна отвечать аэродинамическая воздушная труба;
- какие критерии гидродинамического подобия являются определяющими в этой ситуации;
- определите силу лобового сопротивления самолета, если для модели 1:10 была измерена сила лобового сопротивления при давлении в рабочей части аэродинамической трубы в 5000 Н.

Принять скорость полета самолёта, близкой к скорости воздуха в

аэродинамической трубе, а атмосферное давление на высоте полёта $0,2 \cdot 10^5$ Па. Давление в рабочей части аэродинамической трубы $2 \cdot 10^6$ Па. Температура среды для натурны и модельных испытаний одинакова.

Типовое комплексное задание № 1.4

Необходимо определить силу сопротивления буксиру, для которого сопротивление вызвано перемещением толщи воды. Скорость буксира 5 м/с. Модель буксира в масштабе 1:50 должна быть испытана в гидроканале.

Сформулируйте:

- какой критерий гидродинамического подобия является определяющим в этой ситуации;
- какова должна быть скорость движения модели буксира в гидроканале;
- определите силу сопротивления буксиру, если для модели 1:50 она составила 1 Н.

Типовое комплексное задание № 1.5

Сформулируйте постановку граничных условий при решении задачи об обтекании носового сверхзвуковым потоком.

Типовое комплексное задание № 1.6

Сформулируйте постановку граничных условий при решении задачи об истечении продуктов сгорания из сопла с газопроницаемой стенкой с определением создаваемой тяги.

Типовое комплексное задание № 1.7

На основании выражения для максимальной скорости течения газа сформулируйте требования к термодинамическим свойствам продуктов сгорания ракетного двигателя. Какие при этом возникают ограничения со стороны обеспечения работы конструкции ракетного двигателя?

2.4.2.2 Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в документе Фонд оценочных средств вуза для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры, Пермь: ПНИПУ, 2016. -23 с.

2.4.2.3 Шкалы оценивания результатов обучения на зачёте

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в документе Фонд оценочных средств вуза для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры, Пермь: ПНИПУ, 2016. -23 с.

3 Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачёте (экзамене) считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

3.2 Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Типовые шкала, критерии оценки, форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в документе Фонд оценочных средств вуза для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры, Пермь: ПНИПУ, 2016. -23 с.

Приложение 1.
Пример типовой формы экзаменационного билета



**пермский
политех**
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Специальность
24.05.02 «Проектирование авиационных
и ракетных двигателей»
Специализация
«Проектирование ракетных двигателей
твёрдого топлива»
Кафедра
«Ракетно-космическая техника и
энергетические системы»
Дисциплина
«Механика жидкости и газа»

Билет № 1

1. Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера).

2. На преграду набегают воздушный поток со скоростью $w_n = 500$ м/с. Давление в набегающем потоке $p_n = 2.5 \times 10^5$ Па; температура; $T_n = 290$ К. Определите приведённую скорость потока за прямым скачком уплотнения ($c_p = 1004.5$ Дж/(кг×К)).

3. Необходимо определить силу лобового сопротивления создаваемого самолёта, для которого сопротивление давления и трения соизмеримы. Сформулируйте:

- каким требованиям должна отвечать аэродинамическая воздушная труба;
- какие критерии гидродинамического подобия являются определяющими в этой ситуации;
- определите силу лобового сопротивления самолета, если для модели 1:10 была измерена сила лобового сопротивления при давлении в рабочей части аэродинамической трубы в 5000 Н.

Принять скорость полета самолёта, близкой к скорости воздуха в аэродинамической трубе, а атмосферное давление на высоте полёта $0,2 \cdot 10^5$ Па. Давление в рабочей части аэродинамической трубы $2 \cdot 10^6$ Па. Температура среды для натурны и модельных испытаний одинакова.

Составитель _____ Бульбович Р.В.
(подпись)

Заведующий кафедрой _____ Соколовский М.И.
(подпись)