

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

« 22 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Аэродинамика
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей
летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины - приобретение фундаментальных знаний в области механики сплошных и разреженных сред, газовой динамики дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых потоков.

Основной задачей изучения дисциплины является овладение теоретическими основами механики сплошных сред и практическими навыками расчета газодинамических параметров потоков и аэродинамических коэффициентов летательных аппаратов и их элементов при дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых режимах движения.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- течения несжимаемых и сжимаемых сред;
- тела различной формы, движущиеся в сплошной и разреженной средах с дозвуковыми, сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями;
- стабилизируемые и управляемые летательные аппараты.

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-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает основы аэродинамического взаимодействия летательного аппарата с дозвуковыми, трансзвуковыми и сверхзвуковыми потоками.	Знает теоретические основы рабочих процессов в двигателях летательных аппаратов.	Индивидуальное задание
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования процесса обтекания газовой средой летательного аппарата и объектов двигателя дозвуковыми, трансзвуковыми и сверхзвуковыми потоками с определением силового взаимодействия.	Умеет пользоваться современными суперкомпьютерными технологиями для моделирования рабочих процессов в двигателях летательных аппаратов и их агрегатах.	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками постановки исследовательских задач, проведения вычислений, анализа и обобщения результатов аэродинамического моделирования для принятия опытно-конструкторских решений при проектировании двигателей летательных аппаратов и ракеты.	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании двигателей летательных аппаратов.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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
3-й семестр				

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 взаимодействия потока с обтекаемым телом	4	2	0	10
Распространение слабых возмущений в до- и сверхзвуковом потоке газа. Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера). Прямые скачки уплотнения. Косые скачки уплотнения. Кинематические и динамические соотношения, ударная адиабата. Пограничный слой. Режимы течения жидкости. Отрыв пограничного слоя.				
Распространение слабых возмущений в до- и сверхзвуковом потоке газа.	2	4	4	20
Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера). Прямые скачки уплотнения. Косые скачки уплотнения. Кинематические и динамические соотношения, ударная адиабата. Пограничный слой. Режимы течения жидкости. Отрыв пограничного слоя. 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.				
Аэродинамические характеристики (АДХ) корпуса летательного аппарата в дозвуковом и сверхзвуковом потоках.	4	4	4	20
Содержание и задачи аэродинамического расчета. Типовые элементы компоновки и определяющие геометрические характеристики. Режимы движения летательного аппарата по числу Маха. Волновой кризис. Коэффициенты волнового сопротивления носовой части корпуса. Донное сопротивление. Сопротивление трения. Общий характер зависимости . Коэффициент нормальной силы корпуса. Коэффициент центра давления корпуса.				
АДХ профилей и крыльев конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках.	3	2	4	15
Подъемная сила крыла, теорема Жуковского. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки. Влияние формы крыла в плане на его аэродинамические коэффициенты. Центр давления крыла конечного размаха, средняя аэродинамическая хорда.				
Интерференция частей ЛА и выбор его оперения.	2	2	4	15

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Явление интерференции частей ЛА. Коэффициент интерференции. Общее содержание задачи и выбор оперения. Выбор оперения с трапециевидной консолью.				
Аэродинамический нагрев.	3	2	0	10
Связь между трением и теплопередачей. Теплопередача в ламинарном и турбулентном пограничном слое на криволинейной поверхности. Диффузионная теплопередача. Определение температуры поверхности.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	16	16	90
ИТОГО по дисциплине	18	16	16	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение основных проектных параметров ракеты по программе «RBX» в соответствии с индивидуальным заданием (2 час).
2	Определение баллистических характеристик ракеты по программе «BLST» (2 час).
3	Центровочный расчёт (2 час).
4	Выбор иксобразного оперения из трапециевидных консолей (2 час).
5	Определение аэродинамического коэффициента лобового сопротивления ракеты (2 час).
6	Проведение расчёта по программе «OPER» «Выбор оперения для ракеты с заданной степенью статической устойчивости и определение коэффициента её лобового сопротивления». Сопоставление результатов расчёта (2 час).
7	Оформление отчёта по индивидуальному заданию «Выбор оперения для ракеты с заданной степенью статической устойчивости и определение коэффициента её лобового сопротивления» (2 час).
8	Защита отчёта по индивидуальному заданию (2 час).

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование ударно-волнового процесса отражения в ударной трубе (2 час).
2	Исследование процесса обтекания сферы дозвуковым и сверхзвуковым потоком (4 час).
3	Исследование процесса обтекания носового конуса с притуплением (4 час).
4	Определение управляющих усилий, создаваемых газовым рулём (4 час).
5	Защита отчёта по лабораторным работам (2 час).

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	Калугин В.Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов : Учеб. пособие для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 687 с.	16
2	Лебедев А. А., Чернобровкин Л. С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1973. 616 с.	25

2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Колесников Г. А., Марков В. К., Михайлюк А. А. Аэродинамика летательных аппаратов : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 1993. 543 с.	13
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	Голубев А. Г. Аэродинамика : учебник	https://e.lanbook.com/book/106260	сеть Интернет; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Бульбович Р. В. Выбор оперения и определение коэффициентов аэродинамического сопротивления ракеты : учебно-методическое пособие	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPuelib6164	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
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 Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
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/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

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

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Аэродинамика»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов
Квалификация выпускника:	магистр
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	Очная
Курс: 2	Семестр: 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен: 3 семестр	

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 6 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 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		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
З.1 Знает основы аэродинамического взаимодействия летательного аппарата с дозвуковыми, трансзвуковыми и сверхзвуковыми потоками	С1-6	ТО1-6		КР 1-2		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет пользоваться с современными вычислительными пакетами для моделирования процесса обтекания газовой средой летательного аппарата и объектов двигателя дозвуковыми, трансзвуковыми и сверхзвуковыми потоками с определением силового взаимодействия			ОЛР1-5	КР 1-2		ПЗ1-8
Приобретенные владения						
В.1 Владеет навыками постановки исследовательских задач, проведения вычислений, анализа и обобщения результатов аэродинамического моделирования для принятия опытно-конструкторских решений			ОЛР1-5			экзамен КЗ

при проектировании двигателей летательных аппаратов и ракеты						
--	--	--	--	--	--	--

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом 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 бланчного 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 (таблица 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 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 общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Основы взаимодействия потока с обтекаемым телом» и модулю 2 «Распространение слабых возмущений в до- и сверхзвуковом потоке»; вторая КР – по модулю 3 «Аэродинамические характеристики корпуса летательного аппарата в дозвуковом и сверхзвуковом потоках» и по модулю 4 «Аэродинамические характеристики профилей и крыльев конечного размаха летательного аппарата в дозвуковом и сверхзвуковом потоках».

Типовые задания первой КР:

1. Каковы физические причины возникновения аэродинамических сил?
2. За счёт чего возникает аэродинамический момент?
3. Что происходит за точкой С при обтекании профиля потоком, если не возникает кризис течения?
4. Что означает отрицательный коэффициент давления?
5. За счет чего при обтекании профиля крыла возникает подъёмная сила?
6. Когда возникает демпфирующий момент?
7. В какой системе координат определяют компоненты аэродинамической силы? Назовите их.
8. Опишите связанную систему осей координат.
9. Что такое центр давления?

Типовые задания второй КР:

1. Где должен находиться центр давления для статически устойчивого ЛА? Какие технические решения для этого принимают?
2. Назовите основные элементы аэродинамической компоновки ЛА.
3. В чём состоит преимущество применения решетчатых стабилизаторов?
4. Какие составляющие аэродинамического сопротивления входят в коэффициент лобового аэродинамического сопротивления ЛА?
5. Как $c_{xв\text{ок}}$ зависит от числа Маха?

6. Чем вызвано донное сопротивление ЛА?
7. Какие эффекты наблюдаются при обтекании тонкого профиля сверхзвуковым потоком при наличии угла атаки?
8. Какую поправку вносит коэффициент k_k ?
9. Из чего складывается $c_{x\text{тр}}$ ЛА?

2.3. 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.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений, а также обязательно выполнение комплексного задания (КЗ) в виде расчетно-графической работы в соответствии с индивидуальным заданием 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 общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Основные понятия аэрогазодинамики (гипотеза сплошности; внутреннее трение и вязкость; пограничный слой; сжимаемость газов; стандартная атмосфера).
2. Особенности расчета аэродинамических коэффициентов иксообразного оперения с трапециевидной консолью.
3. Аэродинамические коэффициенты профиля конечной толщины при сверхзвуковых скоростях.
4. Выбор оперения с трапециевидной консолью.
5. Понятие о средней аэродинамической хорд. Центр давления крыла конечного размаха.
6. Влияние формы крыла в плане на его аэродинамические коэффициенты.
7. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки при сверхзвуковых скоростях.
8. Подъемная сила крыла. Теорема Жуковского.
9. Коэффициент центра давления корпуса.
10. Коэффициент нормальной силы корпуса.
11. Сопротивление трения.
12. Донное сопротивление.
13. Коэффициент волнового сопротивления носовой части корпуса.
14. Основные системы координат, используемые в динамике полёта.
15. Демпфирующий аэродинамический момент. Аэродинамические характеристики летательного аппарата.

16. Аэродинамические силы и моменты. Статическая устойчивость летательного аппарата.

17. Режимы движения летательного аппарата по числу Маха. Волновой кризис.

18. Принцип обращения движения. Физические причины возникновения аэродинамических сил и моментов.

19. Типовые элементы компоновки ЛА и определяющие геометрические характеристики.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Определите коэффициент давления в передней точке торможения потока перед притуплённым конусом, если набегающий поток воздуха имеет следующие параметры: давление - $05 \cdot 10^5$ Па; температура – 300 К; число $M = 0,5$.

2. Определите силу лобового сопротивления, действующую на летательный аппарат (ЛА), движущийся на высоте 8000 м. Скорость полёта соответствует числу Маха $M=0,8$. Аэродинамический коэффициент $C_x=0,15$. Площадь миделя ЛА равна 3 м^2 .

3. Как изменится положение центра давления ЛА, если площадь консоли (стабилизаторов) возрастёт в 1,1 раза? ЛА имеет следующие аэродинамические характеристики: $c_N^\alpha=0,05 \text{ град}^{-1}$; $\bar{x}_{д \text{ кор}}=0,2$; $\bar{x}_{д \text{ оп}}=0,95$; $c_N^{\alpha \text{ из.кр}}=0,046 \text{ град}^{-1}$; $S_M = 3 \text{ м}^2$; $S_{кн} = 1 \text{ м}^2$; $k_\alpha = 1,5$.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

Типовое комплексное задание выполняется в виде расчетно-графической работы в соответствии с индивидуальным заданием (выдаётся преподавателем). Целью расчетно-графической работы является выбор оперения ракеты, имеющей заданную статическую устойчивость на траектории, и определение аэродинамических коэффициентов.

Исходными данными по облику ракеты (геометрические и весовые характеристики) являются данные, полученные в ходе выбора проектных параметров ракеты в рамках расчетно-графической работы по дисциплине «Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов», выполненной во 2 семестре.

По заданию преподавателя студент определяет экстремальную точку на траектории, для которой наблюдается:

неустойчивость (начальный участок траектории);

либо максимальное значение угла атаки:

либо максимальный скоростной напор.

либо заданное время движения на активном участке траектории.

Характеристики этой точки на траектории (положение центра масс, скорость и плотность потока) являются исходными для выбора оперения ракеты, имеющей заданную статическую устойчивость на траектории (задаётся преподавателем).

В целях облегчения расчетно-графической работы задаётся одно значение сужения крыла $\eta = 15$. Далее выполняется эскиз ракеты с рассчитанным

оперением и определяется аэродинамический коэффициент лобового сопротивления c_x в зависимости от числа Маха ($M_{\infty i} = \{0,4; 0,8; 1,3; 2,0; 5,0\}$),

Оформляется пояснительная записка с результатами проведённых расчётов.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. 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 путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.