

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра летательных аппаратов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.6 Экспериментальная аэродинамика»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

(код и наименование направления подготовки)

Проектирование и производство летательных аппаратов

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

2217977

2217977

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.6 Экспериментальная аэродинамика» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра летательных аппаратов

наименование кафедры

протокол № 7 от "07" февраля 2025 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра летательных аппаратов

наименование кафедры

подпись

А.Д. Припадчев

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент каф. ЛА

должность

подпись

А.А. Горбунов

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

код наименование

личная подпись

расшифровка подписи

А.Д. Припадчев

Научный руководитель магистерской программы

личная подпись

А.Д. Припадчев

расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

М.В. Митюченко

личная подпись

С.А. Биктимирова

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от Аэрокосмического института

личная подпись

А.М. Черноусова

расшифровка подписи

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

- раскрыть основополагающие современные научные концепции, понятия и идеи исследования при постановке и проведении физического эксперимента в аэродинамической трубе.

Задачи:

- иметь представление о качественных визуальных процессах обтекания и количественном определении действующих на модель сил и моментов;

- проводить измерение распределений по поверхности модели и нахождения величин локальных скоростей и углов притекания потока в процессе решения прикладных задач экспериментальной аэродинамики.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.Э.1.1 Технология производства агрегатов ракет, Б1.Д.В.Э.1.2 Разработка управляющих программ*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-2 Способен и готов с помощью компьютерной техники планировать и проводить научные эксперименты, обрабатывать, анализировать и оценивать результаты исследований	ПК*-2-В-1 Знать основные методы планирования и проведения научных экспериментов ПК*-2-В-2 Уметь проводить научные эксперименты, обрабатывать, анализировать и оценивать результаты исследований ПК*-2-В-3 Владеть навыками проведения научных экспериментов, обрабатывать, анализировать и оценивать результаты исследований	<u>Знать:</u> - методы определения скорости воздушного потока в аэродинамической трубе дозвуковых скоростей; - определение коэффициента поля скоростных напоров в рабочей части аэродинамической трубы; - визуальные методы исследования. <u>Уметь:</u> - различать в информации факты и мнения, описания и объяснения; - устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых процессов и явлений. <u>Владеть:</u> - методиками проектирования ЛА и конструирования их изделий и систем; - методикой формирования условий при которых возможно осуществить эксперимент,

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		обеспечивающий надежное практическое использование результатов.
ПК*-9 Способен разрабатывать компоновку изделий ракетно-космической техники	ПК*-9-В-1 Знать компоновку изделий ракетно-космической техники ПК*-9-В-2 Уметь применять на практике методы и способы компоновки изделий ракетно-космической техники ПК*-9-В-3 Владеть методами и способами компоновки ракетно-космической техники	<u>Знать:</u> - профили скоростей в пограничном слое крыла при дозвуковых скоростях, определять основные аэродинамические коэффициенты модели летательного аппарата или изолированного крыла, определять лобовое сопротивление фюзеляжа, исследование способов увеличения подъемной силы крыла. <u>Уметь:</u> - участвовать в дискуссиях по изучаемым проблемам, формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации полученные сведения. Представлять результаты изученного материала в формах конспекта, реферата, рецензии. <u>Владеть:</u> - методами проведения научных исследований.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	180	180
Контактная работа:	34,25	34,25
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к практическим занятиям; - выполнение комплексного задания; - подготовка к рубежному контролю.	145,75	145,75

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие положения и допущения	22		4		18
2	Визуальные методы исследования	22		4		18
3	Исследование профиля скоростей в пограничном слое крыла при дозвуковых скоростях	22		4		18
4	Определение коэффициента давления на тонком профиле крыла	22		4		18
5	Определение лобового сопротивления шара и начальной турбулентности потока аэродинамической трубы. Определение основных аэродинамических коэффициентов модели летательного аппарата и изолированного крыла	22		4		18
6	Определение аэродинамических характеристик модели летательного аппарата в потоке.	20		2		18
7	Нахождение профильного сопротивления крыла методом импульсов	26		4		22
8	Определение лобового сопротивления тел вращения	22		4		18
9	Определение коэффициентов демпфирующих моментов	22		4		18
	Итого:	180		34		146
	Всего:	180		34		146

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Общие положения и допущения

- 1.1 Требования к постановке экспериментов в аэродинамических трубах.
- 1.2 Определение основных параметров (давления, температуры, плотности).
- 1.3 Определение скорости потока приемником воздушного давления.
- 1.4 Определение скорости потока методом перепада давлений.
- 1.5 Градуировка микроманометра.
- 1.6 Градуировка приемника воздушного давления.

2 Визуальные методы исследования

- 2.1 Получение спектров обтекания исследуемых моделей в потоке воздуха.
- 2.2 Получения спектров обтекания крыла и других моделей в аэродинамической трубе с применением дыма.
- 2.3 Обтекание моделей элементов летательных аппаратов потоком с помощью газогидравлической аналогии.
- 2.4 Визуализация других физических явлений.

3 Исследование профиля скоростей в пограничном слое крыла при дозвуковых скоростях

- 3.1 Определение толщины пограничного слоя на модели крыла.
- 3.2 Исследование распределения давления по поверхности обтекаемого тела в дозвуковом

потоке.

4 Определение коэффициента давления на тонком профиле крыла

4.1 Построение эпюр распределения коэффициента давления на тонком профиле крыла при сверхзвуковом обтекании.

4.2 Исследование донного давления на телах вращения.

4.3 Определение донного давления при дозвуковых скоростях.

4.4 Определение донного давления при сверхзвуковых скоростях.

5 Определение лобового сопротивления шара и начальной турбулентности потока аэродинамической трубы. Определение основных аэродинамических коэффициентов модели летательного аппарата и изолированного крыла

5.1 Определение начальной степени турбулентности.

5.2 Зависимость сопротивления шара от расчетного числа Re .

5.3 Определение коэффициентов полученных с трехкомпонентных аэродинамических весов.

Определение поляр первого рода.

5.4 Определение углов атаки.

5.5 Определение скаса и косизны потока.

6 Определение аэродинамических характеристик модели летательного аппарата в потоке.

Нахождение профильного сопротивления крыла методом импульсов

6.1 Способы получения основных аэродинамических характеристик летательного аппарата.

6.2 Определение волнового сопротивления.

6.3 Факторы влияющие на величину минимального лобового сопротивления.

6.4 Профильное сопротивление тел.

6.5 Допущения в методе определения профильного сопротивления.

7 Определение лобового сопротивления тел вращения

7.1 Определение лобового сопротивления фюзеляжа на дозвуковых скоростях.

7.2 Определение момента тангажа модели летательного аппарата.

7.3 Статическая и продольная устойчивость летательного аппарата.

7.4 Балансировочный угол атаки.

7.5 Испытание горизонтального оперения для определения шарнирного момента руля высоты.

8 Определение коэффициентов демпфирующих моментов

8.1 Определение демпфирующих коэффициентов при заданных значениях.

8.2 Определение коэффициента затухания.

8.3 Определение момента рыскания летательного аппарата.

8.4 Определение характеристик воздушного винта в набегающем потоке.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Определение скорости потока приемником воздушного давления	4
2	2	Получения спектров обтекания крыла и других моделей в аэродинамической трубе с применением дыма	4
3	3	Исследование распределения давления по поверхности обтекаемого тела в дозвуковом потоке	4
4	4	Определение донного давления при дозвуковых скоростях	4
5	5	Определение коэффициентов, полученных с трехкомпонентных аэродинамических весов	4
6	6	Определение волнового сопротивления	6
7	7	Нахождение профильного сопротивления крыла	
8	8	Определение момента тангажа модели летательного аппарата	4
9	9	Определение характеристик воздушного винта в набегающем потоке	4
		Итого:	34

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Горбунов, А. А. Методы практической аэродинамики при автоматизированном проектировании системы несущих поверхностей летательного аппарата [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика / А. А. Горбунов, А. Д. Припадчев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2018. - 145 с. : ил.; 3,85 печ. л. - (Новые кадры для оборонно-промышленного комплекса). - Библиогр.: с. 135-137. - Прил.: с. 138-145. - ISBN 978-5-7410-1941-2.

5.2 Дополнительная литература

1. Методы и средства моделирования физических процессов [Текст] : сб. науч. тр / Акад. наук Укр. ССР, Ин-т математики. - Киев : [Б. и.], 1979. - 157 с. : ил.

2. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / С. В. Поршнев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2003. - 592 с. : ил. - ISBN 5-93517-128-7.

3. Николаев, Л. Ф. Аэродинамика и динамика полета транспортных самолетов [Текст] : учеб. для вузов / Л. Ф. Николаев. - М. : Транспорт, 1990. - 392 с.

5.3 Периодические издания

1. Аэрокосмическое обозрение : журнал. – М. : Агентство «Роспечать», 2007. – № 1 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2009. – № 1 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2010. – № 1, 2, 4 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2012. – № 4 – 5 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2013. – № 1 – 6 [1 *чз nu*]

2. Полет: журнал. – М. : Агентство «Роспечать», 2009. – № 1 – 12 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2010. – № 1-4 – 11 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2012. – № 7 – 11 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2014. – № 1 – 11 [1 *чз nu*].

5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://www.tsagi.ru/> - Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского.

2. <http://www.nafems.org/about/> - CFD Analysis - Guidance for Good.

3. <https://www.coursera.org/learn/python> - «Coursera», MOOK: «Programming for Everybody (Getting Started with Python)».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений LibreOffice.
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link.
4. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: <https://browser.yandex.ru>.
5. Программное средство для выполнения математических и технических расчетов MathCAD 14.0.
6. Система автоматизированного проектирования КОМПАС-3D V14 (Проектирование и конструирование в машиностроении).
7. Средства для защиты от вредоносных программ и применения политик IT-безопасности Kaspersky Endpoint Security.
8. <http://edu.garant.ru/garant/study/> - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей
9. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\CONSULT\cons.exe

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения практических занятий используются лаборатории кафедры ЛА, компьютерный класс.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.