

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра летательных аппаратов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

«Б1.Д.Б.22 Аэродинамика летательных аппаратов»

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

(код и наименование направления подготовки)

Ракетостроение

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

2208343

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.22 Аэродинамика летательных аппаратов» 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*

С.В. Белов

*расшифровка подписи*

*должность*

*подпись*

*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

*код наименование*

*личная подпись*

А.Д. Припадчев

*расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

*личная подпись*

С.А. Биктимирова

*расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству АКИ

*личная подпись*

А.М. Черноусова

*расшифровка подписи*

№ регистрации \_\_\_\_\_

© Белов С.В., 2025  
© ОГУ, 2025

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель (цели) освоения дисциплины:

- получение знаний об общих законах движения воздуха и особенностях его течения при обтекании ЛА и его частей, о силах и моментах, действующих на ЛА и его части;
- иметь представление о системном подходе в восприятии дисциплины, о значении аэродинамики при проектировании, наземных и летных испытаниях ЛА

### Задачи:

- изучить законы движения воздуха (газа) при малых, умеренных и сверхзвуковых скоростях;
- изучить методы определения воздействия воздушного потока на ЛА (определение сил и моментов).

### Уметь применять:

- методы расчета аэродинамических сил и моментов;
- методы определения влияния аэродинамической несимметрии и производственных отклонений на аэродинамические характеристики ЛА.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)». Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.15 Физика*. Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.4 Конструкция узлов и агрегатов летательных аппаратов*

## 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
ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники	ОПК-6-В-1 Знать источники, принципы анализа, систематизации и обобщения информации о современном состоянии и перспективах развития ракетно- космической техники ОПК-6-В-2 Уметь: - анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники ОПК-6-В-3 Владеть: - навыками анализа, систематизации и обобщения информации о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники	<b>Знать:</b> - методологию современного состояния и перспективы развития ракетно-космической техники <b>Уметь:</b> - применять методологию современного состояния и перспективы развития ракетно-космической техники <b>Владеть:</b> - навыками методологического обеспечения ракетно-космической техники

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>52,5</b>	<b>52,5</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Консультации	1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение курсовой работы (КР); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>163,5</b> +	<b>163,5</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	

#### Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Законы движения воздуха. Общие сведения об аэродинамике ЛА	52	4	4	4	40
2	Аэродинамика крыла при малой дозвуковой скорости. Аэродинамика крыла при околосзвуковой скорости	54	4	4	4	42
3	Профиль и крыло конечного размаха в сверхзвуковом потоке. Основы аэродинамики тел вращения	54	4	4	4	42
4	Аэродинамические характеристики ЛА при дозвуковых скоростях полета. Аэродинамические характеристики ЛА при сверхзвуковых скоростях полета	56	6	4	4	42
	Итого:	216	18	16	16	166
	Всего:	216	18	16	16	166

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### № 1 Законы движения воздуха. Общие сведения об аэродинамике ЛА

Характеристики воздуха, воздушного потока. Кинематика воздуха. Уравнения движения воздуха. Изэнтропические течения. Скачки уплотнения. Пограничный слой. Общие сведения о методах определения взаимодействия тел с потоком воздуха. ЛА и его основные части. Системы координат. Аэродинамические силы и моменты. Коэффициенты аэродинамических сил и моментов. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки и коэффициента поперечной силы от угла скольжения. Зависимость коэффициента момента тангажа от угла атаки и коэффициента подъемной силы. Фокус ЛА. Центр давления, поляры. Аэродинамическое качество. Понятие устойчивости и управляемости.

### № 2 Аэродинамика крыла при малой дозвуковой скорости. Аэродинамика крыла при околосзвуковой скорости

Геометрические характеристики. Аэродинамические характеристики профиля иссечения крыла. Силы и моменты, действующие на крыло. Картина обтекания крыла при малом угле атаки. Теорема Жуковского. Аэродинамические характеристики профиля. Коэффициент подъемной силы крыла конечного размаха. Обтекание профиля околосзвуковым потоком. Критическое число Маха. Расчет аэродинамических характеристик крыла по линейной теории при большой дозвуковой скорости. Обтекание профиля закритическим дозвуковым потоком. Волновое сопротивление. Аэродинамические характеристики стреловидного крыла.

### № 3 Профиль и крыло конечного размаха в сверхзвуковом потоке. Основы аэродинамики тел вращения

Плоская пластина в сверхзвуковом потоке. Обтекание тонкого профиля сверхзвуковым потоком. Метод скачков-разряжений. Особенности обтекания крыла конечного размаха сверхзвуковым потоком. Аэродинамические характеристики крыла бесконечного размаха со скольжением при сверхзвуковых передних кромках. Осесимметричное обтекание круговых конусов. Обтекание конуса сверхзвуковым потоком под углом атаки. Определение нормальной силы и момента тангажа тонких тел вращения. Нормальная сила корпуса ЛА. Сопротивление корпуса ЛА.

## **№ 4 Аэродинамические характеристики ЛА при дозвуковых скоростях полета. Аэродинамические характеристики ЛА при сверхзвуковых скоростях полета**

Аэродинамическая интерференция. Интерференция между крылом и корпусом. Коэффициенты интерференции. Коэффициент нормальной силы и координата фокуса комбинации «корпус-крыло». Правило площадей. Аэродинамическая интерференция. Интерференция между крылом и корпусом. Коэффициенты интерференции. Коэффициент нормальной силы и координата фокуса комбинации «корпус-крыло». Правило площадей. Аэродинамическая интерференция. Интерференция между крылом и корпусом. Коэффициенты интерференции. Коэффициент нормальной силы и координата фокуса комбинации «корпус-крыло». Правило площадей. Аэродинамическая интерференция. Интерференция между крылом и корпусом. Коэффициенты интерференции. Коэффициент нормальной силы и координата фокуса комбинации «корпус-крыло». Правило площадей.

### **4.3 Лабораторные работы**

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Основные уравнения аэродинамики.	4
2	2	Аэродинамическое подобие	4
3	3	Основные теоретические сведения	4
4	4	Течение газов с большими скоростями	4
		Итого:	16

### **4.4 Практические занятия (семинары)**

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Основы аэродинамики тел вращения	4
2	2	Аэродинамика крыла при околосзвуковой скорости	4
3	3	Пограничный слой	4
4	4	Геометрические характеристики профиля крыла	4
		Итого:	16

### **4.5 Курсовая работа (5 семестр)**

1. Расчет газодинамических параметров воздушного потока.
2. Расчет аэродинамических характеристик ЛА.
3. Аэродинамические характеристики самолёта на режимах взлёта и посадки.

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **5.1 Основная литература**

1 Белов, С.В. Аэродинамика и динамика полета [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 24.03.04 Авиационное инженерное образование / С.В. Белов, А.В. Гордиенко, В.Д. Проскурин; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2.58 Мб). - Оренбург: ОГУ, 2014. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1200-0. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/7832\\_20150416.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/7832_20150416.pdf) - ISBN 978-5-7410-1200-0.

2. Горбунов, А.А. Методы практической аэродинамики при автоматизированном проектировании системы несущих поверхностей летательного аппарата: учебное пособие / А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург: ОГУ, 2015. - 146 с.: ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 135-137. - ISBN 978-5-7410-1479-0; Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/9471\\_20160112.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/9471_20160112.pdf) - ISBN 978-5-7410-1479-0

## 5.2 Дополнительная литература

1 Горбунов, А.А. Аэромеханика летательных аппаратов: монография / А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев, А.Г. Магдин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ. – 2022. – 119 с. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/work\\_all/164776\\_20220331](http://artlib.osu.ru/web/books/work_all/164776_20220331) - ISBN 978-5-7410-2853-7

2 Горбунов А.А., Припадчев А.Д. Электронный курс лекций в презентациях "Аэродинамика управляющих поверхностей". Регистрационный номер 1467, УФЭР ОГУ, 2017.

3 Припадчев, А.Д. Аэродинамические исследования корпусов и органов стабилизации летательного аппарата: учебное пособие / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2017. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/58910\\_20171107](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/58910_20171107)

4 Горбунов, А.А. Аэродинамика управляющих поверхностей летательного аппарата: учебное пособие / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2017. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/32980\\_20170125](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/32980_20170125)

5 Горбунов, А.А. Динамика взлета и посадки летательного аппарата: учебное пособие / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2017. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/58908\\_20171107](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/58908_20171107)

## 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 пи]

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 пи], 2015. – № 1 – 6 [1 чз пи].

## 5.4 Интернет-ресурсы

1. [www.rekord-eng.com](http://www.rekord-eng.com) – сайт ООО «Рекорд-инжиниринг». Разработка систем автоматизации технологических процессов производства.

2. [www.sarg.ru](http://www.sarg.ru) – Web – сервер журнала САПР и графика

3. [www.книат.рф/](http://www.книат.рф/) - сайт Открытого Акционерного Общества «Технопарк промышленных технологий «Инновационно-технологический центр «КНИАТ» (ОАО «КНИАТ») (ранее Казанский НИИ авиационной технологии)

4. [www.niat.ru/](http://www.niat.ru/) сайт ОАО «НИАТ» (Национальный институт авиационных технологий).

## 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, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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