

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы аэродинамики

(Наименование дисциплины)

**«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»**

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	22
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	20

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Основы аэродинамики» входит в «Обязательную часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту) Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без

		привязки к профессиональному стандарту) Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту)
--	--	--

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Инженерная и компьютерная графика	Основы беспилотных авиационных систем
2	Основы схемотехники	Системы и оборудование воздушных судов

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**
- Учебного плана направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха	4	2		2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Аэродинамические силы и моменты	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев	10	2	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Теория крыла конечного размаха	6	2		4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Высший пилотаж, устойчивость и управляемость летательного аппарата	10	2	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Прикладная аэродинамика режимов полета и взлетно-посадочных характеристик	6	2	2	2	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		108	16	16	22	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха

- **Содержание:** Предмет, задачи и история развития аэродинамики. Воздух как сплошная среда (континуум). Основные физические параметры атмосферы: давление, температура, плотность. Стандартная атмосфера (МСА/ISA) и ее значение для расчетов. Уравнение состояния идеального газа. Вязкость воздуха и число Рейнольдса.

- **Ключевые понятия:** Континуум, МСА, уравнение Клапейрона — Менделеева, вязкость, ламинарный и турбулентный режимы течения.

Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости

- **Содержание:** Методы описания движения жидкости (Эйлера и Лагранжа). Линии тока, трубка тока, струйчатая модель потока. Закон сохранения массы (уравнение неразрывности). Закон сохранения энергии (обобщенное уравнение Бернулли) для сжимаемой и несжимаемой жидкостей. Понятие о полном давлении.

- **Ключевые понятия:** Линия тока, трубка тока, уравнение неразрывности, уравнение Бернулли, статическое и динамическое давление.

Тема 3. Аэродинамические силы и моменты

- **Содержание:** Составляющие полной аэродинамической силы: подъемная сила, лобовое сопротивление, боковая сила. Понятия центра давления и фокуса. Аэродинамический момент тангажа, рыскания и крена. Формулы подъемной силы и лобового сопротивления. Коэффициенты аэродинамических сил (C_{yC} , C_{xC}) и моментов (m_{zm} , m_{zn}). Безразмерные критерии подобия (число Маха).

- **Ключевые понятия:** Подъемная сила, лобовое сопротивление, угол атаки, профиль крыла, центр давления, числа M и Re .

Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев

- **Содержание:** Геометрические характеристики профиля (относительная толщина, кривизна, радиусы носка и хвостовой части). Распределение давления по профилю при малых углах атаки. Критический угол атаки и срыв потока. Поляры первого рода (зависимость коэффициента подъемной силы от коэффициента лобового сопротивления). Индуктивное сопротивление крыла конечного размаха.

- **Ключевые понятия:** Профиль крыла, хорда, относительная толщина, критический угол атаки, поляр Лилиентала, индуктивное сопротивление.

Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей

- **Содержание:** Распространение звуковых волн в газе. Число Маха как критерий сжимаемости. Особенности дозвукового, трансзвукового, сверхзвукового и гиперзвукового обтекания. Прямые скачки уплотнения. Волновое сопротивление. Звуковой удар. Правила площадей Уиткомба.

- **Ключевые понятия:** Скорость звука, число Маха, скачок уплотнения, звуковая линия, волновое сопротивление, тепловой барьер.

Тема 6. Теория крыла конечного размаха

- **Содержание:** Концевые эффекты и скос потока за крылом. Причины возникновения индуктивного сопротивления. Связь между удлинением крыла и величиной индуктивного сопротивления. Эллиптическое распределение циркуляции скорости вдоль размаха. Механизация крыла (предкрылки, закрылки, элероны, спойлеры) и ее влияние на аэродинамические характеристики.

- **Ключевые понятия:** Скос потока, концевой вихрь, удлинение крыла, эллиптическая крутка, механизация.

Тема 7. Высший пилотаж, устойчивость и управляемость летательного аппарата

- **Содержание:** Продольная, путевая и поперечная статическая устойчивость. Центровка летательного аппарата. Управляемость по трем осям. Балансировка самолета. Фокус самолета. Взаимосвязь устойчивости и маневренности. Понятие эксплуатационных ограничений по перегрузке.

- **Ключевые понятия:** Статическая устойчивость, фокус, центровка, нейтральная точка, перегрузка, V -образование (диэдраль), стреловидность.

Тема 8. Прикладная аэродинамика режимов полета и взлетно-посадочных характеристик

- **Содержание:** Разбег, взлет, набор высоты. Горизонтальный полет и его энергетический баланс. Полет на экономическую дальность. Снижение, заход на посадку и посадка. Влияние ветра, температуры и высоты аэродрома на длину разбега и пробега. Понятие о минимальной эволютивной скорости (V_{mc} , V_{mc}) и сваливании.
- **Ключевые понятия:** Потребная и располагаемая тяга, поляра скоростей, потолок самолета, глиссада, реверс тяги, экранный эффект.
- моделирования начального уровня) для анализа обтекания простых тел.

3.2. Содержание практического блока дисциплины Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха
ПЗ 2	Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости
ПЗ 3, 4	Тема 3. Аэродинамические силы и моменты
ПЗ 5	Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев
ПЗ 6, 7	Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей
ПЗ 8	Тема 6. Теория крыла конечного размаха

3.3. Образовательные технологии Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Аэродинамические силы и моменты	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Теория крыла конечного размаха	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Высший пилотаж, устойчивость и управляемость летательного аппарата	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Прикладная аэродинамика режимов полета и взлетно-посадочных характеристик	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Аэродинамические силы и моменты	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Теория крыла конечного размаха	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Высший пилотаж, устойчивость и управляемость летательного аппарата	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Прикладная аэродинамика режимов полета и взлетно-посадочных характеристик	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. История развития авиации: от воздушных змеев Леонардо да Винчи до современных гиперзвуковых аппаратов. Вклад Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина в становление аэрогидродинамики как науки.
2. Физические свойства воздуха на больших высотах. Особенности применения уравнения состояния идеального газа в разреженной среде и переход к свободномолекулярному течению.
3. Уравнение неразрывности и его практическое применение: расчет изменения скорости потока в сопле Лаваля и диффузорах.
4. Эффект Коанда и физика прилипания струи к криволинейной поверхности. Использование эффекта в схемах УВТ (управляемого вектора тяги).
5. Пограничный слой: физическая природа возникновения, ламинарный и турбулентный режимы течения. Методы управления пограничным слоем (отсос, сдув).
6. Индуктивное сопротивление крыла. Способы снижения индуктивного сопротивления: концевые крылышки (винглеты), адаптивное изменение геометрии законцовок.
7. Аэродинамика механизации крыла. Сравнительный анализ эффективности щелевых закрылков Фаулера, однощелевых закрылков и предкрылков Крюгера.
8. Критерий подобия Рейнольдса и моделирование обтекания масштабных моделей в аэродинамических трубах. Переход от модели к натурному объекту.
9. Особенности транзвукового полета. Звуковой барьер, возникновение местных скачков уплотнения. Правило площадей Р.Уиткомба и его реализация на самолете F-102.
10. Прямые и косые скачки уплотнения. Изменение параметров потока (давления, плотности, температуры, числа Маха) при переходе через фронт скачка.
11. Волновое кризис-обтекание тел вращения. Аэродинамика сверхзвуковых воздухозаборников внешнего и внутреннего сжатия.
12. Гиперзвуковая аэродинамика. Понятие высокотемпературного воздуха, диссоциации и ионизации молекул. Теплозащита спускаемых космических аппаратов («Буран», Space Shuttle).
13. Аэродинамика вертолетов. Теория идеального несущего винта (теория диска-актуатора). Возникновение зоны обратного обтекания лопасти на малых скоростях.

14. Аэродинамика экранопланов. Эффект близости экрана (земли или воды). Достоинства и недостатки эксплуатации вблизи границы раздела двух сред.

15. Статическая и динамическая устойчивость летательного аппарата. Влияние стреловидности крыла, поперечного V и площади вертикального оперения на путевую устойчивость.

16. Штопор самолета: аэродинамические причины возникновения прямого и перевернутого штопора. Современные методы вывода из неуправляемого вращения.

17. Аэродинамика взлетно-посадочной механизации. Влияние выпущенных щитков и интерцепторов на подъемную силу и лобовое сопротивление. Экранный эффект земли при посадке.

18. Методы вычислительной гидродинамики (CFD) в современной инженерии. Обзор программных комплексов (Ansys Fluent, OpenFOAM) и их роль в проектировании планера.

19. Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особенности обтекания малоразмерных объектов при низких числах Рейнольдса ($Re < 10^5$).

20. Бионика в аэродинамике. Применение принципов строения крыльев птиц (альбатросов, стрижей) и насекомых для создания микро-БПЛА типа MAV (Micro Air Vehicles).

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение в аэродинамику и физические свойства воздуха	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Основы гидро- и аэродинамики: кинематика и динамика жидкости	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Аэродинамические силы и моменты	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Аэродинамика тел вращения и профилей крыльев	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Сжимаемость воздуха и аэродинамика больших скоростей	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Теория крыла конечного размаха	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Высший пилотаж, устойчивость и управляемость летательного аппарата	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

8	Тема 8. Прикладная аэродинамика режимов полета и взлетно-посадочных характеристик	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

Задание 1. Расчет параметров стандартной атмосферы На высоте $H=8000\text{ м}$ определить статическое давление воздуха, если у земли ($H=0\text{ м}$) оно составляет $P_0=101325\text{ Па}$. Температуру считать изменяющейся по адиабатическому закону в тропосфере с градиентом $\gamma=6,5\cdot 10^{-3}\text{ К/м}$. Температура у земли $T_0=288,15\text{ К}$. **Цель:** Отработка навыков использования барометрических формул для определения термодинамических параметров среды.

Задание 2. Уравнение неразрывности Труба переменного сечения имеет диаметр $D_1=20\text{ см}$ в широкой части и $D_2=10\text{ см}$ в узкой. Скорость потока в широкой части $V_1=5\text{ м/с}$. Определить скорость потока V_2 в узком сечении для несжимаемой жидкости. **Цель:** Применение закона сохранения массы к струйке тока.

Задание 3. Уравнение Бернулли В горизонтальной трубе скорость потока увеличилась в 2 раза. Давление в начальном сечении составляло $P_1=200\text{ кПа}$. Плотность воздуха $\rho=1,225\text{ кг/м}^3$. Определить давление P_2 во втором сечении, пренебрегая потерями на трение. **Цель:** Понимание взаимосвязи между скоростью потока и статическим давлением.

Задание 4. Подъемная сила крыла Самолет массой $m=5000\text{ кг}$ совершает установившийся горизонтальный полет со скоростью $V=70\text{ м/с}$ на уровне моря ($\rho=1,225\text{ кг/м}^3$). Площадь крыла $S=30\text{ м}^2$. Определить коэффициент подъемной силы C_y . **Цель:** Навык вычисления безразмерных аэродинамических коэффициентов из условий равновесия сил.

Задание 5. Лобовое сопротивление Для профиля крыла известны значения коэффициента подъемной силы $C_y=0,8$ и профильного коэффициента лобового сопротивления $C_{x_p}=0,02$. При удлинении крыла $\lambda=8$ и коэффициенте эффективности крыла $\eta=0,95$ найти общее значение коэффициента лобового сопротивления C_x , учитывая индуктивную составляющую. **Цель:** Расчет полного аэродинамического качества профиля с учетом концевых потерь.

Задание 6. Поляра Лилиентала Крыло самолета имеет площадь $S=25\text{ м}^2$. Экспериментальная поляра описывается уравнением $C_x=0,018+0,06C_y^2$. Определить максимальное аэродинамическое качество $K_{\max}$ и соответствующий ему угол атаки (через C_y). **Цель:** Анализ графической зависимости сил и поиск оптимальных режимов обтекания.

Задание 7. Влияние числа Маха (сжимаемость) Самолет летит на высоте, где температура составляет -30°C . Истинная воздушная скорость равна 250 м/с . Определить число Маха полета. Скорость звука рассчитывается как $a=\sqrt{kRT}$.

где $k=1,4$, $k = 1,4$, $R=287$, $R = 287$ Дж/(кг·К), ТТТ — абсолютная температура. *Цель:* Определение режима полета (дозвуковой/трансзвуковой) через критерий подобия.

Задание 8. Косой скачок уплотнения Перед клином с углом полураствора $\delta=10^\circ$ набегают сверхзвуковой поток с числом Маха $M_1=2,5$. Используя газодинамические таблицы или аппроксимации, оценить за каким углом наклона фронта скачка σ будет происходить присоединенное обтекание. *Цель:* Знакомство с геометрией косых скачков уплотнения.

Задание 9. Индуктивное сопротивление и скос потока Определить угол скоса потока ε за крылом удлинением $\lambda=10$ при коэффициенте подъемной силы $C_y=0,5$. Использовать формулу $\varepsilon = C_y \pi \lambda$ (в радианах). *Цель:* Оценка влияния конечного размаха крыла на эффективный угол атаки.

Задание 10. Механизация крыла При выпуске закрылков на посадке коэффициент подъемной силы увеличился с $C_{y1}=1,2$ до $C_{y2}=2,0$, но одновременно вырос коэффициент лобового сопротивления с $C_{x1}=0,04$ до $C_{x2}=0,12$. Во сколько раз изменится вертикальная скорость снижения самолета при неизменной тяге двигателей? *Цель:* Практический анализ изменения траектории захода на посадку при изменении конфигурации крыла.

Задание 11. Аэродинамический фокус и центровка Расстояние от носа фюзеляжа до центра тяжести (ЦТ) составляет $X_T=20$ м, до аэродинамического фокуса планера $X_F=22$ м. Статический запас составляет 5%. Найти среднюю аэродинамическую хорду (САХ) крыла. *Цель:* Связь геометрии компоновки с характеристиками продольной устойчивости.

Задание 12. Балансировка момента тангажа Центр тяжести самолета находится впереди фокуса хвостового оперения на расстоянии $L_h=12$ м. Площадь стабилизатора $S_h=8$ м². Коэффициент подъемной силы стабилизатора $C_{yh}=-0,4$. Определить величину пикирующего момента M_z , который должен компенсировать стабилизатор, чтобы самолет находился в балансировочном положении (плотность воздуха $\rho=1,225$ кг/м³, скорость $V=100$ м/с). *Цель:* Расчет управляющих усилий для обеспечения продольного равновесия.

Задание 13. Взлетная дистанция Определить минимальную взлетную скорость (скорость отрыва) V_{LOF} для самолета массой 6000 кг, имеющего крыло площадью $S=40$ м², если максимальный коэффициент подъемной силы с выпущенной механизацией $C_{y_{max}}=2,2$. Полет происходит на уровне моря. *Цель:* Расчет критического этапа взлета исходя из ограничения по несущим свойствам крыла.

Задание 14. Энергетическая скороподъемность Двигатель самолета развивает тягу $P=15000$ Н. Масса самолета $m=4000$ кг. Текущая скорость полета $V=150$ м/с. Суммарный коэффициент лобового сопротивления $C_x=0,08$. Плотность воздуха $\rho=0,7$ кг/м³ (условия высокогорья), площадь крыла $S=20$ м². Определить вертикальную скорость подъема V_y . *Цель:* Решение дифференциального баланса энергии (тяга-сопротивление-вес) для неустановившегося набора высоты.

Задание 15. Диаграмма диапазона высот и скоростей (кривые потребной и располагаемой тяги) Построить качественный график кривых потребной (N_p) и располагаемой (N_r) мощностей для поршневого самолета. Показать на графике точки максимальной скорости горизонтального полета, экономической скорости (максимальное качество) и потолка самолета. Объяснить физический смысл левой границы области возможных режимов полета. *Цель:* Синтез знаний о силах, действующих на ЛА, и определение его летно-технических характеристик.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Жизнь и научное наследие Н.Е. Жуковского: от теоремы о подъемной силе до создания ЦАГИ *Исторический обзор вклада основоположника русской авиации в теоретическую базу полета.*
2. Физико-математическая модель стандартной атмосферы (МСА) и ее применение в летных расчетах *Анализ изменения давления, температуры и плотности с высотой, влияние на тягу двигателей и несущие свойства крыла.*
3. Пограничный слой: природа возникновения, ламинарно-турбулентный переход и методы управления им *Исследование вязкостного трения как основного источника профильного сопротивления дозвуковых самолетов.*
4. Аэродинамика механизации крыла: сравнительный анализ эффективности закрылков Фаулера, Крюгера и элеронов *Влияние выдвижных и поворотных поверхностей на изменение коэффициента подъемной силы при взлете и посадке.*
5. Концевые эффекты крыла конечного размаха: физическая природа индуктивного сопротивления и способы его снижения *Роль концевых вихрей, удлинения крыла и применения современных законцовок типа sharklets (винглетов).*
6. Трансзвуковая аэродинамика: возникновение волнового кризиса и правило площадей Уиткомба *Особенности обтекания тел при числах Маха $0,8 < M < 1,2$, $1,2 < M < 1,8$ и эволюция компоновок истребителей третьего поколения.*
7. Сверхзвуковой полет: теория косых скачков уплотнения и аэродинамика треугольных крыльев малого удлинения *Физика сверхзвуковых воздухозаборников и особенности балансировки ракет и боевых самолетов.*
8. Гиперзвуковая аэродинамика ($M > 5$): высокотемпературный газ, диссоциация воздуха и проблемы теплозащиты *Материалы и конструктивные решения для защиты возвращаемых космических аппаратов («Буран», Space Shuttle).*
9. Теория несущего винта вертолета: импульсная теория идеального пропеллера и осевой взлет *Применение уравнения количества движения к вертолетным лопастям и явление «вихревого кольца».*
10. Экранный эффект: аэродинамика близости земли и водной поверхности *Физика образования динамической воздушной подушки и перспективы развития экранопланов В.Н. Алексеева.*
11. Статическая устойчивость и управляемость самолета: взаимовлияние центровки, фокуса и площади оперения *Критерии продольной устойчивости и понятие эксплуатационного диапазона центровок гражданских лайнеров.*
12. Аэродинамика беспилотных летательных аппаратов (БПЛА): специфика малых чисел Рейнольдса *Проблемы масштабирования профилей и выбор оптимальных форм для микро-БПЛА самолетного и мультироторного типов.*
13. Бионическая аэродинамика: принципы машущего полета птиц и насекомых в приложении к созданию орнитоптеров *Механизмы создания тяги без роторов и их реализация в экспериментальной робототехнике.*
14. Методы вычислительной гидродинамики (CFD) в проектировании современных летательных аппаратов *Обзор численных методов решения уравнений Навье — Стокса (DNS, LES, RANS) и программных комплексов Ansys Fluent, OpenFOAM.*
15. Адаптивное или умное крыло (Smart Wing): использование морфинг-технологий и активного управления пограничным слоем *Перспективы отказа от традиционной целевой механизации в пользу непрерывного изменения кривизны профиля в полете.*

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

Блок 1. Теоретические вопросы

1. Предмет аэродинамики. Определение, основные задачи дисциплины. Классификация скоростей полета по числам Маха.
2. Международная стандартная атмосфера (МСА). Физический смысл параметров (P, T, ρ, μ) и закон их изменения с геометрической высотой в тропосфере.

3. Уравнение неразрывности. Его вывод для струйки тока несжимаемой жидкости и физический смысл сохранения массового расхода.
4. Элементарные силы давления и трения. Понятие о полном аэродинамическом векторе сил, действующих на элемент поверхности тела.
5. Подъемная сила и лобовое сопротивление. Их проекции из полной аэродинамической силы. Зависимость от угла атаки профиля крыла.
6. Коэффициенты аэродинамических сил. Формулы подъемной силы и лобового сопротивления. Факторы, влияющие на величину коэффициентов C_{yC_yCu} и C_{xC_xCx} .
7. Аэродинамическое качество. Определение, формула расчета. Связь качества с углом наклона траектории планирования.
8. Пограничный слой. Физическая природа возникновения. Различия между ламинарным и турбулентным режимами течения.
9. Индуктивное сопротивление. Причины его возникновения у крыльев конечного размаха. Влияние удлинения крыла (λ) на величину индуктивного сопротивления.
10. Критерии подобия в аэродинамике. Число Рейнольдса (Re) как мера отношения инерционных сил к силам вязкости. Области автомодельности.
11. Сжимаемость воздуха. Скорость звука в газе. Число Маха (M) как критерий сжимаемости потока.
12. Газодинамические разрывы. Прямой скачок уплотнения: изменение статического давления, плотности и температуры за фронтом скачка.
13. Трансзвуковое обтекание. Местные зоны сверхзвуковых течений и возникновение звукового барьера при околозвуковых скоростях.
14. Геометрические характеристики профиля крыла. Относительная толщина, кривизна средней линии, радиусы передней и задней кромок.
15. Механизация крыла. Назначение предкрылков, закрылков и интерцепторов. Их влияние на поляр Лилиенталя.
16. Статическая устойчивость летательного аппарата. Понятия центра тяжести, фокуса самолета и нейтральной точки.
17. Продольная балансировка. Роль горизонтального оперения в создании восстанавливающего момента тангажа.
18. Вихревая теория Жуковского. Понятие циркуляции скорости вокруг профиля. Связь циркуляции с величиной подъемной силы.
19. Аэродинамика винта. Коэффициент полезного действия воздушного винта и тяга, создаваемая им согласно теории идеального пропеллера.
20. Взлетно-посадочные характеристики. Понятие скорости сваливания (V_{stall}) и ее зависимость от конфигурации механизации и массы самолета.

Блок 2. Практические и аналитические вопросы (задачи)

1. Задача на уравнение Бернулли: По трубе переменного сечения протекает воздух. В широком сечении скорость $V_1 = 50 \text{ м/с}$, давление $P_1 = 100 \text{ кПа}$. Определить давление P_2 в узком сечении, где скорость возросла до $V_2 = 120 \text{ м/с}$ (сжимаемостью пренебречь, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$). *Ожидаемый ответ:* Демонстрация умения применять закон сохранения энергии для нахождения перепада давлений.
2. Задача на расчет САХ и центровки: Дано крыло трапециевидной формы со стреловидностью по передней кромке $\chi = 25^\circ$, корневой хордой $b_0 = 4 \text{ м}$ и концевой хордой $b_k = 2 \text{ м}$. Найти длину средней аэродинамической хорды (САХ) и положение носка САХ относительно бортовой нервюры. *Ожидаемый ответ:* Применение геометрических формул для перехода от реальной геометрии крыла к эквивалентному прямоугольному профилю.
3. Анализ поляр: На графике представлена поляр самолета $C_x = f(C_y)$. Требуется определить графическим или аналитическим способом максимальное аэродинамическое качество K_{max} и коэффициент подъемной силы C_{yC_yCu} , соответствующий этому качеству. *Ожидаемый ответ:* Нахождение касательной к полярке, проведенной из начала координат, и обоснование экономической скорости полета.
4. Расчет посадочной дистанции: Самолет массой $m = 6000 \text{ кг}$ садится с выпущенными закрылками ($C_{y_{max}} = 2,5$). Площадь крыла $S = 30 \text{ м}^2$.

$30S=30 \text{ м}^2$. Плотность воздуха $\rho=1,225 \text{ кг/м}^3$. Определить минимальную скорость приземления (при коэффициенте безопасности 1,3). *Ожидаемый ответ:* Расчет скорости сваливания с учетом коэффициента перегрузки и ограничений по несущей способности.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Инструкция: Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.

1. Как называется отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению? а) Аэродинамическая хорда; б) Поляра крыла; в) Аэродинамическое качество; г) Коэффициент перегрузки. *Правильный ответ: в)*

2. При каком числе Маха (МММ) наступает звуковой барьер, когда местная скорость потока на крыле достигает скорости звука? а) $M < 0,3$; б) $0,3 < M < 0,8$; в) $0,8 < M < 1,2$; г) $M > 1,2$. *Правильный ответ: б)*

3. Что происходит со статическим давлением газа при его адиабатическом торможении до нулевой скорости (переход кинетической энергии в потенциальную)? а) Давление уменьшается до нуля; б) Давление возрастает до величины полного давления; в) Давление остается неизменным; г) Давление становится равным атмосферному. *Правильный ответ: б)*

4. Какой профильный элемент предназначен для уменьшения индуктивного сопротивления у законцовок крыла? а) Предкрылок; б) Элерон; в) Винглет (законцовка); г) Интерцептор. *Правильный ответ: в)*

5. От какой геометрической характеристики профиля напрямую зависит величина критического угла атаки (α_{crit}), при котором происходит срыв потока? а) Удлинение крыла; б) Стреловидность; в) Относительная толщина профиля; г) Размах крыла. *Правильный ответ: в)*

Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Инструкция: Выберите два правильных ответа.

6. Какие две основные составляющие входят в формулу полной аэродинамической силы лобового сопротивления самолета? а) Индуктивное сопротивление; б) Подъемная сила; в) Профильное сопротивление (трение + давление); г) Боковая сила. *Правильный ответ: а), в)*

7. Укажите два безразмерных критерия подобия, наиболее важных для дозвуковой аэродинамики: а) Число Рейнольдса (Re); б) Число Кнудсена (Kn); в) Число Фруда (Fr); г) Число Маха (МММ). *Правильный ответ: а), г)*

8. Какие физические явления характеризуют сверхзвуковое обтекание тупоносого тела? а) Наличие присоединенного скачка уплотнения; б) Возникновение прямого скачка уплотнения перед носовой частью; в) Полное отсутствие волнового сопротивления; г) Сверхзвуковая зона только за телом. *Правильный ответ: а), б)*

9. Какие органы управления отвечают за создание моментов тангажа (изменение угла наклона носа вверх-вниз)? а) Руль направления; б) Элероны; в) Руль высоты (стабилизатор); г) Элероны. *Правильный ответ: б), в)*

10. Согласно уравнению неразрывности, что происходит со скоростью несжимаемого потока при сужении трубки тока? а) Скорость увеличивается; б) Плотность увеличивается; в) Массовый расход сохраняется постоянным; г) Статическое давление растет. *Правильный ответ: а), в)*

На установление последовательности (5 вопросов)

Инструкция: Укажите правильную последовательность действий или этапов.

11. Расположите этапы возникновения подъемной силы на профиле (начиная с набегающего потока):

1. Обтекание профиля с циркуляцией;
2. Образование разности давлений над и под профилем;
3. Набегание невозмущенного потока;
4. Отклонение потока вниз (скос потока). *Правильный ответ: 3-1-4-2*

12. Расположите слои атмосферы от поверхности Земли вверх:

1. Стратосфера;
2. Тропосфера;

3. Мезосфера. *Правильный ответ: 2-1-3*

13. Расположите режимы течения в пограничном слое в порядке возрастания числа Рейнольдса:

1. Турбулентный слой;
2. Ламинарно-турбулентный переход;
3. Ламинарный слой. *Правильный ответ: 3-2-1*

14. Расположите стадии полета самолета по возрастанию потребной тяги двигателей:

1. Горизонтальный полет;
2. Взлет;
3. Набор высоты. *Правильный ответ: 1-3-2*

15. Расположите типы летательных аппаратов в порядке возрастания типичных рабочих чисел Маха:

1. Истребитель 4-го поколения;
2. Транспортный турбовинтовой самолет;
3. Спускаемый аппарат (КК «Союз»). *Правильный ответ: 2-1-3*

На установление соответствия (4 вопроса)

Инструкция: Установите соответствие между термином и его определением/формулой.

16. Соответствие между силами и их физической природой:

- | | |
|---------------------------|---|
| А) Сила трения | 1) Результат разницы давлений |
| Б) Подъемная сила | 2) Касательные напряжения в вязком газе |
| В) Волновое сопротивление | 3) Потери энергии на ударных волнах |

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

17. Соответствие между параметрами стандартной атмосферы и их значениями на уровне моря ($H=0$):

А) Давление (P_0)	1) 1,2251,2251,225 кг/м ³
Б) Температура (T_0)	2) 101325 Па
В) Плотность (ρ_0)	3) 288,15 К

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1.

18. Соответствие между элементами механизации и их влиянием на полет:

А) Выпущенные закрылки	1) Резкое увеличение $C_{x_{\text{закрылки}}}$ при малом росте $C_{y_{\text{закрылки}}}$, используется как тормоз
Б) Предкрылки	2) Смещение кривой вверх и вправо, рост $C_{y_{\text{макс}}}$
В) Интерцепторы	3) Рост $C_{y_{\text{макс}}}$ за счет увеличения кривизны профиля

Правильный ответ: А – 3, Б – 2, В – 1.

19. Соответствие между числами подобия и определяющими физическими эффектами:

А) Число М	1) Режим течения (вязкость против инерции)
Б) Число Re	2) Сжимаемость среды
В) Число Kn	3) Степень разреженности газа

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3.

Открытого типа (2 вопроса)

Инструкция: Запишите краткий ответ.

20. Как называется точка на хорде крыла, относительно которой продольный момент не зависит от угла атаки? *Правильный ответ: фокус (допустимо: аэродинамический фокус).*

21. Как называется угол между направлением скорости невозмущенного потока и хордой профиля крыла? *Правильный ответ: угол атаки*

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Николаев, С. В. Основы аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов : учебник / С. В. Николаев. — Москва : КноРус, 2026. — 295 с. — ISBN 978-5-406-15548-6. Ссылка для доступа: КноРус

2. Брутян М. А., Волков А. В., Вышинский В. В. Основы аэродинамики: вопросы и ответы, задачи и решения. — М. : Издательство «Наука», 2025. — 157 с. — ISBN 978-5-02-041125-8.

7.2. Дополнительная литература

3. Ципенко, В. Г. Практическая аэродинамика : учебное пособие / В. Г. Ципенко, В. А. Пархимович. — Москва : Дашков и К, 2024. — 326 с. — ISBN 978-5-394-05456-3.

4. Аэродинамика и динамика полета легких самолетов : учебное пособие / [С. Г. Косачевский и др.]; под общей редакцией С. Г. Косачевского. — Ульяновск : УИ ГА, 2023. — 240 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»
на 10 рабочих мест
- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест
- Симулятор «FlightGear»
на 20 рабочих мест
- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест
- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.
- Пульт дистанционного управления «BETA FPV» - 13 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 3 от DJI NEO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL» - 1 шт.
- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.
- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.
- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.
- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.
- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 3 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»
6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»

7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;
2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;
3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;
4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;
5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»;
6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;
7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»

- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):

1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники
2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)
3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)
4. Лампа настольная
5. Вентилятор настольный
6. Очки защитные

-Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM

4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт

-Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.

-Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Программное обеспечение для обработки полётной информации):

1. DJI FLY на 20 рабочих мест
2. DJI GO4 на 20 рабочих мест
3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT

на 20 рабочих мест

- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест
- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Основы аэродинамики**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. *Лекции* дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на *понимание смысла* основных понятий, определений. Затем

нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы аэродинамики

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)