

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института механики и энергетики
Мастепаненко Максим Алексеевич

«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

Б1.О.09 Аэродинамика полета воздушных судов

35.04.06 Агроинженерия

Системы управления беспилотными летательными аппаратами

магистр

очная

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен анализировать современные проблемы науки и производства, решать задачи развития области профессиональной деятельности и (или) организации;	ОПК-1.1 Анализирует современные проблемы науки и производства решает задачи развития в области профессиональной деятельности и (или) организации	знает основы аэродинамики беспилотных воздушных судов самолётного и вертолётного типа, их центровку и этапы полёта
		умеет рассчитывать основные уравнения аэродинамики
		владеет навыками понимание взаимосвязей сил, действующих на летательный аппарат при различных режимах полёта, и его характеристик
ОПК-1 Способен анализировать современные проблемы науки и производства, решать задачи развития области профессиональной деятельности и (или) организации;	ОПК-1.2 Применяет информационно-коммуникационные технологии для решения задач развития в области профессиональной деятельности и (или) организации	знает лётные и технические характеристики беспилотных ВС, основные конструкции беспилотных ВС
		умеет производить расчет положения равновесия, устойчивость, управляемость летательного аппарата
		владеет навыками применение основных уравнений аэродинамики при расчёте параметров и характеристик летательных аппаратов

2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Основы аэродинамики летательных аппаратов			
1.1.	Основы аэродинамики летательных аппаратов	3	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Коллоквиум

2.	2 раздел. Основы динамики летательного аппарата			
2.1.	Основы динамики летательного аппарата	3	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Коллоквиум
	Промежуточная аттестация			Эк

3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
Текущий контроль			
<i>Для оценки знаний</i>			
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
<i>Для оценки умений</i>			
<i>Для оценки навыков</i>			
Промежуточная аттестация			
2	Курсовые работы (проектов)	Вид самостоятельной письменной работы, направленный на творческое освоение общепрофессиональных и профильных профессиональных дисциплин (модулей) и выработку соответствующих профессиональных компетенций. При написании курсовой работы студент должен полностью раскрыть выбранную тему, соблюсти логику изложения материала, показать умение делать обобщения и выводы.	Перечень тем курсовых работ (проектов)

3	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов
---	---------	--	----------------------------------

4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Аэродинамика полета воздушных судов"

Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости

Вопросы к коллоквиуму 1:

Параметры воздуха: Какие основные параметры характеризуют состояние атмосферы (давление, температура, плотность, вязкость) и как они изменяются с высотой?

Уравнение состояния: Как связаны между собой плотность, давление и температура идеального газа?

Закон Бернулли: В чем заключается принцип Бернулли и как его действие объясняет создание подъемной силы крыла?

Геометрия крыла и возникающие силы

Элементы крыла: Что такое хорда крыла, размах, профиль, угол атаки и удлинение? Как эти параметры влияют на несущие свойства?

Полная аэродинамическая сила: Из чего состоит полная аэродинамическая сила R и на какие составляющие (подъемная сила Y и сила лобового сопротивления X) она раскладывается?

Поляра крыла: Что такое поляра крыла и какую информацию о летных характеристиках самолета можно из нее получить?

Аэродинамическое качество: Дайте определение аэродинамического качества. Как, зная качество и расстояние, определить потерю высоты при планировании?

Задача на качество: Аэродинамическое качество планера равно 23. На сколько снизится воздушное судно, пролетев 15 км?

Скорости и дистанции: Сколько километров пролетит воздушное судно за 10 минут при путевой скорости 360 км/ч?

Устойчивость, управляемость и балансировка

Центровка: Как изменится центровка (положение центра тяжести) воздушного судна после посадки пассажира?

Задняя центровка: К каким нежелательным эффектам приводит эксплуатация самолета с центровкой за предельно задней?

Перегрузка в вираже: Какой вес должна выдержать конструкция самолета массой 4500 фунтов в координированном вираже с креном 45° ?

Механизация крыла и особые условия

Назначение механизации: С какой целью применяется механизация крыла (закрылки, предкрылки) и как она влияет на взлетно-посадочные характеристики?

Сваливание: Каковы признаки сваливания и как влияет на этот режим наличие льда на крыле?

Влияние ветра и метеословий

Боковой ветер: Как рассчитать максимально допустимую скорость ветра при заданном угле (например, 45°) к ВПП, если ограничение по боковой составляющей равно 25 узлов?

Выбор ВПП: При сообщенном северном ветре 20 узлов, какая из ВПП (6, 29 или 32) приемлема для самолета с ограничением по боковому ветру 13 узлов?

Высоты: Чем отличается абсолютная высота от истинной? При каких условиях показания барометрического высотомера будут равны истинной высоте?

Воздушные винты и двигатели

Элементы винта: Что называется углом атаки элемента лопасти и установочным углом сечения воздушного винта?

Работа винта: Дайте определение коэффициента полезного действия (КПД) воздушного винта.

Вопросы к коллоквиуму 2:

Параметры воздуха: Перечислите основные параметры, характеризующие состояние воздуха. Какой из них (влажность, давление, температура, плотность) оказывает наибольшее влияние на величину аэродинамических сил?

Вязкость: В чем заключается физическая природа вязкости воздуха? Как изменяется вязкость воздуха с ростом температуры и почему?

Сжимаемость: Что характеризует скорость звука? При увеличении скорости звука среда становится более или менее сжимаемой?

Закон неразрывности: Сформулируйте закон неразрывности струи для установившегося движения. Как связаны скорость потока и площадь поперечного сечения струйки?

Уравнение Бернулли: Какие формы уравнения Бернулли (для несжимаемой жидкости и для газа с учетом температуры) вы знаете?

Вопросы направлены на понимание того, как форма крыла и взаимодействие с потоком создают подъемную силу и сопротивление .

Элементы крыла: Назовите основные геометрические параметры, определяющие форму крыла в плане (размах, хорды, площадь, удлинение, сужение).

Аэродинамические силы: Расшифруйте формулу полной аэродинамической силы R . Как она раскладывается на подъемную силу (Y) и силу лобового сопротивления (X)?

Составляющие лобового сопротивления: Из чего складывается профильное сопротивление крыла? Что такое индуктивное сопротивление и при каких условиях оно возникает?

Аэродинамическое качество: Дайте определение максимального аэродинамического качества. От каких параметров (угол атаки, форма профиля, форма крыла в плане, обработка поверхности) зависит его величина?

Поляра крыла: Что такое поляра крыла? Какая точка на поляре соответствует критическому углу атаки, а какая — наивыгоднейшему?

Эти вопросы, часто встречающиеся в экзаменационных билетах пилотов, увязывают теорию с практикой пилотирования.

Расчет центровки: Как изменится центр тяжести (ЦТ) воздушного судна после посадки пассажира весом 84 кг, если до посадки вертолет весил 626 кг, а расстояние пассажира от точки измерения — 2,1 метра?

Влияние задней центровки: Загрузка самолета произведена так, что ЦТ находится за предельно задней центровкой. Какой нежелательный эффект пилот может испытать (удлинение разбега, сваливание на повышенной скорости, трудности вывода из сваливания)?

Перегрузка в вираже: Масса самолета равна 4500 фунтов. Какой вес (приблизительно) должна выдержать конструкция в координированном вираже с креном 45° при сохранении высоты?

Блок вопросов, проверяющий способность учитывать внешние факторы, критически важные для взлета, посадки и навигации.

Составляющие ветра: Определите максимальную скорость ветра для встречно-бокового ветра под углом 45° , если максимальная допустимая боковая составляющая для данного ВС равна 25 узлов.

Выбор ВПП: При сообщенном северном ветре 20 узлов, какая из ВПП с магнитными курсами 6° , 29° или 32° приемлема для самолета с ограничением по боковому ветру 13 узлов?

Типы высот: Что такое абсолютная высота и что такое истинная высота? При каких условиях показания барометрического высотомера будут равны абсолютной высоте?

Температурные поправки: При каких условиях (температура выше или ниже стандартной) истинная высота полета будет ниже, чем приборная высота?

Специализированный раздел для изучения аэродинамики винтов.

Геометрия лопасти: Что называется установочным углом сечения лопасти? Что называется углом атаки элемента лопасти?

Характеристики винта: Расстояние, проходимое воздушным винтом за один оборот в воздухе, — это геометрический шаг или поступь винта?

Коэффициент полезного действия: Дайте определение коэффициента полезного действия (КПД) воздушного винта. Как он вычисляется через затрачиваемую и полезную мощность?

Вопросы, связывающие аэродинамику с конструкцией ВС и безопасностью полета.

Механизация крыла: С какой целью применяется механизация крыла и какие элементы (закрылки, предкрылки) для этого служат?

Элементы конструкции крыла: Какие элементы (лонжероны, нервюры, стрингеры) служат для сохранения профиля крыла, передачи нагрузок и подкрепления обшивки?

Противообледенительные системы: Какие типы противообледенительных систем (воздушно-тепловые, электротепловые, механические и др.) применяются на самолетах?

Аэродинамика сваливания: Загрузка самолета с задней центровкой приводит к трудностям при выводе из сваливания. Объясните физику этого явления с точки зрения балансировки.

**Примерные оценочные материалы
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)
по итогам освоения дисциплины (модуля)**

Задания для промежуточной аттестации

Вопрос 1. Какие параметры относятся к основным характеристикам физического состояния воздуха, определяющим аэродинамические силы?

Варианты ответов:

- А. Влажность, давление, температура и сжимаемость
- Б. Давление, температура и плотность
- В. Инертность, плотность и вязкость
- Г. Только давление и температура

Вопрос 2. Как формулируется закон неразрывности струи для установившегося течения несжимаемой жидкости?

Варианты ответов:

- А. Произведение давления на скорость постоянно вдоль струйки
- Б. Произведение площади поперечного сечения на скорость потока постоянно вдоль струйки
- В. Сумма статического и динамического давлений постоянна
- Г. Плотность воздуха прямо пропорциональна давлению

Вопрос 3. Какое утверждение наиболее точно соответствует физическому смыслу уравнения Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости?

Варианты ответов:

- А. В местах сужения потока скорость уменьшается, а давление возрастает
- Б. В местах расширения потока скорость увеличивается, а давление падает
- В. В местах увеличения скорости потока статическое давление уменьшается
- Г. Полное давление в потоке изменяется пропорционально скорости

Вопрос 4. Как изменяется скорость звука с увеличением высоты в тропосфере (до 11 км)?

Варианты ответов:

- А. Увеличивается, так как падает давление
- Б. Остается неизменной
- В. Уменьшается, так как падает температура
- Г. Сначала увеличивается, затем падает

Вопрос 5. Что характеризует число Маха (М) в аэродинамике?

Варианты ответов:

- А. Отношение скорости звука к скорости потока
- Б. Отношение скорости потока к скорости звука
- В. Отношение кинетической энергии к потенциальной
- Г. Отношение давления к плотности

Раздел 2. Геометрия и теория крыла (Вопросы 6–12)

Вопрос 6. Каково основное назначение крыла самолета?

Варианты ответов:

- А. Создает подъемную силу и обеспечивает путевую устойчивость
- Б. Создает подъемную силу и обеспечивает поперечную устойчивость
- В. Создает подъемную силу и обеспечивает продольную устойчивость
- Г. Создает только подъемную силу

Вопрос 7. Угол атаки профиля — это угол между:

Варианты ответов:

- А. Хордой профиля и вектором скорости набегающего потока
- Б. Верхней образующей профиля и горизонтальной линией
- В. Плоскостью хорд крыла и строительной горизонталью фюзеляжа
- Г. Касательной к средней линии профиля и хордой

Вопрос 8. Что происходит с точкой торможения потока (критической точкой) на профиле крыла при увеличении положительного угла атаки?

Варианты ответов:

- А. Она смещается вверх по передней кромке
- Б. Она смещается вниз по передней кромке
- В. Она остается на месте, но меняется давление в ней
- Г. Она смещается к задней кромке

Вопрос 9. Одной из негативных особенностей стреловидного крыла является то, что сваливание (срыв потока) начинается:

Варианты ответов:

- А. У корня крыла
- Б. Равномерно по всему размаху
- В. У законцовок крыла
- Г. В средней части крыла

Вопрос 10. Для чего применяется механизация крыла (закрылки, предкрылки)?

Варианты ответов:

- А. Для увеличения максимальной скорости полета
- Б. Для улучшения взлетно-посадочных характеристик (увеличения C_u и уменьшения посадочной скорости)
- В. Для уменьшения лобового сопротивления на крейсерском режиме
- Г. Для повышения поперечной устойчивости

Вопрос 11. Что называется аэродинамической хордой крыла?

Варианты ответов:

- А. Расстояние между передней и задней кромками крыла по потоку
- Б. Отрезок, соединяющий центры давления всех сечений
- В. Отрезок, соединяющий наиболее удаленные точки профиля
- Г. Средняя геометрическая хорда, используемая для приведения моментов

Вопрос 12. Какое влияние оказывает увеличение относительной толщины профиля на его аэродинамические характеристики?

Варианты ответов:

- А. Увеличивает максимальный коэффициент подъемной силы и сопротивление
- Б. Уменьшает максимальный коэффициент подъемной силы и сопротивление
- В. Не влияет на аэродинамические характеристики
- Г. Увеличивает только критическое число Маха

Раздел 3. Аэродинамические силы и характеристики (Вопросы 13–18)

Вопрос 13. Полная аэродинамическая сила R раскладывается на составляющие:

Варианты ответов:

- А. Силу тяги и силу веса
- Б. Подъемную силу (Y) и силу лобового сопротивления (X)
- В. Силу давления и силу трения
- Г. Нормальную и тангенциальную силы

Вопрос 14. Из чего складывается профильное сопротивление крыла?

Варианты ответов:

- А. Сопротивление давления и сопротивление трения
- Б. Индуктивное и волновое сопротивление
- В. Сопротивление трения и интерференции
- Г. Только сопротивление давления

Вопрос 15. Что такое индуктивное сопротивление и когда оно возникает?

Варианты ответов:

- А. Сопротивление, связанное с образованием скачков уплотнения
- Б. Сопротивление, обусловленное перетеканием воздуха через концы крыла и образованием концевых вихрей
- В. Сопротивление трения воздуха о поверхность
- Г. Сопротивление, возникающее при обтекании выступающих частей

Вопрос 16. Наивысшая точка на поляре крыла соответствует:

Варианты ответов:

- А. Критическому углу атаки и максимальному значению коэффициента подъемной силы ($C_{y \text{ макс}}$)
- Б. Наивыгоднейшему углу атаки (максимальному аэродинамическому качеству)
- В. Нулевому углу атаки
- Г. Углу атаки, при котором сопротивление минимально

Вопрос 17. Аэродинамическое качество самолета — это:

Варианты ответов:

- А. Отношение силы тяги к силе веса
- Б. Отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению (Y/X)
- В. Величина, обратная коэффициенту лобового сопротивления
- Г. Отношение дальности полета к расходу топлива

Вопрос 18. Аэродинамическое качество планера равно 30. Какое расстояние (км) он сможет пролететь в спокойной атмосфере, потеряв 1 км высоты?

Варианты ответов:

- А. 30 км
- Б. 15 км
- В. 60 км
- Г. 10 км

Раздел 4. Динамика полета и устойчивость (Вопросы 19–24)

Вопрос 19. Какие четыре силы действуют на самолет в установившемся прямолинейном горизонтальном полете?

Варианты ответов:

- А. Подъемная сила, сила тяжести, сила тяги и сила лобового сопротивления
- Б. Центробежная сила, сила Кориолиса, сила тяги и подъемная сила
- В. Подъемная сила, сила инерции, сила тяги и сила реакции опоры

Г. Аэродинамическая сила, вес, тяга и реактивная сила

Вопрос 20. Загрузка самолета произведена так, что центр тяжести находится за предельно задней центровкой. Какой эффект пилот может испытать при выводе из сваливания?

Варианты ответов:

- А. Разбег станет длиннее
- Б. Сваливание произойдет на скорости выше нормальной
- В. Возникнут трудности с выводом самолета из режима сваливания (самолет будет стремиться увеличить угол атаки)
- Г. Управляемость улучшится

Вопрос 21. Масса самолета равна 4500 кг. Какова будет нагрузка на конструкцию (кажущийся вес) в координированном вираже с креном 60° при сохранении высоты? ($\cos 60^\circ = 0.5$)

Варианты ответов:

- А. 4500 кг
- Б. 9000 кг (перегрузка 2)
- В. 5200 кг
- Г. 2250 кг

Вопрос 22. Если скорость сваливания самолета (V_{s1}) в горизонтальном полете равна 100 км/ч, какова будет приблизительная скорость сваливания в вираже с креном 60° (перегрузка 2)?

Варианты ответов:

- А. 100 км/ч
- Б. 141 км/ч (увеличение примерно на 41%)
- В. 200 км/ч
- Г. 120 км/ч

Вопрос 23. Если после кратковременного воздействия порыва ветра самолет возвращается к исходному режиму полета без вмешательства пилота, то он обладает:

Варианты ответов:

- А. Положительной статической устойчивостью
- Б. Отрицательной статической устойчивостью
- В. Нейтральной устойчивостью
- Г. Динамической устойчивостью

Вопрос 24. При каком условии обеспечивается продольная статическая устойчивость самолета?

Варианты ответов:

- А. При расположении центра тяжести (ЦТ) впереди аэродинамического фокуса
- Б. При расположении центра тяжести (ЦТ) позади аэродинамического фокуса
- В. При совпадении ЦТ и фокуса
- Г. Устойчивость не зависит от положения ЦТ

Раздел 5. Особые случаи и эксплуатация (Вопросы 25–30)

Вопрос 25. Что происходит с потоком при прохождении через прямой скачок уплотнения?

Варианты ответов:

- А. Скорость увеличивается, давление и плотность падают
- Б. Скорость резко уменьшается до дозвуковой, статическое давление и плотность скачкообразно возрастают
- В. Все параметры остаются неизменными, но меняется направление потока

Г. Температура резко падает

Вопрос 26. Какое явление называется волновым кризисом?

Варианты ответов:

А. Резкое увеличение лобового сопротивления при достижении критического числа Маха из-за появления местных сверхзвуковых зон и скачков уплотнения

Б. Помпаж двигателя на больших высотах

В. Флаттер крыла

Г. Сваливание самолета на закритических углах атаки

Вопрос 27. Влияние обледенения на аэродинамику крыла приводит к:

Варианты ответов:

А. Увеличению подъемной силы и уменьшению лобового сопротивления

Б. Уменьшению подъемной силы и резкому увеличению лобового сопротивления

В. Только к утяжелению конструкции

Г. Увеличению критического угла атаки

Вопрос 28. При каких условиях истинная высота полета будет ниже, чем барометрическая высота, считываемая с высотомера?

Варианты ответов:

А. При температуре воздуха ниже стандартной

Б. При температуре воздуха выше стандартной

В. При стандартном давлении на уровне моря

Г. При любых условиях истинная высота совпадает с барометрической

Вопрос 29. Какая скорость полета рекомендуется для прохождения через зоны сильной турбулентности (болтанки) для предотвращения повреждения конструкции из-за перегрузок?

Варианты ответов:

А. Скорость максимальной дальности

Б. Маневренная скорость (V_a)

В. Скорость сваливания

Г. Максимальная скорость горизонтального полета

Вопрос 30. Что происходит с аэродинамическим фокусом самолета при переходе от дозвуковых к сверхзвуковым скоростям?

Варианты ответов:

А. Смещается вперед (к носу)

Б. Смещается назад (к хвосту)

В. Остается неподвижным

Г. Фокус исчезает на сверхзвуке

Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Эволюция аэродинамических компоновок пассажирских самолетов: от первых реактивных лайнеров к интегральным схемам с несущим фюзеляжем. Анализ изменения подходов к обеспечению топливной эффективности .

Ламинарный поток против турбулентности: мифы и реальность ламинаризации обтекания крыла современных авиалайнеров. Насколько достижимо снижение сопротивления трения? .

Пропульсивная аэродинамика – новый взгляд на старую идею: история развития концепции создания тяги аэродинамическими телами и перспективы ее применения для низкоскоростных и бесшумных летательных аппаратов .

Дилемма стреловидного крыла: как баланс между уменьшением волнового сопротивления и проблемами сваливания определяет облик современного самолета? .

Аэродинамическое качество как философия проектирования: почему увеличение качества на 1% может дать экономию топлива в сотни тысяч долларов в год для авиакомпании? .

Влияние эксплуатационных загрязнений на аэродинамику: анализ того, как шероховатость, волнистость и остаточные деформации поверхности планера (на примере Ил-114) влияют на взлетные характеристики и безопасность полета