

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Аэродинамика органов управления
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии
	Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
	кафедра аэрофизики и летательных аппаратов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.А. Павленко, канд. техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры аэрофизики и летательных аппаратов 04.06.2020

Аннотация

Дисциплина "Аэродинамика органов управления" направлена на ознакомление студентов с основами прикладной аэродинамики органов управления самолётов различного назначения. Изложение базируется, в основном, на результатах экспериментальных исследований эффективности и шарнирных моментов органов управления на моделях самолётов в аэродинамических трубах ЦАГИ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление студентов с основами прикладной аэродинамики органов управления самолётов различного назначения. Изложение базируется, в основном, на результатах экспериментальных исследований эффективности и шарнирных моментов органов управления на моделях самолётов в аэродинамических трубах ЦАГИ.

Задачи дисциплины

формирование у студентов базовых знаний в области аэродинамики органов управления летательных аппаратов различного назначения (классификация органов управления, понятие эффективности органа управления, его шарнирного момента, их зависимости от геометрических параметров и режима обтекания, способы повышения эффективности органов управления и снижения их шарнирных моментов);

оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных исследований в области прикладной аэродинамики летательных аппаратов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

классификацию органов управления летательных аппаратов;
определение эффективности и шарнирного момента органа управления;
характер и причины изменения эффективности и шарнирных моментов органов управления летательных аппаратов различного назначения при изменении числа Маха полёта, углов атаки и скольжения;

способы повышения эффективности и снижения шарнирных моментов органов управления различного назначения.

уметь:

качественно оценить влияние малого изменения геометрических параметров органов управления на их аэродинамические характеристики.

владеть:

навыками грамотной обработки результатов опыта и их сопоставления с теоретическими данными;

навыками теоретического анализа реальных задач прикладной аэродинамики органов управления;

навыками освоения большого объема информации.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Классификация органов управления ЛА		2		
2	Аэродинамические характеристики рулевых поверхностей на профиле.		2		
3	Аэродинамика органов продольного управления.		2		12
4	Аэродинамические характеристики самолёта		2		
5	Шарнирные моменты органов продольного управления при дозвуковых скоростях.		2		
6	Шарнирные моменты органов продольного управления при около- и сверхзвуковых скоростях.		2		
7	Аэродинамика органов поперечного управления.		4		
8	Шарнирные моменты элеронов.		2		
9	Интерцепторное управление.		4		3
10	Аэродинамические характеристики вертикальных оперений при малых дозвуковых скоростях.		2		
11	Аэродинамические характеристики вертикальных оперений маневренных самолётов.		4		
12	Органы путевой стабилизации и управления летательных аппаратов схемы «летающее крыло».		2		
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Классификация органов управления ЛА

Описание классификации органов управления летательными аппаратами

2. Аэродинамические характеристики рулевых поверхностей на профиле.

Описание аэродинамических характеристик рулевых поверхностей на профиле.

3. Аэродинамика органов продольного управления.

Описание аэродинамики органов продольного управления.

4. Аэродинамические характеристики самолёта

Аэродинамические характеристики самолёта, сбалансированного в продольном канале управления.

5. Шарнирные моменты органов продольного управления при дозвуковых скоростях.

Описание шарнирных моментов органов продольного управления при дозвуковых скоростях.

6. Шарнирные моменты органов продольного управления при около- и сверхзвуковых скоростях.

Описание шарнирных моментов органов продольного управления при около- и сверхзвуковых скоростях.

7. Аэродинамика органов поперечного управления.

Описание аэродинамики органов поперечного управления. Эффективность элеронов.

8. Шарнирные моменты элеронов.

Описание шарнирных моментов элеронов.

9. Интерцепторное управление.

Интерцепторное управление. Дифференциально отклоняемый стабилизатор.

10. Аэродинамические характеристики вертикальных оперений при малых дозвуковых скоростях.

Описание аэродинамических характеристик вертикальных оперений при малых дозвуковых скоростях.

11. Аэродинамические характеристики вертикальных оперений маневренных самолётов.

Описание аэродинамических характеристик вертикальных оперений маневренных самолётов.

12. Органы путевой стабилизации и управления летательных аппаратов схемы «летающее крыло».

Описание и характеристики органов путевой стабилизации и управления летательных аппаратов схемы «летающее крыло».

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная, как минимум, доской и мелом; по максимуму – дополнительно компьютером с проектором и экраном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Аэродинамика и динамика полета летательных аппаратов [Текст] /В. Б. Байдаков, А. С. Клумов. -М., Машиностроение, 1979
2. Абсолютная устойчивость автоматических систем с запаздыванием [Текст]/В. Резван , -М., Наука, 1983

Дополнительная литература

1. Альбом течений жидкости и газа [Текст]/пер. с англ. Л. В. Соколовской , -М., Мир, 1986

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://arc.aiaa.org/loi/ja> – Journal of Aircraft,
<http://arc.aiaa.org/loi/aiaaj> – AIAA Journal.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Обширный иллюстративный материал по каждому разделу оформлен в виде презентаций Microsoft PowerPoint.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс «Аэродинамика органов управления ЛА», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать фундаментальные понятия, принцип действия аэродинамических органов управления летательных аппаратов, способы повышения их эффективности и снижения шарнирных моментов. Успешное освоение курса требует методичной самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, подготовку к дифференцированному зачёту. Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра аэрофизики и летательных аппаратов
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Павленко, канд. техн. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Аэродинамика органов управления » обучающийся должен:

знать:

классификацию органов управления летательных аппаратов;
определение эффективности и шарнирного момента органа управления;
характер и причины изменения эффективности и шарнирных моментов органов управления летательных аппаратов различного назначения при изменении числа Маха полёта, углов атаки и скольжения;
способы повышения эффективности и снижения шарнирных моментов органов управления различного назначения.

уметь:

качественно оценить влияние малого изменения геометрических параметров органов управления на их аэродинамические характеристики.

владеть:

навыками грамотной обработки результатов опыта и их сопоставления с теоретическими данными;
навыками теоретического анализа реальных задач прикладной аэродинамики органов управления;
навыками освоения большого объема информации.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

- 1.. Шарнирные моменты органов продольного управления при около- и сверхзвуковых скоростях.
2. Влияние сжимаемости воздуха на характеристики шарнирных моментов рулей высоты при больших дозвуковых скоростях.
3. Изменение коэффициента шарнирного момента руля высоты при переходе от дозвуковых скоростей к сверхзвуковым.
4. Шарнирные моменты управляемого стабилизатора.
5. Выбор оси вращения управляемого стабилизатора.
6. Шарнирные моменты управляемого стабилизатора при нулевой подъемной силе («нулевые» шарнирные моменты).

7. Аэродинамика органов поперечного управления. Эффективность элеронов.
8. Картина обтекания крыла конечного размаха с отклоненным элероном до- и сверхзвуковым потоком.
9. Эффективность обычных и корневых элеронов на стрело-видных крыльях при до- и сверхзвуковых скоростях.
10. Зависимость эффективности элеронов при дозвуковых скоростях от их относительных размеров.
11. Средства повышения эффективности элеронов на больших углах атаки. Эффективность элеронов на треугольном крыле.
12. Шарнирные моменты элеронов
13. Влияние геометрических параметров крыла и элеронов на шарнирные моменты элеронов.
14. Аэродинамическая компенсация элеронов при дозвуковых скоростях.
15. Сервокомпенсатор. Шарнирные моменты элеронов при околозвуковых и сверхзвуковых скоростях.
16. Аэродинамическая компенсация элеронов при сверхзвуковых скоростях.
17. Интерцепторное управление. Дифференциально отклоняемый стабилизатор
18. Интерцептор на плоской пластине при до-, около- и сверхзвуковой скорости набегающего потока.
19. Эффективность интерцептора на прямом крыле. Эффективность интерцептора на крыле изменяемой стреловидности.
20. Эффективность дифференциально отклоняемого стабилизатора.
21. Аэродинамические характеристики вертикальных оперений при малых дозвуковых скоростях
22. Интерференция вертикального оперения с фюзеляжем, крылом и горизонтальным оперением.
23. Зависимость эффективности вертикального оперения при малых скоростях от его геометрических параметров.
24. Влияние формы фюзеляжа на эффективность вертикального оперения при малых скоростях.
25. Эффективность руля направления при дозвуковых скоростях. Шарнирные моменты руля направления.
26. Аэродинамические характеристики вертикальных оперений маневренных самолётов
27. Структура вихревого течения над крылом умеренного удлинения с наплывом.
28. Влияние вихрей, сходящих с наплыва, на путевую устойчивость маневренного самолёта.
29. Влияние геометрических параметров вертикального оперения на путевую устойчивость маневренного самолёта.
30. Характер изменения эффективности вертикального оперения при увеличении числа M .
31. Изменение эффективности вертикальных при сверхзвуковых скоростях по углу атаки.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Классификация органов управления ЛА.
2. Аэродинамические характеристики рулевых поверхностей на профиле.
3. Влияние отклонения руля на распределение давления по профилю при до- и околозвуковых числах M набегающего потока.
4. Положение замыкающих скачков уплотнения в зависимости от числа M набегающего потока и угла отклонения руля.
5. Зависимость от числа M набегающего потока приращения коэффициента подъемной силы профиля от отклонения руля и коэффициента шарнирного момента руля.
6. Аэродинамика органов продольного управления.
7. Классификация органов продольного управления, понятие эффективности, основные требования.
8. Влияние угла стреловидности горизонтального оперения на эффективность рулей высоты при до- и околозвуковых скоростях.
9. Изменение эффективности рулей высоты при переходе от дозвуковых к сверхзвуковым скоростям.

10. Управляемый стабилизатор. Цельноповоротное ПГО. Элевоны.
- 11.. Аэродинамические характеристики самолёта, сбалансированного в продольном канале управления.
12. Изменение аэродинамических характеристик самолёта при балансировки одним органом управления.
13. Оптимальная балансировка несколькими органами управления.
14. Шарнирные моменты органов продольного управления при дозвуковых скоростях.
15. Зависимость коэффициента шарнирного момента руля высоты от чисел Re .
16. Влияние стреловидности на шарнирные моменты рулей горизонтального оперения при малых дозвуковых скоростях.
17. Осевая аэродинамическая компенсация рулей высоты.

Билет 1

Органы путевой стабилизации и управления летательных аппаратов схемы «летающее крыло» Эффективность различных вариантов вертикального оперения ЛА аэродинамической схемы «летающее крыло». Эффективность расщепляемых элеронов в путевом канале управления.

Билет 2

Влияние высоты установки крыла на эффективность однокилевого вертикального оперения при сверхзвуковых скоростях. Эффективность двухкилевого вертикального оперения, расположенного на крыле, при сверхзвуковых скоростях. Влияние на эффективность вертикального оперения фонаря кабины летчика.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.