

ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»
(ФАУ «ЦАГИ»)



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ФАУ «ЦАГИ»

К.И. Сыпало

Шюня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«Проектирование, конструкция, производство, испытания и
эксплуатация летательных аппаратов»**

Группа научных специальностей: 2.5 – «Машиностроение»

**Научная специальность: 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство,
испытания и эксплуатация летательных аппаратов»**

Уровень образования: высшее образование – подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения
Очная

Жуковский, 2024

Рабочая программа учебной дисциплины «**Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов**» разработана на основании федерального государственного требования, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. N 951

Программа рекомендована Научно-методическим советом ФАУ «ЦАГИ» для групп научных специальностей и научных специальностей:

Группа научных специальностей: **2.5 Машиностроение**

Научная специальность: **2.5.13 Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов**

Разработчики программы:

А. В. Шустов

ФИО

Е.Б. Скворцов

ФИО

В.Г. Кажан

ФИО

Е.А. Пигусов

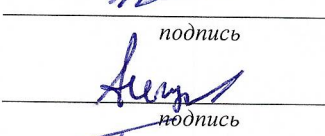
ФИО

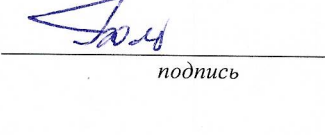
А.Л. Болсуновский

ФИО


подпись


подпись


подпись

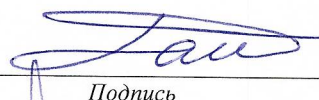

подпись

Согласовано:

Председатель научно-методического совета по аспирантуре

А.М. Гайфуллин,

д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН


Подпись

Первый заместитель генерального директора А.Л. Медведский д.ф.-м.н., доц.


Подпись

Содержание

1. Общие положения	4
1.1 Цель и задачи учебной дисциплины	4
1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы	4
1.3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы	4
2. Объем учебной дисциплины	7
3. Содержание учебной дисциплины	8
3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения	8
4. Содержание разделов и тем учебной дисциплины	10
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине	18
5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине	18
5.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	19
5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	19
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины	21
6.1. Основная литература	21
6.2. Дополнительная литература	21
7. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебной дисциплины	22
8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины	23
8.1. Подготовка к лекционному занятию	23
8.2. Подготовка к занятию практического типа	23
8.3. Самостоятельная работа обучающегося	24
8.4. Подготовка к зачету/экзамену	26
9. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине	26
10. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине	26
11. Образовательные технологии	27
12. Аннотация рабочей программы учебной дисциплины	29
Лист регистрации изменений	30

1. Общие положения

1.1 Цель и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» является формирование у аспирантов уровня знаний и умений, необходимого для успешного осуществления научной и исследовательской деятельности в области наук, занимающихся формированием теоретических и экспериментальных основ создания новых и совершенствования существующих летательных аппаратов.

Основные **задачи** дисциплины:

- приобретение аспирантами необходимых знаний фундаментальных законов и приложения их к практической деятельности в области перспективных направлений создания и совершенствования летательных аппаратов;
- формирование навыков проведения исследования теоретических и практических проблем обоснования, формирования и совершенствования летательных аппаратов и их систем;
- приобретение необходимых знаний для разработки методов принятия обоснованных проектно-конструкторских и технологических решений по выбору состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла летательных аппаратов;
- формирование навыков проведения исследования физических процессов в конструкциях, агрегатах и системах летательных аппаратов;
- получение навыков решения прикладных задач в профессиональной области, формирование навыков самостоятельно приобретать и применять полученные знания;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина является обязательной для освоения по группе научной специальности 2.5 «Машиностроение», научной специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

1.3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных компетенций (ПК) в рамках планируемых результатов освоения профессиональной образовательной программы по группе научной специальности 2.5 «Машиностроение»:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства (ОПК-1);
- способностью формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники (ОПК-2);
- способность вести научную дискуссию и демонстрировать знания по основным теоретическим разделам проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов (ПК-1);
- приобретение знаний в области теоретического описания, численного моделирования и экспериментального исследования при проектировании, конструкции и производстве летательных аппаратов (ПК-2).

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты:

Таблица 1

Планируемые результаты обучения для формирования компетенций

Код	Содержание	Результаты обучения
компетенции		
УК-1	Способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов. Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ОПК-1	способностью научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машино-	Знать методы оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования Уметь применять методы оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования Владеть методами оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования

	строительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства	
ОПК-2	способностью формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники	Знать особенности методов решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники Уметь применять необходимые методы решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники Владеть методами решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники
ПК-1	Способность вести научную дискуссию и демонстрировать знания по основным теоретическим разделам проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов	Знать фундаментальные законы и основные современные проблемы в теории проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов. Уметь пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач в области проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов; абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных прикладных задач; делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов. Владеть навыками освоения большого объема информации, теоретического анализа и практикой исследования реальных задач проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов.
ПК-2	Приобретение знаний в области теоретического описания, численного моделирования и экспериментального исследования при проектировании, конструкции и производстве летательных аппаратов	Знать физические и математические модели, применяемые при проектировании, конструкции и производстве летательных аппаратов; разновидности современных способов экспериментального исследования, которые применяются в процесса проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов, а также физические принципы, на которых они основаны; основные современные методы численного моделирования задач проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов. Уметь делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; видеть в теоретических задачах физическое содержание; применять понятия и формулы, полученные в рамках подготовки по профилю; объяснять особенности поведения различных характеристик при проектировании, конструкции и производстве летательных аппаратов. Владеть навыками самостоятельной работы в аудитории и в сети Интернет; культурой постановки и моделирования физических задач; навыками грамотной обработки

		данных эксперимента и сопоставления с теоретическими и численными результатами.
--	--	---

2. Объем учебной дисциплины

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетные единицы.

Таблица 2

Распределение объема дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	6
Аудиторные учебные занятия, всего, в т.ч.:	88	36	34	18
контактная работа обучающихся с преподавателем:	88	36	34	18
- учебные занятия лекционного типа	88	36	34	18
- учебные занятия семинарского типа	-	-	-	
- лабораторные занятия	-	-	-	
Самостоятельная работа обучающихся, всего, в т.ч.:	92	36	38	18
- подготовка к лекционным и практическим занятиям, самостоятельное изучение разделов дисциплины в ЭИОС	92	36	38	18
- выполнение практических заданий	-	-	-	
- рубежный текущий контроль	-	-	-	
Контроль	36	-		36
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	-	зачет	зачет с оценкой	экзамен
Общая трудоемкость учебной дисциплины, з.е.	6	2	2	2

* **Самостоятельная работа** – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, практическим и семинарским занятиям, написание рефератов, отчетов, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения новых знаний и умений.

Виды самостоятельной учебной работы: расчетно-графическая работа, написание реферата, выполнение типового расчета, домашнее задание (решение задач, перевод текста, конспектирование, составление обзора), подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, научно-исследовательская работа и т.п.).

3. Содержание учебной дисциплины

3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения

Объем учебных занятий составляет 88 часов.

Объем самостоятельной работы – 92 часа.

Таблица 3

Распределение учебного времени по темам и видам учебных занятий

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, академических часов					
		Всего	Самостоятельная работа, в т.ч. промежуточная аттестация	Контактная работа обуча- ющихся с преподавателем			
				Всего	Лекционного типа	Семинарского типа	Лабораторные занятия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Процесс создания летательного аппарата. Роль и место проектирования в процессе разработки летательного аппарата. Системный подход в методологии проектирования летательного аппарата	6	3	3	3	-	-
2	Тема 2. Исходные данные для проектирования, анализ и выбор схемы. Условия и связи, формирующие область существования проекта	6	3	3	3	-	-
3	Тема 3. Определение основных проектных параметров летательного аппарата. Методы расчета массы летательного аппарата и ее составляющих	6	3	3	3	-	-
4	Тема 4. Компонировка и центровка летательного аппарата	6	3	3	3	-	-

5	Тема 5. Общие вопросы конструирования летательного аппарата и его агрегатов	6	3	3	3	-	-
6	Тема 6. Проектирование крыла оперения и органов управления летательного аппарата	6	3	3	3	-	-
7	Тема 7. Конструкция и проектирование фюзеляжа и силовой установки	7	4	3	3	-	-
8	Тема 8. Системы управления летательным аппаратом	6	3	3	3	-	-
9	Тема 9. Конструкция и проектирование шасси	8	4	4	4	-	-
10	Тема 10. Надежность, ресурс и безопасность полета летательного аппарата	8	4	4	4	-	-
11	Тема 11. Сертификация авиационной техники	6	3	3	3	-	-
12	Тема 12. Основы технологии производства летательных аппаратов	6	3	3	3	-	-
13	Тема 13. Процессы изготовления деталей летательного аппарата	6	3	3	3	-	-
14	Тема 14. Процессы сборки узлов и агрегатов, монтажа и испытания систем летательного аппарата	10	5	5	5	-	-
15	Тема 15. Технология подготовки серийного производства летательного аппарата	6	3	3	3	-	-
16	Тема 16. Управление разработкой, автоматизация проектирования, конструирования и производства летательного аппарата	6	3	3	3	-	-
17	Тема 17. Основные понятия теории концептуального проектирования	6	3	3	3	-	-
18	Тема 18. Замысел проекта: прогноз потребности, целеполагание, стратегическое планирование	7	4	3	3		
19	Тема 19. Анализ альтернатив в прямом поиске идей	6	3	3	3	-	-
20	Тема 20. Синтез технической системы на основе согласования ее элементов и риск-анализа	6	3	3	3	-	-
21	Тема 21. Моделирование и валидация ключевых технологий, трансфер концепции	7	4	3	3	-	-
22	Тема 22. Основы аэродинамического проектирования	6	3	3	3	-	-
23	Тема 23. Основные аэродинамические характеристики самолета	6	3	3	3	-	-
24	Тема 24. Основные компоненты аэродинамического сопротивления	6	3	3	3	-	-

25	Тема 25. Прямые и обратные методы аэродинамического проектирования	7	4	3	3	-	-
26	Тема 26. Оптимизационные методы аэродинамического проектирования	6	3	3	3	-	-
27	Тема 27. Проектирование сверхкритических крыльев современных магистральных самолетов	6	3	3	3	-	-
28	Тема 28. Нетрадиционные схемы летательных аппаратов	6	3	3	3	-	-
Общий объем, часов		180	92	88	88	-	-
Форма итоговой аттестации		Зачет/зачет с оценкой/экзамен					

4. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Тема 1. Процесс создания летательного аппарата. Роль и место проектирования в процессе разработки летательного аппарата. Системный подход в методологии проектирования летательного аппарата

Летательный аппарат как объект проектирования, производства и эксплуатации. Классификация летательных аппаратов, требования, предъявляемые к летательным аппаратам. Краткий исторический обзор развития летательных аппаратов. Общая характеристика летательного аппарата различного назначения; двигатели, виды траекторий, особенности систем управления и наведения, народнохозяйственное и боевое применение. Перспективные направления, пути и способы совершенствования летательных аппаратов, вопросы конверсии, системы двойного применения. Определение и задачи проектирования. Этапы проектирования, содержание задач, решаемых на отдельных этапах: разработка технического задания, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект. Общие и частные критерии оценки проектно-конструкторских решений. Содержание и методы разработки технического задания на проект летательного аппарата. Проектное моделирование, весовой и баллистический анализ летательного аппарата, модели оценки эффективности и затрат на создание. Выбор основных проектных параметров. Общий подход к оптимизации проектных параметров летательного аппарата (проектных решений): задача, критерии, модели, математическая формулировка постановок задач проектирования, методы оптимизации. Особенности проектно-конструкторских задач – многокритериальный, многопараметрический, динамический, стохастический характер, основные методы поиска решений. Алгоритм решения проектных задач. Три составляющих процесса проектирования: изобретательство, инженерный анализ, принятие решений. Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания летательного аппарата. Виды проектной документации. Нормативные документы, регламентирующие процесс разработки летательного аппарата (АП, ОТТ ВВС, ГОСТы, ОСТы). Особенности проектирования современных летательных аппаратов. Роль научно-технического задела и современных информационных технологий в совершенствовании проектирования. Эволюция задач, методов и средств проектирования. Статистические и аналитические методы определения проектных параметров. Развитие методов оптимального проектирования. Математическая постановка

задач оптимального проектирования и методы ее решения. Необходимость использования системного подхода в проектировании. Летательный аппарат как элемент комплекса. Структурно-функциональные элементы летательного аппарата: планер, силовая установка, система управления, бортовые системы и оборудование, целевая (боевая или коммерческая) нагрузка. Интеграция элементов летательного аппарата. Основные положения методологии и системотехники. Проблемы декомпозиции объекта и задач проектирования. Проблемы моделирования в проектировании. Структура и типы проектных моделей. Соотношение и роль численного и физического моделирования в проектировании. Принципы оптимальности. Общие и частные критерии оценки эффективности проектно-конструкторских решений. Проектирование – творческий процесс, три его составляющие: синтез, анализ и принятие решений. Соотношение формализуемых и неформальных процедур процесса проектирования и пути их объединения. Визуализация как способ решения задач и средство обмена информацией в процессе проектирования, роль машинной графики. Особенности технологии автоматизированного проектирования. Роль человека в САПР.

Тема 2. Исходные данные для проектирования, анализ и выбор схемы. Условия и связи, формирующие область существования проекта

Техническое задание на проектирование, методика его разработки. Структура технического задания. Разработка технического предложения. Цель и задачи. Способы идентификации проекта. Классификация переменных: параметры и ограничения, критерии. Виды параметров (дискретные и непрерывные, относительные и абсолютные), их номенклатура. Связи между параметрами и характеристиками летательного аппарата. Основные условия (связи), определяющие область существования проекта. Уравнения существования летательного аппарата. Ограничения на область существования проекта. Ограничения, вытекающие из условий реализации заданного профиля полета. Ограничения по числу M , скоростному напору, расчетной перегрузке. Минимальные скорости полета. Ограничения, накладываемые требованиями производственной и эксплуатационной технологичности. Конструктивно-компоновочная схема. Прогнозирование определяющих параметров – коэффициенты массовых, стоимостных и др. Основная задача проектирования летательного аппарата в составе комплекса. Многоуровневая оптимизация, согласование и сходимость решений главных задач. Эффективное уточнение решения. Общий алгоритм выбора схемы. Матрица признаков компоновочных схем как основа автоматизированного выбора схемы летательного аппарата.

Тема 3. Определение основных проектных параметров летательного аппарата. Методы расчета массы летательного аппарата и ее составляющих

Итерационность определения параметров. Возможные схемы алгоритмов определения проектных параметров. Определение параметров начального приближения. Согласование параметров планера и силовой установки. Параметрический анализ. Оптимизация проектных параметров при заданных требованиях и ограничениях. Частные и общие критерии оценки качества проекта: прямые эксплуатационные расходы, топливная эффективность. Показатели эффективности многоцелевого летательного аппарата. Скалярная и векторная оптимизация. Блок-схема алгоритма определения параметров летатель-

ного аппарата в системе автоматизированного проектирования. Классификация масс летательного аппарата. Итерационность процесса определения массы летательного аппарата. Определение массы летательного аппарата и ее составляющих на различных этапах проектирования. Изменение массы в процессе проектирования. Закон «квадрата-куба» и его влияние на массу летательного аппарата. Метод весовых эквивалентов. Лимиты массы и их роль в процессе проектирования.

Тема 4. Компоновка и центровка летательного аппарата

Тройственность процесса компоновки: аэродинамическая, объемно-массовая и конструктивно-силовая компоновка. Центровка летательного аппарата. Особенности компоновки и центровки различных типов летательных аппаратов. Связь центровки, устойчивости и управляемости. Автоматические системы для определения центровок и веса летательного аппарата. Системы управления положением центра тяжести летательного аппарата в полете. Правило площадей. Общие виды летательных аппаратов. Компоновочный чертеж. Теоретические чертежи. Методы построения обводов летательного аппарата. Системы геометрического моделирования. Автоматизация процесса компоновки.

Тема 5. Общие вопросы конструирования летательного аппарата и его агрегатов

Принципы конструирования летательного аппарата. Эволюция компоновок конструкций летательных аппаратов. Фактор преемственности конструкций. Прогнозирование развития конструкций. Методы формирования конструктивно-силовой схемы. Критерии качества и факторы, его определяющие. Конструкционные способы обеспечения качества: прочность конструкции, устойчивость, герметичность, долговечность, надежность. Нормы прочности. Коэффициент безопасности. Нормы прочности для различных случаев нагружения. Аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки на летательный аппарат. Влияние температуры на несущую способность конструкции. Расчетные случаи. Изменение нагрузок на различных этапах эксплуатации летательного аппарата. Проектирование оптимальных конструкций фюзеляжа, корпуса, крыльев и топливных баков. Несущие и подвесные баки, формы топливных баков. Обечайки топливных баков: гладкие, вафельные, стрингерно-шпангоутные, сотовые, гофрированные. Методы выбора основных конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов. Процесс проектирования частей летательного аппарата. Основные параметры частей летательного аппарата. Методы описания поверхностей агрегатов летательного аппарата. Влияние интенсивности и вида действующей нагрузки на конструкцию летательного аппарата. Надежность и ресурс конструкции. Выбор конструктивно-силовой схемы. Применение метода конечных элементов при проектировании рациональных конструктивно-силовых схем. Выбор материалов элементов конструкции с учетом условий производства, эксплуатации, прочности, жесткости и долговечности.

Тема 6. Проектирование крыла, оперения и органов управления летательного аппарата

Основные весовые и аэродинамические характеристики крыла. Аэродинамическая компоновка крыла, типы профилей крыла, аэродинамическая и геометрическая крутка. Проектирование механизации и органов управления.

Управление пограничным слоем и циркуляций. Непосредственное управление подъемной силой. Адаптивные крылья. Основные характеристики оперения. Типы оперения. Расположение вертикального и горизонтального оперения на летательных аппаратах различного назначения. Определение основных параметров и характеристик оперения. Выбор параметров органов управления. Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы оперения и рулей. Конструкция переставных и управляемых стабилизаторов.

Тема 7. Конструкция и проектирование фюзеляжа и силовой установки

Типы и характеристики фюзеляжа: аэродинамическая компоновка летательного аппарата различного назначения. «Несущий фюзеляж». Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы фюзеляжа. Силовая увязка фюзеляжа с крылом, оперением, двигателями. Особенности конструктивно-силовых схем фюзеляжей современных летательных аппаратов. Конструктивные мероприятия по повышению живучести и ресурса фюзеляжей. Влияние гермокабин на конструктивно-силовую схему фюзеляжа. Требования к силовой установке, типы и характеристики авиационных и ракетных двигателей. Логическая блок-схема проектирования силовой установки. Установка двигателей на летательный аппарат. Размещение топливных баков на дозвуковых и сверхзвуковых летательных аппаратах. Топливные отсеки в конструкции корпуса. Защита корпуса от кинетического нагрева. Мероприятия по защите силовой установки и топливных баков от пожара и взрыва в полете.

Тема 8. Системы управления летательным аппаратом

Задачи проектирования систем управления, стабилизации и наведения летательного аппарата. Важнейшие характеристики управляемости и их связи с параметрами летательного аппарата. Возмущающие факторы. Способы управления и наведения. Автономные системы управления, системы телеуправления, системы самонаведения. Исходные данные для проектирования и выбор параметров различных каналов управления. Командные рычаги: типы и конструкция, размещение командных рычагов в кабинах экипажа пилотируемых летательных аппаратов, учет требований эргономики. Типы проводок управления, характеристики нагружения, конструкции. Электродистанционные системы управления. Принципы подключения исполнительных механизмов, гидравлические усилители. Обеспечение требований безопасности полета при проектировании систем управления. Резервирование систем. Использование систем управления летательным аппаратом для улучшения его летных характеристик.

Тема 9. Конструкция и проектирование шасси

Типы и основные параметры шасси. Анализ и рекомендации по выбору схемы шасси. Характеристики проходимости летательного аппарата по грунтовым и бетонным ВПП. Конструктивно-силовые схемы шасси. Кинематические схемы уборки шасси, авиационные колеса. Системы торможения летательного аппарата, его энергоемкость. Конструкция и расчет амортизаторов, связь параметров амортизации с ресурсом летательного аппарата. Нагружение и работа элементов шасси. Принципы обеспечения надежности и долговечности. Влияние параметров шасси на технико-экономические и эксплуатационные характеристики летательного аппарата. Выбор основных параметров шасси.

Тема 10. Надежность, ресурс и безопасность полета летательного аппарата

Основные понятия и показатели надежности. Современный уровень надежности авиационной и ракетно-космической техники, находящейся в эксплуатации. Эксплуатационная технологичность летательного аппарата. Взаимосвязь надежности и эксплуатационной технологичности летательного аппарата и его систем. Требования летательного аппарата по безопасности полета. Обоснование требований по надежности и безопасности полетов для вновь проектируемых летательных аппаратов их систем. Порядок работ по количественному анализу схемной надежности систем. Модели и методы количественного анализа схемой надежности летательного аппарата в целом и его систем. Надежность, живучесть, ресурс и срок службы конструкции планера летательного аппарата. Нагрузки, действующие на летательный аппарат в полете и при движении на ВПП, их цикличность. Изменение состояния конструкции летательного аппарата в условиях эксплуатации. Основы определения ресурса конструкции. Факторы, влияющие на ресурс. Испытания конструкции на ресурс. Пути повышения усталостной и коррозионной прочности конструкции. Влияние условий эксплуатации на надежность, ресурс и безопасность полета.

Тема 11. Сертификация авиационной техники

Основные понятия о сертификации авиационной техники. Правовые основы сертификации авиационной техники. Гармонизация правил сертификации авиационной техники мировых авиационных сообществ. Сертификация объектов авиационной техники и эксплуатантов. Сертификация разработчика авиационной техники. Сертификация типа и экземпляра авиационной техники. Сертификационный базис воздушных судов. Требования по шуму и эмиссии вредных веществ. Сертификация комплектующих изделий. Сертификация производства воздушного судна. Поддержание летной годности воздушных судов. Внедрение изменений в тип воздушных судов. Классификация изменений. Дополнение к сертификату типа. Директивы летной годности. Действия сертификатов летной годности.

Тема 12. Основы технологии производства летательного аппарата

Основные понятия технологии производства летательного аппарата. Производственный процесс и его составляющие. Конструкторские и технологические методы обеспечения качества. Технологические методы создания высоконадежных и долговечных конструкций летательного аппарата. Состояние поверхностного слоя детали, остаточные напряжения в ней и их влияние на ресурс этой детали. Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей в авиационной технике. Понятие о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности и устойчивости технологических процессов. Основные сведения о базах. Правила базирования при изготовлении деталей и сборке. Методы обеспечения взаимозаменяемости в производстве летательного аппарата. Понятие о взаимозаменяемости и увязке размеров деталей. Характеристика плазово-шаблонного метода изготовления деталей и сборки летательного аппарата. Теоретические плазы и основные шаблоны. Методы увязки размеров элементов изделия с помощью ЭВМ. Общие и частные требования технологичности. Показатели технологичности. Последовательность обеспечения технологичности конструкции при проектировании.

Показатели экономической эффективности. Технологические методы повышения производительности труда. Технологическая себестоимость, структура и пути ее снижения технологическими методами.

Тема 13. Процессы изготовления деталей летательного аппарата

Тенденции в развитии современного производства летательных аппаратов. Классификация деталей, заготовок и полуфабрикатов из металлов и композиционных материалов. Процессы раскроя заготовок и полуфабрикатов. Изготовление деталей летательного аппарата изгибом. Аналитические методы расчета упругого возврата, предельной степени деформации и усилия при изгибе. Виды процессов гибки листовых и профильных заготовок. Изготовление деталей летательного аппарата обтяжкой. Классификация деталей, изготавливаемых обтяжкой, и процессов, применяемых при этом. Напряженно-деформированное состояние заготовки. Технологичность деталей, изготавливаемых обтяжкой. Изготовление деталей летательного аппарата вытяжкой и формовкой резиной. Классификация деталей и видов процессов. Типовой анализ напряженно-деформированного состояния заготовки. Высокоскоростные, высокоэнергетические процессы изготовления летательного аппарата. Физическая сущность рассматриваемых технологических процессов. Перспективы применения указанных процессов. Процессы создания заданных свойств поверхностных слоев деталей. Комплексная формообразующая и упрочняющая обработка крупногабаритных деталей. Отработка технологичности деталей, подвергаемых упрочнению. Процессы изготовления деталей летательного аппарата удалением припуска и холодным деформированием. Изготовление деталей электрофизическими и электрохимическими методами. Технологические процессы термической обработки и создания защитных покрытий. Основные этапы и последовательность проектирования технологических процессов изготовления деталей. Использование методов типизации и групповой обработки.

Тема 14. Процессы сборки узлов и агрегатов, монтажа и испытания систем летательного аппарата

Объем, содержание и условия сборочных работ в производстве летательного аппарата. Основные системы базирования, применяемые при сборке корпуса объектов ракетно-космической техники и планера самолета. Варианты базирования элементов планера с помощью установочных фиксирующих отверстий. Варианты базирования элементов, выходящих на внешний контур. Характеристика процессов соединений. Классификация процессов выполнения соединений. Остаточные напряжения, возникающие при сборке. Причины возникновения и значение остаточных напряжений. Остаточные напряжения в конструкциях из композиционных материалов. Основные положения формирования технологического членения. Структура сборочной единицы и ее технологичность при сборке. О форме сборочных единиц. Условия формирования границ сборочных единиц. Проектирование процессов сборки узлов и агрегатов. Характеристика узлов как объектов сборки. Структура сборочного узла. Выбор установочных баз для сборки. Анализ точности сборки. Характеристика соединений, возможности механизации процессов их выполнения. Условия поставки деталей на сборку. Учет жесткости деталей при сборке. Примеры сборки узлов с соединениями плавлением, на основе адгезии и с механическими соединениями. Сборка узлов из композиционных материалов.

Способы формообразования узлов из композиционных материалов. Выбор оснастки для процессов сборки и отверждения. Обеспечение точности узлов из композиционных материалов. Особенности механических соединений деталей из композиционных материалов. Характеристика агрегатов как объектов сборки. Структура агрегатов как сборочной единицы. Анализ возможного членения. Выбор установочных баз для подборок. Анализ точности сборки. Характеристика соединений, анализ возможности механизации их выполнения. Выбор варианта технологического членения. Условия постановки деталей и узлов на сборку агрегата. Особенности сборки герметичных агрегатов. Испытание герметичных отсеков. Обеспечение взаимозаменяемости отсеков и агрегатов по стыкам с другими агрегатами. Предварительная стыковка агрегатов. Требования к агрегатам, поступающим на окончательную сборку. Влияние конструкции стыка на трудоемкость стыковочных работ. Монтаж и испытания систем. Подготовка агрегатов планера для монтажа оборудования. Монтаж трубопроводов. Виды испытаний систем оборудования летательного аппарата. Процессы испытаний узлов, агрегатов и летательного аппарата в целом. Виды и основные задачи испытаний (ГОСТ 16504-81): приемосдаточные, конструкторско-доводочные, контрольно-выборочные и периодические. Классификация и общая характеристика испытаний по воздействующим факторам. Испытания на линейные перегрузки, вибродинамические, термовакуумные, климатические. Характеристика процессов пневмо- и гидроиспытаний. Процесс и средства испытаний конструкций на герметичность. Понятие герметичности, контрольного и пробного вещества, детектора течеискания, чувствительности испытаний, способы оценки степени негерметичности. Общая характеристика методов и способов испытаний и область их применения. Виды испытаний летательных аппаратов и их систем в процессе ГС. Определение геометрических параметров летательного аппарата и его агрегатов. Юстировка посадочных мест для установки приборов. Определение положения вектора тяги двигательной установки. Определение положения центра масс, статическая и динамическая балансировка.

Тема 15. Технологическая подготовка серийного производства

Основные задачи технологической подготовки серийного производства летательного аппарата. Отработка конструкции летательного аппарата на технологичность. Проектирование, монтаж и увязка сборочной оснастки. Проектирование сборочных приспособлений. Монтаж сборочных приспособлений. Размерная увязка сборочных приспособлений.

Тема 16. Управление разработкой, автоматизация проектирования, конструирования и производства летательного аппарата

Многоуровневое программно-целевое управление разработкой. Задачи макропроектирования. Постановка задачи оптимизации управления разработкой. Декомпозиция общей задачи. Виды неопределенности и их учет. Методы оптимизации решений с учетом компромиссного характера задачи, динамики и неопределенностей. Методы математического программирования. Статистический метод многоуровневой согласованной оптимизации проектных решений. Методики решения проектных задач с учетом риска и компромисса. Методика комплексной оптимизации конструкторско-технологических параметров изделий. Пути формализации процесса проектирования, неформализуемые условия. Роль современных вычислительных средств. Математическая

формулировка задач проектирования. Динамические методы оптимизации. Возможности машинной компоновки. Принципы организации и структура систем автоматизированного проектирования и конструирования (САПР). Комплекс технических средств, математическое обеспечение, банки данных, пакеты прикладных программ. Роль человека в САПР. Принципы разработки и структура пакетов прикладных программ. Модульный принцип построения функциональных блоков САПР. Управление процессами разработки проекта. Блок-схема некоторых типичных комплексных программ проектного анализа и синтеза летательного аппарата и его подсистем. Механизация и автоматизация технологических процессов. Требования к конструкции летательного аппарата, обеспечивающие возможность автоматизации его изготовления. Автоматизированные системы проектирования технологических процессов.

Тема 17. Основные понятия теории концептуального проектирования

Начала теории концептуального проектирования: основные понятия теории, постановка задачи, целеполагание, объект и система, концепция и принципы, идея и принципы, принципы и технологии, неопределенности и риски. Методы концептуального проектирования.

Тема 18. Замысел проекта: прогноз потребности, целеуказание, стратегическое планирование.

Технологический цикл разработки концептуального проекта. Целеполагание. Понятия стратегии и прогноза.

Тема 19. Анализ альтернатив в прямом поиске идеи.

Идейный анализ концепции: постановка задачи проектирования, планирование экспериментов, иерархическая игра, метод разработки альтернатив, метод отбора расчетных вариантов.

Тема 20. Синтез технической системы на основе согласования ее элементов и риск анализа.

Понятие технической системы, ее структура, закономерности функционирования и существования. Законы развития технической системы в авиационных конструкциях. Синтез технической системы самолета с согласованием ее элементов в концептуальном проектировании. Понятие верификации технической системы, ее цели и задачи. Верификация и риск-анализ.

Тема 21. Моделирование и валидация ключевых технологий, трансфер концепции.

Физические аналогии концепции. Процесса валидации, его цели, задачи. Взаимосвязь валидации и процесса проектирования технической системы. Методы, используемые для поддержки валидации. Трансфер концепции и технологий.

Тема 22. Основы аэродинамического проектирования.

Аэродинамическое проектирование как часть общего проектирования самолетов. Применяемые методы и подходы. Понятие об аэродинамическом расчете. Технологические, эксплуатационные, экономические, эргономические и экологические аспекты проектирования. Формальные и неформальные аспекты проектирования.

Тема 23. Основные аэродинамические характеристики самолета.

Аэродинамика несущих поверхностей при малых скоростях и числах M . Физическая картина взаимодействия воздушного потока с обтекаемым телом. Понятие об аэродинамических силах, моментах и их коэффициентах. Системы

координат. Геометрические параметры профиля, крыла, фюзеляжа (тела вращения). Режимы обтекания тел потоком вязкого газа (жидкости). Профиль в потоке несжимаемого газа, основные аэродинамические характеристики профиля. Крыло конечного размаха в потоке несжимаемого газа. Особенности аэродинамики несущих поверхностей на больших числах M . Подъемная сила. Механизация крыла. Влияние состояния поверхности на аэродинамические характеристики самолёта.

Тема 24. Основные компоненты аэродинамического сопротивления.

Профильное, индуктивное и волновое сопротивление. Лобовое сопротивление самолета. Поляра самолета. Методы снижения сопротивления.

Тема 25. Прямые и обратные методы аэродинамического проектирования.

Сущность и содержание прямых и обратных методов аэродинамического проектирования, их взаимосвязь. Прямые методы CFD. Обратные методы аэродинамического проектирования.

Тема 26. Оптимизационные методы аэродинамического проектирования.

Методы оптимизации. Постановка задач оптимизации. Условия оптимизации. Методы оптимизации функции многих переменных при наличии ограничений (градиентные методы, методы случайного поиска).

Этапы процедуры аэродинамического проектирования.

Тема 27. Проектирование сверхкритических крыльев современных магистральных самолетов.

Сущность методики аэродинамического проектирования сверхкритических крыльев современных магистральных самолетов. Разработка аэродинамической компоновки крыла. Описание результатов исследований. Процедура многорежимной оптимизации.

Тема 28. Нетрадиционные схемы летательных аппаратов.

Особенности аэродинамического проектирования дальнемагистрального самолета в схеме «летающее крыло». Использование в аэродинамических компоновках крыльев изменяемой геометрии и сложной формы с наплывом. Применение аэродинамических схем «утка», с тремя несущими поверхностями, с пониженным или отрицательным запасом продольной устойчивости. Особенности аэродинамической компоновки самолета больших сверхзвуковых скоростей.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине

5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине

Контрольным мероприятием промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине является **зачет** - в 4 семестре обучения, **зачет с оценкой** - в 5 семестре обучения и **экзамен** – в 6 семестре обучения, которые проводятся в устной и письменной форме.

Обучающийся допускается к зачетам по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля

успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки.

5.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

По результатам сдачи **зачета** аспиранту выставляется оценка:

- **«зачет»** – в случае, если аспиранта успешно освоил основные темы курса, регулярно посещал аудиторные занятия; системно и удовлетворительно выполнял самостоятельную работу;

- **«незачет»** – при не освоении аспирантом основных тем курса и не регулярном посещении аудиторных занятий; не представлении результатов самостоятельной работы.

Оценка знаний аспиранта на **зачете с оценкой и экзамене** осуществляется по **пятибалльной шкале**:

- **«отлично»**, если аспирант показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и логично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения;

- **«хорошо»**, если аспирант твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических заданий;

- **«удовлетворительно»**, если аспирант имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил его деталей, требует в отдельных случаях наводящих вопросов для правильного ответа, допускает отдельные неточности, ошибки в решении практических заданий;

- **«неудовлетворительно»**, если аспирант допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применять полученные знания на практике.

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерные вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине:

1. Структура жизненного цикла самолета. Особенности управления ЖЦС в России.

2. Нормативно-техническая документация: цели, состав.

3. Сертификация авиационной техники.

4. Математическая постановка задачи концептуального проектирования самолета. Целевая функция, ограничения. Проектные переменные и параметры задачи.

5. Физический смысл ограничений в задаче концептуального проектирования.
6. Особенности постановки задачи проектирования гражданских и военных самолетов.
7. Содержание компоновки самолета.
8. Особенности компоновки самолета.
9. Аэродинамическая компоновка: содержание и задачи.
10. Интеграция планера и силовой установки.
11. Конструктивно-силовая компоновка.
12. Объемно-массовая компоновка. Эксплуатационный диапазон центровок.
13. Весовой расчет и весовой анализ. Классификация масс.
14. Авиационная эргономика: экипаж воздушного судна.
15. Авиационная эргономика: компоновка пассажирской кабины.
16. Идея, принцип, концепция, эндосистема и экзосистема в теории концептуального проектирования
17. Замысел проекта и порядок концептуального проектирования.
18. Основные риски и неопределенности, вызывающие необходимость в последовательных этапах концептуального проектирования.
19. Анализ альтернативных идей в концептуальном проектировании.
20. Синтез технической системы на основе согласования ее элементов.
21. Валидация и верификация результатов разработки технической системы.
22. Сущность и содержание аэродинамического проектирования.
23. Зависимости аэродинамических характеристик самолета для разных режимов полета.
24. Понятие об аэродинамическом расчете.
25. Технологические, эксплуатационные, экономические, эргономические и экологические аспекты проектирования.
26. Понятие аэродинамической схемы, классификация самолетов по аэродинамическим схемам.
27. Продольная балансировка, устойчивость и управляемость самолета.
28. Боковая балансировка, устойчивость и управляемость самолета.
29. Дозвуковой профиль крыла и связь его геометрических и аэродинамических характеристик.
30. Линейная теория обтекания профилей, нелинейные методы расчета. Нелинейная теория крыла конечного размаха.
31. Нестационарное обтекание крыла.
32. Состав системы управления самолетом.
33. Показатели управляемости самолетом. Влияние на аэродинамическую компоновку условий базирования и эксплуатации.
34. Система опор самолета. Взлетно-посадочная механизация.
35. Формирование стратегии проекта.
36. Планирование полнофакторного эксперимента.
37. Метод согласования локальных систем.
38. Аэродинамическое проектирование как часть общего проектирования самолетов. Применяемые методы и подходы.
39. Основные элементы аэродинамической компоновки.
40. Основные аэродинамические характеристики.
41. Подъемная сила. Механизация крыла.

42. Основные компоненты аэродинамического сопротивления. Методы снижения сопротивления.
43. Прямые методы CFD.
44. Обратные методы аэродинамического проектирования.
45. Оптимизационные методы. Этапы процедуры аэродинамического проектирования.
46. Проектирование сверхкритических крыльев современных магистральных самолетов.
47. Нетрадиционные схемы летательных аппаратов.
48. Особенности аэродинамического проектирования дальнемагистрального самолета в схеме “летающее крыло”.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины

6.1. Основная литература

1. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории, 1994.
2. Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности самолетов транспортной категории, 1994.
3. Проектирование самолетов. Изд. 3. (под ред. С.М. Егера) - М.: «Машиностроение», 1983.
4. Проектирование гражданских самолетов. Теории и методы. Под. Ред. Г.В. Новожилова. М.: Машиностроение, 1991. – С. 666.
5. Кондрашов Н.А. Проектирование убирающихся шасси самолетов. М., «Машиностроение», 1983.
6. Лазарев В.В. Концептуальное проектирование самолета (магистральные пассажирские самолеты). Учебное пособие. – М. : МАИ, 2013.
7. Лазарев. Авиационная эргономика. Учебное пособие. МАИ, 2017.
8. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. Начала теории концептуального проектирования с приложениями в области авиационной науки и технологий. Сборник трудов «Управление большими системами». М: ИПУ РАН, 2018, Вып. 75. С. 170-206.
9. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. и другие. Особенности формализованной технологии концептуального проектирования в авиастроении // Онтология проектирования, 2023, т.13, №4(50), С. 479-495.
10. Торенбик Э. Проектирование дозвуковых самолетов. – М. : «Машиностроение, 1983.
11. Шейнин В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. В 2-х т. М.: Машиностроение, 1977.

6.2. Дополнительная литература

3. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. Метод выбора концептуального проекта для технологических исследований в области авиации / Вторая научно-практическая конференция «Управление созданием научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции – 2017». Москва, 2017. С. 34-41.

4. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. Методология управления рисками научных проектов в зарубежных исследованиях авиационной техники / Вторая научно-практическая конференция «Управление созданием научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции – 2017». Москва, 2017. С. 42-48.

5. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. Концептуальное проектирование и системная интеграция. В сб. научных трудов по материалам XII международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». М: Центр перспективных научных публикаций, 2016. С. 150-158.

6. Скворцов Е.Б., Шелехова А.С. Верификация и валидация технологий в концептуальном проектировании авиационной техники. В сб. научных трудов по материалам XII международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». М: Центр перспективных научных публикаций, 2016. С. 143-149.

7. Калугин, В. Т. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов / В. Т. Калугин, Г. Г. Мордвинцев, В. М. Попов ; под редакцией В. Т. Калугина. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. – 528 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/94010.html> (дата обращения: 12.04.2020). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

10. Югов О.К. Согласование характеристик самолета и двигателя / О.К. Югов, О.Д. Селиванов. – М, Машиностроение, 1975.

11. Подружин, Е. Г. Конструирование и проектирование летательных аппаратов. Фюзеляж : учебное пособие для вузов / Е. Г. Подружин, В. М. Степанов, П. Е. Рябчиков. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 105 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08401-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт

12. Гаврилов, Л. П. Генерирование и передача электромагнитных колебаний : учебное пособие для вузов / Л. П. Гаврилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 237 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13883-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт

7. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебной дисциплины

1. Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL : http://www.tsagi.ru/research/flight_dynamics/. – Режим доступа: свободный.

2. Государственный научный центр РФ Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М. М. Громова: Официальный сайт. – URL : <http://lii.ru/letnye-issledovaniya-i-ipyaniya-samoletov-i-vertoletov/>. – Режим доступа: свободный.

3. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL : <https://k106.mai.ru/>. – Режим доступа: свободный.

4. ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL : <https://mipt.ru/>. – Режим доступа: свободный.

5. ОАО «Национальный институт авиационных технологий» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL <http://www.niat.ru/>. – Режим доступа: свободный.

6. IPR BOOKS [Электронный ресурс] : Электронно-библиотечная система. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины

Освоение обучающимся учебной дисциплины **«Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»** предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций. Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.

Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться с настоящей рабочей программой учебной дисциплины на официальном Интернет-сайте ФАУ «ЦАГИ». Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, а также на предлагаемые преподавателем ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

8.1. Подготовка к лекционному занятию

Подготовка к лекционному занятию включает выполнение всех видов заданий, размещенных к каждой лекции, т.е. задания выполняются еще до лекционного занятия по соответствующей теме. В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Аспирант может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании различных видов работ.

8.2. Подготовка к занятию практического типа

Формы проведения практических занятий зависят от содержания изучаемой дисциплины, уровня подготовки обучающегося, имеющейся учебно-материальной базы и целей обучения. Практические занятия имеют целью:

- углубление, расширение и конкретизацию теоретических знаний, полученных на лекциях, до уровня, на котором возможно их практическое использование;
- экспериментальное подтверждение положений и выводов, изложенных в теоретическом курсе, и усиление доказательности обучения;
- решение задач, связанных с проведением необходимых расчетов;
- отработку навыков и умений в пользовании графиками, схемами, номограммами, картами, приборами или их комплексами;
- практическую работу на процедурных, специализированных и комплексных тренажерах для отработки умений и навыков в выполнении определенных технологических приемов и операторских функций;
- отработку умения использования ПК и пр.

Основу занятий практического типа составляет работа каждого обучаемого по приобретению умений и навыков использования закономерностей и методов, составляющих содержание дисциплины в профессиональной деятельности или в подготовке к изучению дисциплин, формирующих их универсальные и общепрофессиональные компетенции.

Практическим занятиям предшествуют лекции и целенаправленная самостоятельная подготовка студентов, поэтому практические занятия нужно начинать с краткого обзора цели занятия, напоминания о его связи с лекциями и формулирования конкретных вопросов-заданий, которые должны быть решены на данном занятии.

Вопросы и задачи, выносимые на практические занятия, должны касаться не только проблем современности, но и перспектив развития отрасли.

Практические занятия в большинстве случаев проводятся с использованием технических средств обучения, макетов, схем, моделей, разрезов узлов и агрегатов, демонстрационного и раздаточного материала и пр.

Разнообразие форм и целей практических занятий предполагает разнообразие форм контроля знаний и умений, приобретаемых студентами в ходе занятий. Контроль знаний может производиться по результатам решения задач, устных и письменных ответов на вопросы-задания, правильности действий в ходе проведения ролевой (деловой) игры, четкости работы на тренажере и т.п. По результатам контроля знаний и умений преподаватель должен провести анализ хода и итогов практических занятий, отметить успехи обучающихся в решении учебной задачи, а также недостатки и ошибки, разобрать их причины и дать методические указания к их устранению.

8.3. Самостоятельная работа обучающегося

Самостоятельная работа аспирантов может рассматриваться как организационная форма обучения – система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью аспирантов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи. Аспиранту нужно четко понимать, что самостоятельная работа в аспирантуре – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Самостоятельная работа аспирантов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений аспирантов;

- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности аспирантов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа аспирантов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа аспиранта реализуется в рамках:

- учебных дисциплин;
- педагогической и научно-исследовательской практики;
- научных исследований;
- подготовки к сдаче государственного экзамена;
- в процессе работы над научно-квалификационной работой (диссертацией).

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует аспирантам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные аспирантами работы и т. п.

Различают несколько категорий видов самостоятельной работы аспирантов:

- работа с источниками литературы и официальными документами (использование библиотечно-информационной системы);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (рефераты, эссе, домашние задания, решения кейсов);
- реализация элементов педагогической практики (разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (подготовка текстов докладов, участие в исследованиях, стажировках);
- выполнение обязательных и элективных элементов научно-исследовательской работы (подготовка к научно-исследовательскому семинару, написание статей, работа над текстом диссертации).

Особенностью организации самостоятельной работы аспирантов является необходимость не только подготовиться к сдаче кандидатского экзамена по специальности, но и собрать, обобщить, систематизировать, проработать и проанализировать большой массив информации по теме диссертации.

Во время выполнения самостоятельной работы аспирант должен готовить научные, а также доклады на научные конференции.

Технология организации самостоятельной работы аспирантов включает использование информационных и материально-технических ресурсов ФАУ «ЦАГИ».

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику направления, по которому обучается аспирант, данной дисциплины, индивидуальные особенности аспиранта.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами аспирантов на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений аспирантов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине или в рамках аттестации, проводящийся два раза в год, на которой выставляются зачеты по конкретным видам самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом.

8.4. Подготовка к зачету и экзамену

К зачету и экзамену необходимо готовиться целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине.

После предложенных указаний у обучающихся должно сформироваться четкое представление о требуемых знаниях и умениях, которыми надо будет овладеть при освоении учебной дисциплины.

9. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине

Информационные технологии

1. Персональные компьютеры.
2. Доступ к сети «Интернет».
3. Проектор.

Программное обеспечение

1. Microsoft Office (Word, Excel).
2. Acrobat Reader.
3. PowerPoint
4. Windows Media

10. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине

Материально-техническая база ФАУ «ЦАГИ» обеспечивает проведение всех видов занятий, предусмотренных учебным планом, и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Для изучения учебной дисциплины **«Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»** в рамках реализации основной профессиональной образовательной подготовки по группе научной специальности **2.5 «Машиностроение»** используются:

- учебная аудитория для занятий лекционного типа, оснащенная специализированной мебелью (стол для преподавателя, парты, стулья, доска для написания мелом и маркером); техническими средствами обучения (видеопроекторное оборудование, средства звуковоспроизведения, экран);
- учебная аудитория для занятий практического типа, оснащенная специализированной мебелью (стол для преподавателя, парты, стулья, доска для написания мелом); техническими средствами обучения (видеопроекторное оборудование, средства звуковоспроизведения, экран);
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные специализированной мебелью (парты, стулья), техническими средствами обучения (персональные компьютеры с доступом в электронно-информационную среду ФАУ «ЦАГИ», программным обеспечением).

11. Образовательные технологии

Для реализации учебного материала преподаватель может применять разнообразные педагогические технологии (технологии актуализации процесса обучения; построения обогащенной образовательной среды; личностно-ориентированного обучения; развития критического мышления; программированного обучения; информационные технологии и проч.), направленные на достижение целей обучения.

Изложение теоретического материала должно сопровождаться иллюстративными примерами, тщательно отобранными преподавателем. Следует всегда указывать примеры практического применения рассмотренных на занятиях теоретических вопросов.

Практические занятия должны быть организованы преподавателем таким образом, чтобы оставалось время на периодическое выполнение аспирантами небольшой самостоятельной работы в аудитории для проверки усвоения изложенного материала.

Преподавателю следует добиваться систематической непрерывной работы аспирантов в течение семестра.

Аспирант должен ощущать заинтересованность преподавателя в достижении конечного результата: в приобретении обучающимися прочных знаний, умений и владения накопленной информацией для решения задач в профессиональной деятельности.

Необходимо с самого начала занятий рекомендовать аспирантам основную и дополнительную литературу, а в конце семестра дать список вопросов для подготовки к зачету/к зачету с оценкой/экзамену.

При организации обучения по дисциплине преподаватель должен обратить особое внимание на организацию семинарских и практических занятий и самостоятельной работы аспирантов, поскольку курс предполагает широкое использование интерактивных методов обучения.

При реализации дисциплины используются следующие *интерактивные* формы проведения занятий:

- проблемная лекция,
- презентации с возможностью использования различных вспомогательных средств;
- круглый стол (дискуссия).

Проблемная лекция – учебная проблема ставится преподавателем до лекции и должна разворачиваться на лекции в живой речи преподавателя, так как проблемная лекция предполагает диалогическое изложение материала. С помощью соответствующих методических приемов (постановка проблемных и информационных вопросов, выдвижение многообразных гипотез и нахождение тех или иных путей их подтверждения или опровержения), преподаватель побуждает аспирантов к совместному размышлению и дискуссии, хотя индивидуальное восприятие проблемы вызывает различия и в ее формулировании. Чем выше степень диалогичности лекции, тем больше она приближается к проблемной и тем выше ее ориентирующий, обучающий и воспитывающий эффекты, а также формирование мотивов нравственных и познавательных потребностей.

Презентации – документ или комплект документов, предназначенный для представления чего-либо (организации, проекта, продукта и т.п.). Цель презентации – донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации в удобной форме.

Презентация может представлять собой сочетание текста, компьютерной анимации, графики, видео, музыки и звукового ряда (но не обязательно все вместе), которые организованы в единую среду. Кроме того, презентация имеет сюжет, сценарий и структуру, организованную для удобного восприятия информации. Отличительной особенностью презентации является ее интерактивность, то есть создаваемая для пользователя возможность взаимодействия через элементы управления.

Основная цель презентации помочь донести требуемую информацию об объекте презентации.

Дискуссия, как особая форма всестороннего обсуждения спорного вопроса в публичном собрании, в частной беседе, реализуется как коллективное обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставление информации, идей, мнений, предложений.

Целью проведения дискуссии в этом случае является обучение, тренинг, изменение установок, стимулирование творчества и др.

В проведении дискуссии используются различные организационные методики:

- методика «вопрос-ответ» – является разновидностью простого собеседования; отличие состоит в том, что применяется определенная форма постановки вопросов для собеседования с участниками дискуссии-диалога;
- методика «лабиринта» или метод последовательного обсуждения – своеобразная шаговая процедура, в которой каждый последующий шаг делается другим участником. Обсуждению подлежат все решения, даже неверные (тупиковые);

- методика «эстафеты» – каждый заканчивающий выступление участник передает слово тому, кому считает нужным.

12. Аннотация рабочей программы учебной дисциплины

Дисциплина **«Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»** является обязательной для освоения по группе научной специальности **2.5 «Машиностроение»** подготовки в аспирантуре.

Основной целью изучения дисциплины является формирование у аспирантов уровня знаний и умений, необходимого для успешного осуществления научной и исследовательской деятельности в области наук, занимающихся формированием теоретических и экспериментальных основ создания новых и совершенствования существующих летательных аппаратов.

Структура дисциплины организована в соответствии с основной целью освоения данного курса.

Рабочая программа дисциплины содержит все необходимые положения и полностью удовлетворяет нормам организации педагогического процесса, предусмотренным Федеральными государственными требованиями.

Лист регистрации изменений

№	Содержание изменения	Реквизиты документа об утверждении изменения	Дата введения изменения
1	Утверждена и введена в действие решением _____ на основании Федерального государственного требования, приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. N 951	Протокол заседания № ____ от « ____ » _____ 20 ____ года	« ____ » _____ 20 ____ года
2		Протокол заседания № ____ от « ____ » _____ 20 ____ года	« ____ » _____ 20 ____ года
3		Протокол заседания № ____ от « ____ » _____ 20 ____ года	« ____ » _____ 20 ____ года
4		Протокол заседания № ____ от « ____ » _____ 20 ____ года	« ____ » _____ 20 ____ года