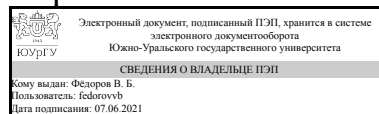


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.33 Проектирование конструкций РКТ из композиционных материалов

для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

уровень специалист тип программы Специалитет

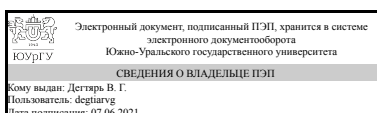
специализация Ракетные транспортные системы

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

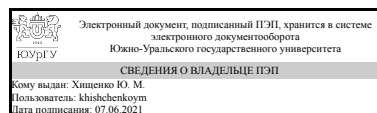
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Ю. М. Хищенко

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - подготовка специалистов, владеющих знаниями в области композитного проектирования, по принципу единства всей технологической цепочки: " материал - технология - конструкция". Задачи: Показать, что модель мирового развития различных сегментов рынка определяет композитную отрасль в качестве одной из самых инновационных в мировой экономике. Способствовать формированию национальной базы интеллектуальной собственности в области производства современных композиционных материалов и изделий из них с учетом отечественного и зарубежного опыта: кадры для проектно-технологического инжиниринга; продвижения потребления изделий из композитов в приоритетные секторы экономики; обеспечения международного признания национальной композитной отрасли.

Краткое содержание дисциплины

Применение композиционных материалов - путь к совершенствованию техники и расширению ее возможностей. Задача и процесс инженерного проектирования: основные процедуры и атрибуты, критерии и факторы, рассматриваемые при принятии инженерных решений. Проектирование конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов. Необходимость обращения к механике конструкций из композиционных материалов. Задачи оптимального проектирования композитных конструкций. Общая схема постановки и решения задач оптимального проектирования. Функциональные возможности волокнистых полимерных композиционных материалов. Принципы, реализация которых определяет конструкционные свойства композиционных материалов. Оптимальное проектирование композиционных материалов. Предельные возможности многослойных композитов. Проектирование конструкций РКТ из композиционных материалов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	Знать: принципы и методы формирования структурно-функциональных моделей процессов, конструкций;
	Уметь: строить модели, воспроизводящие существенные аспекты подготовки летательного аппарата к пуску, модели функционирования системы эксплуатации объектов наземной инфраструктуры;
	Владеть: методами анализа и синтеза стартовых и технических комплексов; математическими методами исследования проблем эксплуатации стартовых и технических комплексов
ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в	Знать: современные методы поиска новых технических решений при проектировании РКТ.
	Уметь: находить оптимальное соотношение между различными требованиями при

соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	проектировании образцов РКТ для обеспечения безопасности продукции для окружающей среды, жизни и здоровья; технической и информационной совместимости. Владеть:навыками использования системного подхода к проектированию систем и агрегатов РКТ.
ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций	Знать:правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для элементов конструкций ракет и космических аппаратов; методы расчета на прочность и устойчивость элементов конструкций ракет и космических аппаратов; Уметь:применять методики расчета на прочность и устойчивость элементов конструкций ракет и космических аппаратов; объяснять, почему в существующих конструкциях РКТ приняты те или иные конструктивные решения, продиктованные требованиями обеспечения прочностной надежности. Владеть:методами решения задач оценки пределов безопасной эксплуатации конструкций.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.29 Технология производства изделий из композитных материалов, Б.1.30 Проектирование РКТ	Б.1.47 Проектно-конструкторская подготовка производства ЛА

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.29 Технология производства изделий из композитных материалов	Основные сведения о композиционных материалах, основные методы разработки технологических процессов изделий из композитных материалов, области применения композитов.
Б.1.30 Проектирование РКТ	Знать проектные параметры ракет. Уметь провести анализ распределения масс агрегатов ракет. Владеть:методами проектирования систем требуемой безопасности.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра

		9	10
Общая трудоёмкость дисциплины	252	108	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	112	48	64
Лекции (Л)	48	32	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	16	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	0	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	140	60	80
Сбор материалов по курсу (конкурс конспектов)	20	10	10
Подготовка отчета по проекту, презентации к защите курсового проекта, защита курсового проекта.	10	0	10
Выполнение технологической части курсового проекта.	25	0	25
Подготовка к зачету	10	10	0
Подготовка презентации и выступление на конференции	10	10	0
Подготовка к экзамену	10	0	10
Выполнение курсовой работы	30	30	0
Выполнение проектной части курсового проекта.	25	0	25
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет,КР	экзамен,КП

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Жизненный цикл технической системы. Этапы проектирования. План создания изделия. Процесс инженерного проектирования. Основные объекты и эффекты применения композитов в технике.	6	2	4	0
2	Материаловедческие основы композиционных материалов для РКТ.	6	4	2	0
3	Фрагменты строительной механики конструкций из композиционных материалов.	8	6	2	0
4	Основы оптимального проектирования композитных конструкций	16	12	4	0
5	Оптимальное проектирование композитных материалов. Диаграмма Цая для оценки упругих и прочностных свойств композитов.	12	8	4	0
6	Проектирование элементов ракетных конструкций из композиционных материалов. Расчет и оптимизация заклепочных соединений в композитах.	64	16	32	16

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Применение композиционных материалов. Достижения и перспективы. Проблема и задачи отечественного материаловедения на рынке композитов.	2
2,3	2	Конструкционные свойства композиционных материалов. Принципы, реализация которых определяет конструкционные свойства композитов.	4
4,5	3	Сюрпризы анизотропии: матрица жесткости и податливости. Проявление анизотропии при нагружении стержней, балок и пластин.	4
6	3	Проявление анизотропии при нагружении оболочек: безмоментная теория и краевой эффект.	2

7	4	Задачи потимального проектирования композитных конструкций. Общая схема постановки и решения задач оптимального проектирования.	2
8	4	Оптимизация сжатой стойки. Сравнительный анализ оптимальных конструкций различных форм поперечных сечений.	2
9,10	4	Анализ влияния ограничений на диапазоны варьируемых параметров.	4
11	4	Оптимизация однонаправленного композитного стержня с учетом возможности расслаивания.	2
12	4	Оптимизация композитного стержня варьируемой структуры.	2
13	5	Оптимальное проектирование однонаправленных волокнистых композитов. Расчет свойств монослоя. Границы предельных возможностей.	2
14,15,16	5	Оптимальное проектирование многослойных композитов. Расчет свойств многослойного пакета.	6
17,18,19	6	Возможные конструктивные решения для силовой оболочки композитного баллона давления: - бака для криогенной топливной системы самолета; - сбрасываемого топливного бака вертолета; - корпуса РДТТ; - баллона для хранения сжатого газа.	6
20	6	Проектирование цилиндрической части силовой оболочки и днища баллона давления.	2
21,22,23	6	Проектирование элементов конструкций авиационной и ракетно-космической техники (в зависимости от выбранной темы курсового проекта).	6
24	6	Проектирование соединений конструкций из композиционных материалов.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Критерии совершенства конструкции (удельная прочность, удельная жесткость, масса изделия)	2
2	1	Жизненный цикл технической системы (этапы создания). План создания изделия (план выполнения курсового проекта).	2
3	2	Первое знакомство с литературными источниками по курсу "Композиционные материалы" (монографии, учебники, периодические издания) в профессорском зале научной библиотеки.	2
4	3	Расчетная схема, учитывающая межслойную податливость тонкостенных конструкций из КМ. Влияние межслойного сдвига на напряженно-деформированное состояние, устойчивость и колебания стержней, пластин и оболочек.	2
5,6	4	Влияние формы поперечного сечения стержня на его оптимальные параметры.	4
7,8	5	Оптимальное проектирование свойств композитных материалов в зависимости от функционального назначения проектируемой конструкции.	4
9	6	Критерии качества подкрепленной оболочки из ПКМ.	2
10,11	6	Расчет и проектирование обтекателя.	4
12,13	6	Расчет и проектирование цилиндрической части баллона давления.	4
14,15	6	Расчет и проектирование днища баллона давления.	4
16,17,18	6	Расчет и проектирование переходного отсека.	6
19,20	6	Расчет и проектирование стабилизатора.	4
21,22	6	Расчет и проектирование шпангоутов.	4
23,24	6	Расчет и проектирование стержневых конструкций (ферм).	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	6	Примеры применения композиционных материалов в ракетной технике	2
2,3	6	Исследование конструктивных особенностей корпуса РДТТ.	4
4,5	6	Эволюция конструкции МСО в процессе внедрения КМ.	4
6	6	Конструкция сопряжения оболочки из КМ с металлическим шпангоутом.	2
7	6	Детальная проработка стыка с применением штифто-болтового соединения.	2
8	6	Конструкция стыка для сборки тороидальной оболочки из криволинейных цилиндров.	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение курсовой работы: Подготовка отчета (первого раздела пояснительной записки курсового проекта)	-	2
Сбор материалов по курсу (конкурс конспектов)	Основная и дополнительная литература	20
Подготовка отчета по проекту, презентации к защите курсового проекта. Защита курсового проекта (условие допуска к экзамену). Экзамен (с учетом результатов конкурса конспектов).	-	10
Подготовка к экзамену	Основная и дополнительная литература	10
Выполнение курсовой работы: Выбор темы курсового проекта (обсуждение и согласование с преподавателем, утверждение задания).	-	3
Выполнение курсовой работы: Функциональное назначение и условия эксплуатации изделия	Сбор информации - интернет	3
Подготовка презентации и выступление на конференции (условие получения зачета)	-	10
Выполнение курсовой работы: Формулировка технического задания	-	3
Выполнение курсовой работы: Сбор материалов по физико-химическим характеристикам исходных материалов с упором на функциональное назначение проектируемой конструкции	Литература по материаловедению на выставке в профессорском зале научной библиотеки, функционирует оба семестра.	10
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	9
Выполнение проектной части курсового проекта (расчеты и чертежи)	ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Государственный стандарт. Основные требования к чертежам.	25
Выполнение технологической части	1. Стандарты ЕСТД: ГОСТ 3.1001-2011	25

проекта (параметры, критерии качества, оснастка, чертежи)	Единая система технологической документации. Общие положения. ГОСТ 3.1102-2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения. ГОСТ 3.1102-81 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. ГОСТ 3.1128-93 Единая система технологической документации. Общие правила выполнения графических технологических документов. ГОСТ 3.1407-86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы.	
Выполнение курсовой работы: Сбор материалов по аналогам	Патентный обзор	10

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Ориентация содержания на лучшие отечественные аналоги образовательных программ	Лекции	Содержание курса построено с учетом опыта преподавания курса "Проектирование конструкций из КМ" в МГТУ им. Н.Э.Баумана.	10
Компьютерное моделирование и анализ реальных конструкций	Лабораторные занятия	Расчет реальных конструкций и анализ результатов (2 раздел курсового проекта)	10
Компьютерное моделирование и анализ реальных конструкций	Практические занятия и семинары	Оптимизация стержневых систем РКТ.	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах и разделах
Использование информационных ресурсов и баз данных	Поиск и изучение специальной литературы

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Проектирование ракеты-мишени (обтекатель, корпус РДТТ) (ООО Станкомаш)

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций	зачет	1-5
Все разделы	ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	экзамен	1-6
Все разделы	ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	экзамен	1-6
Все разделы	ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	курсовая работа и курсовой проект	1-6

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачет	Защита результатов курсовой работы на обязательной конференции. Студенты группы задают вопросы и выполняют роль экспертов.	Зачтено: полные и исчерпывающие ответы на все вопросы. Не зачтено: неверные ответы и беспомощность при наводящих вопросах.
экзамен	Экзамен принимается только при условии защиты курсового проекта. Студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из пяти вопросов, сформулированных таким образом, чтобы охватить изученные разделы дисциплины.	Отлично: 1. Отличная защита проекта и победа в конкурсе конспектов дает право на получение оценки "отлично". 2. Полный правильный ответ на все вопросы задания. Хорошо: при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы. Удовлетворительно: при поверхностном, неуверенном ответе на вопросы. Неудовлетворительно: неверные ответы и беспомощность при наводящих вопросах.
курсовая работа и курсовой проект	Результаты о проделанной работе над курсовым проектом студенты докладывают на конференции. Остальные студенты выступают в роли экспертов и каждому выставляют количество баллов. Преподаватель корректирует мнение экспертов.	Отлично: наивысшее количество баллов и оценку "отлично", за интересное изложение результатов работы; убедительные ответы на вопросы; актуальность работы и практическая значимость; систематичность выполнения; соответствующие требования к графической, устной и письменной форме; самостоятельность в работе.

		<p>Хорошо: достаточно интересное изложение результатов работы; неубедительные ответы на вопросы; актуальность работы и практическая значимость ее; невыполнение некоторых требований к оформлению;</p> <p>Удовлетворительно: поверхностное отношение к работе, несистематичность в работе, невыполнение требований к оформлению;</p> <p>Неудовлетворительно: при отсутствии результатов работы и презентации.</p>
--	--	---

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Почему в техническом задании не учтены климатические условия эксплуатации?. 2. Критерии выбора наполнителя. 3. Особенности режима полимеризации материала. 4. Типы матричных материалов и механизм их взаимодействия с армирующими наполнителями. 5. Чем руководствовались при выборе способа изготовления конструкции?
экзамен	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технология изготовления корпуса РДТТ из композиционных материалов. 2. Основные этапы создания конструкций из композитов. 3. Металлические композиционные материалы. 4. Гибридные композиционные материалы. 5. Контроль герметичности изделий из композиционных материалов. 6. Понятие удельной жесткости для пластины при поперечном изгибе..
курсовая работа и курсовой проект	<p>Курсовая работа составляет первую треть курсового проекта. Ее цель: 1. Сформулировать тему курсового проекта (с учетом пожеланий студента, и согласовать график его выполнения в течение двух семестров. 2. Сформулировать технические требования к проектируемой конструкции с учетом ее назначения и условий эксплуатации. 3. Осуществить интернет-поиск возможных прототипов как основы анализа возможных вариантов решения задачи проектирования. 4. Обоснование выбора функционально необходимых КМ из ряда широко используемых в авиа- и ракетостроении. Полная информация по физико-химии связующего и функциональным и механическим характеристикам наполнителя необходима для дальнейшей работы над проектной и технологической частями проекта.</p> <p>Темы курсовых проектов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Спроектировать корпус РДТТ-I ракеты-мишени с применением функционально необходимых композиционных материалов (ФНКМ). 2. Спроектировать корпус РДТТ-II ракеты мишени из ФНКМ. 3. Спроектировать торовый бак для перекиси водорода из ФНКМ. 4. Спроектировать головной обтекатель высотной зур из ФНКМ. 5. Спроектировать стабилизатор ракеты-мишени из ФНКМ. 6. Спроектировать стержневую раму ракетного двигателя из ФНКМ.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Кристенсен, Р. М. Введение в механику композитов Пер. с англ. А. И. Бейля, Н. П. Жмудя; Под ред. Ю. М. Тарнопольского. - М.: Мир, 1982. - 334 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Новости космонавтики.
2. Композиты России.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Композиционные материалы системы углерод-углерод. [электронный ресурс]. Методическое пособие к самостоятельной работе студентов. СПб.: СПГУТД. – 2006. Лысенко А.А., Грибанов А.В., Тарасенко А.А., Лысенко В.А.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Композиционные материалы системы углерод-углерод. [электронный ресурс]. Методическое пособие к самостоятельной работе студентов. СПб.: СПГУТД. – 2006. Лысенко А.А., Грибанов А.В., Тарасенко А.А., Лысенко В.А.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Термостойкие композиционные материалы и их применение в многоразовых объектах ракетно-космической техники. [Электронный ресурс] – Электрон.дан. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 55 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Андрюшкин, А.Ю. Композиционные материалы в производстве летательных аппаратов: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] / А.Ю.Андрюшкин, В.К.Иванов. – Электрон.дан. СПб.: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф.Устинова, 2010. – 136 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Дополнительная литература	Композиционные материалы системы углерод-углерод. [электронный ресурс]. Методическое пособие к самостоятельной работе студентов. СПб.: СПГУТД. – 2006. Лысенко А.А., Грибанов А.В., Тарасенко А.А., Лысенко В.А.	eLIBRARY.RU	Интернет / Свободный
4	Основная литература	Композиционные материалы в ракетно-космической технике : учебное пособие / Ю. В. Баданина, В. Д. Баскаков, А. Л. Галиновский [и др.] ; под редакцией Г. В. Малышевой. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. — 38 с. — ISBN 978-5-7038-	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

		5136-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172743 (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
5	Дополнительная литература	Носов, В. В. Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия : учебное пособие / В. В. Носов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1496-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168573 (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
6	Основная литература	Рынгач, Н. А. Проектирование и изготовление авиационных конструкций из композиционных материалов : учебное пособие / Н. А. Рынгач, К. Н. Бобин, Н. В. Курлаев. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 84 с. — ISBN 978-5-7782-4085-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152187 (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	100 (2в)	Макеты ракет и образцы элементов конструкций из композиционных материалов.
Практические занятия и семинары	246 (2)	Образцы авиационной техники.
Лекции	306	Экран, проектор и компьютер

