

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

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

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

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.Д. Вермель, д-р техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры аэрофизики и летательных аппаратов 04.03.2025

Аннотация

Дисциплина "Техника и методика автоматизированного проектирования" направлена на ознакомление студентов с методами и средствами прикладной (вычислительной) геометрии, лежащей в основе современных систем машинной графики и САПР. Основное внимание уделяется рассмотрению инженерных методов геометрического проектирования совместно с современным математическим аппаратом прикладной геометрии.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление студентов с методами и средствами прикладной (вычислительной) геометрии, лежащей в основе современных систем машинной графики и САПР. Основное внимание уделяется рассмотрению инженерных методов геометрического проектирования совместно с современным математическим аппаратом прикладной геометрии.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области прикладной геометрии, вычислительной математики и геометрического моделирования технических объектов, а также принципов автоматизации проектирования, структуры и научно-методических основ современных САПР;
- обучение основам геометрического проектирования технических объектов;
- обучение разработке численных методов прикладной геометрии при решении практических инженерных задач и построении геометрических моделей в информационных системах;
- формирование навыков использования методов прикладной геометрии в междисциплинарных исследованиях при проектировании летательной техники.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- место и роль геометрического моделирования в задачах проектирования летательной техники, других технических объектов;
- современные проблемы геометрического обеспечения научных исследований, проектирования и производства технических объектов;
- методы и средства геометрического моделирования для науки и производства, возможности и ограничения программного обеспечения прикладной геометрии реализованного в САПР;
- способы геометрического проектирования применительно к разработке объектов авиационной техники, расчетному инженерному анализу, производству, включая контроль точности изготовления в сопоставлении с исходными геометрическими моделями;
- постановку проблем взаимодействия различных дисциплин авиационной науки в задачах исследования и проектирования авиационной техники;
- взаимосвязи и фундаментальное единство авиационных дисциплин.

уметь:

- использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить совокупность методов и средств прикладной геометрии и САПР;
- использовать современные методы прикладной геометрии и САПР;
- выделять главные факторы при геометрическом моделировании технических объектов и физических явлений, а также построении информационных моделей по многомерным массивам данных.

владеть:

- проведением качественного анализа результатов построения геометрических моделей и путей, в случае необходимости, их целенаправленной улучшающей модификации;
- информацией о требованиях, предъявляемых к геометрическим моделям со стороны различных использующих дисциплин: в научных расчетах, проектировании и конструировании, машинной графике, производстве с использованием оборудования с ЧПУ;
- навыками самостоятельной работы на современном компьютерном оборудовании в комплексных САПР.

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

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

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Геометрия и ее инженерные приложения в науке и производстве.	3			6
2	Методы конструирования кривых. Интерполяционные полиномы.	3			6
3	Основные геометрические задачи для кривых. Расчет дифференциальных характеристик.	3			6
4	Анализ гладкости кривых. Методы сглаживания. Анализ гладкости кривой.	3			6
5	Методы математического описания поверхностей. Поверхности Кунса и Гордона. Параметрический бикубический сплайн.	3			6
6	Сглаживающая аппроксимация.	2			6

7	Основные геометрические задачи для поверхностей. Расчет дифференциальных и метрических характеристик.	2			6
8	Математические аспекты программирования обработки поверхностей на станках с ЧПУ.	2			6
9	Геометрическое обеспечение аддитивных технологий. По-слойное деление геометрической модели объекта.	3			4
10	Основы измерения сложных составных поверхностей на программируемых измерительных машинах.	3			4
11	Преобразование геометрических описаний (масштабирования, сдвиг, вращения, отражения, перенос).	3			4
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Геометрия и ее инженерные приложения в науке и производстве.

Геометрия и ее инженерные приложения в науке и производстве. Задачи и предмет курса. Способы представления геометрических объектов в САПР.

2. Методы конструирования кривых. Интерполяционные полиномы.

Методы конструирования кривых. Интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона, Эрмита. Параметрические сплайны, кривые Фергюссона и Безье, В-сплайны, NURBS.

3. Основные геометрические задачи для кривых. Расчет дифференциальных характеристик.

Основные геометрические задачи для кривых. Расчет дифференциальных характеристик. Динамические характеристики кривых. Эквидистанта. Пересечения кривых. Огибающая к семейству кривых. Расстояние от точки до кривой. Расстояние между кривыми. Сопряжение кривых.

4. Анализ гладкости кривых. Методы сглаживания. Анализ гладкости кривой.

Анализ гладкости кривых. Методы сглаживания. Анализ гладкости кривой, заданной таблично. Сглаживающая аппроксимация параметрических сплайнов. Отработка кривой в интерактивном режиме.

5. Методы математического описания поверхностей. Поверхности Кунса и Гордона. Параметрический бикубический сплайн.

Методы математического описания поверхностей. Поверхности Кунса и Гордона. Параметрический бикубический сплайн. Составные поверхности Фергюссона и Безье. В-сплайновая и NURBS - поверхности. Отработка и согласование каркасных кривых для построения поверхности. Условия сопряжения поверхностей

6. Сглаживающая аппроксимация.

Сглаживающая аппроксимация при табличном задании поверхности. Фасетная аппроксимация.

7. Основные геометрические задачи для поверхностей. Расчет дифференциальных и метрических характеристик.

Основные геометрические задачи для поверхностей. Расчет дифференциальных и метрических характеристик. Пересечение поверхности с различными геометрическими объектами. Преодоление сингулярностей в задаче пересечения. Эквидистантные поверхности. Сопряжения к композициям поверхностей

8. Математические аспекты программирования обработки поверхностей на станках с ЧПУ.

Математические аспекты программирования обработки поверхностей на станках с ЧПУ. Планирование траектории обработки. Построение квазиэквидистантной поверхности перемещения геометрического центра инструмента. Траектория обработки в условиях ограничений. Способы обеспечения бездефектной обработки составных поверхностей.

9. Геометрическое обеспечение аддитивных технологий. По-слойное деление геометрической модели объекта.

Геометрическое обеспечение аддитивных технологий. По-слойное деление геометрической модели объекта для заданного направления. Формирование траекторий сканирования выделенного слоя (штриховка, спираль, с контурной обводкой, по шаблону).

10. Основы измерения сложных составных поверхностей на программируемых измерительных машинах.

Основы измерения сложных составных поверхностей на программируемых измерительных машинах. Совмещение результатов замера с математической моделью измеряемого изделия. Ошибка базирования. Оценка объема измерений для выявления ошибки базирования. Разделение погрешностей изготовленной поверхности с аэродинамической профилировкой. Методика измерения поверхностей с аэродинамической профилировкой (крыло, лопасть винта, лопасть вентилятора или газотурбинного двигателя).

11. Преобразование геометрических описаний (масштабирования, сдвиг, вращения, отражения, перенос).

Преобразование геометрических описаний (масштабирования, сдвиг, вращения, отражения, перенос). Кватернионы. Обобщенная матрица преобразования. Проекции.

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

учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, ноутбуком с системой геометрического моделирования и программирования с ЧПУ ГеММа – 3D.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Сплайны в инженерной геометрии [Текст]/Ю. С. Завьялов, В. А. Леус, В. А. Скорospelов, -М., Машиностроение, 1985
2. Математические основы машинной графики [Текст]/Д. Роджерс, Дж. Адамс , -М, Мир, 2001

Дополнительная литература

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

Не используются

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

На лекционных занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций, а также применение технологий 3D-печати и обработки на оборудовании с ЧПУ.

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

Студент, изучающий курс «Прикладная геометрия и САПР», прежде всего, должен овладеть специальной методологией, основанной на практических приемах геометрического проектирования; математическим описанием геометрических объектов, использованием строящегося описания для решения прикладных задач в обеспечение научных исследований, проектирования летательных аппаратов и других технических объектов, производственных технологий с применением оборудования с ЧПУ.

В результате освоения дисциплины студент должен ориентироваться в методах геометрического проектирования, видах математического описания геометрических моделей для различных практических приложений, возможностях и ограничениях математических описаний, реализованных в САПР и пакетах прикладных программ, а также согласовании соответствующих описаний с основными дисциплинами авиационной науки для решения задач междисциплинарного проектирования авиационной техники.

Успешное освоение курса требует построения учебного процесса частично в виде диалога между преподавателем и студентами. Ответы на вопросы и совместное обсуждение сложных тем помогает усвоению материала и подходов к преодолению рассматриваемых проблем.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Техника и методика автоматизированного проектирования» обучающийся должен:

знать:

- место и роль геометрического моделирования в задачах проектирования летательной техники, других технических объектов;
- современные проблемы геометрического обеспечения научных исследований, проектирования и производства технических объектов;
- методы и средства геометрического моделирования для науки и производства, возможности и ограничения программного обеспечения прикладной геометрии реализованного в САПР;
- способы геометрического проектирования применительно к разработке объектов авиационной техники, расчетному инженерному анализу, производству, включая контроль точности изготовления в сопоставлении с исходными геометрическими моделями;
- постановку проблем взаимодействия различных дисциплин авиационной науки в задачах исследования и проектирования авиационной техники;
- взаимосвязи и фундаментальное единство авиационных дисциплин.

уметь:

- использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить совокупность методов и средств прикладной геометрии и САПР;
- использовать современные методы прикладной геометрии и САПР;
- выделять главные факторы при геометрическом моделировании технических объектов и физических явлений, а также построении информационных моделей по многомерным массивам данных.

владеть:

- проведением качественного анализа результатов построения геометрических моделей и путей, в случае необходимости, их целенаправленной улучшающей модификации;
- информацией о требованиях, предъявляемых к геометрическим моделям со стороны различных использующих дисциплин: в научных расчетах, проектировании и конструировании, машинной графике, производстве с использованием оборудования с ЧПУ;
- навыками самостоятельной работы на современном компьютерном оборудовании в комплексных САПР.

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

- 1) Параметрические описания составных поверхностей: поверхности Безье и В-сплайновые поверхности.
- 2) Характеристики поверхностей. Нормали, кривизны, изолинии.
- 3) Сглаживающая аппроксимация поверхностей.
- 4) Построение фасетных аппроксимаций для технических приложений.
- 5) Пересечения для поверхностей. Преодоление сингулярностей.
- 6) Поверхности сопряжений (“зализы”) в композициях поверхностей.
- 7) Поиск точки касания произвольной поверхности сферой, тором (при бросании из заданной точки пространства в определенном ракурсе);
- 8) Проектирование кривой на поверхность, проектирование траектории движения сферы, тора на поверхность (по точкам касания).
- 9) Метод Гошека для нахождения расстояния от точки пространства до кривой, поверхности.
- 19) Совмещение с математической моделью массивов точек: исходного задания для построения математического описания; полученных в результате замера объекта, изготовленного по математической модели.

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

- 1) Интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона, Эрмита. Сравнительный анализ. Ограничения при описании составных кривых.
- 2) Параметрические сплайны. Свойства. Повышение наглядности математического описания при реализации в САПР.
- 3) Равномерные и неравномерные рациональные В-сплайны (NURBS).
- 4) Методы оценки гладкости кривых. Сглаживающая аппроксимация.
- 5) Основные геометрические задачи для кривых.
- 6) Исходные данные для математического описания поверхностей. Согласование семейств каркасных при построении поверхности.
- 7) Методы математического описания поверхностей: поверхности 2-ого порядка, поверхности Кунса и Гордона, кинематические поверхности.
- 8) Методика оценки точности изготовления: объекта с аэродинамической профилировкой (крыло, лопасть винта), аэродинамической компоновки самолета.
- 9) Соотношения обобщенного алгоритма преобразования математической модели, масштабирование, вращение, отражение, перенос).

Критерии оценивания

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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