

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

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

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Техника и методика автоматизированного проектирования
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Авиационные технологии
	Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
	кафедра аэрофизики и летательных аппаратов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	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-слоиное деление геометрической модели объекта.

Геометрическое обеспечение аддитивных технологий. По-слоиное 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. Скороспелов, -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:** 1  
**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.