

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Системы автоматизированного проектирования

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В САПР

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.13
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов;
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,50 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лешихина И.Е.
	Идентификатор	R43d0f8a8-LeshikhinaIY-ac93cd11

(подпись)

И.Е. Лешихина

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Андреева И.Н.
	Идентификатор	Rb5322c60-AndreevaIN-0472a135

(подпись)

И.Н. Андреева

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Топорков В.В.
	Идентификатор	Rc76a6458-ToporkovVV-1f71a135

(подпись)

В.В. Топорков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучить математические и алгоритмические основы создания геометрических моделей сложных изделий, проектируемых с помощью современных систем автоматизации проектирования и технологической подготовки производства (CAD/CAM/CAE/PDM).

Задачи дисциплины

- освоение принципов построения современных САПР;
- овладение возможностями геометрических моделлеров современных САПР;
- освоение алгоритмов построения простейших двухмерных моделей;
- освоение математических и алгоритмических основ построения пространственных кривых и поверхностей;
- приобретение навыков создания твердотельных моделей средствами современных САПР.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен определять конфигурацию и технические характеристики оборудования, необходимые для установки программного продукта	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует умение устанавливать программное обеспечение для информационных и автоматизированных систем	знать: - принципы функционирования и программное обеспечение CAD/CAM/CAE систем. уметь: - выбирать состав программно-аппаратного обеспечения комплекса для установки САПР любого уровня.
ПК-3 Способен обосновывать принимаемые решения по разработке и проектированию программного и аппаратного обеспечения	ИД-1 _{ПК-3} Выполняет математическое и имитационное моделирование процессов и объектов на базе стандартных систем автоматизированного проектирования	знать: - типы моделей, создаваемые в современных САПР; - алгоритмические и математические основы геометрического моделирования. уметь: - разрабатывать собственные приложения, реализующие алгоритмы создания геометрических моделей; - разрабатывать сложные детали, используя возможности современных САПР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Системы автоматизированного проектирования (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать системы программирования
- знать основные операции векторной алгебры

- знать матричные преобразования
- знать основы аналитической геометрии
- уметь создавать программные приложения
- уметь пользоваться математическим аппаратом для решения задач геометрического моделирования

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Геометрические модели в современных САПР	6	7	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение литературы и методических материалов для выполнения лабораторной работы №1 "Знакомство с возможностями современных САПР (Creo Parametric или Inventor). Интерфейс, система команд" . <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 4 – 7 [5], 14 – 19</p>		
1.1	Геометрические модели в современных САПР	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
2	Алгоритмические основы двумерного моделирования	24		8	4	-	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Освоение методов создания и редактирования эскизов в современных САПР. Анализ этапов создания на конкретных примерах <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение литературы и методических материалов для освоения математических основ построения двухмерных моделей. Решения типовых задач на следующие темы: аффинные преобразования, алгоритмы отсечения, модели простейших двумерных примитивов. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 142-227 [5], 115-144</p>
2.1	Алгоритмические основы двумерного моделирования	24		8	4	-	-	-	-	-	-	-	12		-	
3	Построение	42		12	8	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка расчетно-графического</u>		

	двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании															задания: Изучение математических основ построения кривых в геометрическом моделировании. Разработка алгоритма построения кривой, заданной в индивидуальном задании. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение особенностей построения кривых на плоскости и в пространстве. Освоение математического аппарата для построения следующих кривых: кубических сплайнов, кривых Безье, В-сплайнов, NURBS кривых <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3.1	Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании	42	12	8	-	-	-	-	-	-	22	-				[1], 71-143 [2], 4-34 [5], 218-378 [6], 89-151 [7], 30-45
4	Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование	30	8	4	-	-	-	-	-	-	18	-				<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Разработка алгоритма для построения заданной в индивидуальном задании поверхности. Выбор средств реализации для разработанных алгоритмов. <u>Подготовка к лабораторной работе:</u>
4.1	Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование	30	8	4	-	-	-	-	-	-	18	-				Освоение возможностей современных САПР для создания различных кривых; построения твердотельных и поверхностных моделей по кинематическому принципу. Анализ заданий, предложенных для выполнения на лабораторной работе. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 145-208, 262-323 [3], 7-58 [5], 381-479 [6], 152-210 [7], 50-61
5	Плоские геометрические	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-				<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Реализация алгоритма

	проекции													проецирования разработанных ранее моделей кривых и поверхностей. Подготовка отчета по расчетно-графическому заданию <u><i>Изучение материалов литературных источников:</i></u> [5], 145-217
5.1	Математическая модель плоских геометрических проекций	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	2	-	-	0.50	-	33.50		
	Всего за семестр	144.00	32	16	-	-	2	-	-	0.50	60	33.50		
	Итого за семестр	144.00	32	16	-	2	-	-	0.50	60	93.50			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Геометрические модели в современных САПР

1.1. Геометрические модели в современных САПР

Интегрированные информационные технологии в проектировании и производстве. Основные технические средства САПР. Классификация САПР. Понятие жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Геометрическая модель и ее использование на различных этапах ЖЦИ. Классификация геометрических моделей. Геометрические модели в двумерном и трехмерном пространстве. Проволочная, каркасно-поверхностная и поверхностная модели. Параметрические модели. Типы параметрических моделей. Жестко-размерное моделирование. Гибридное моделирование. Модели конструктивной геометрии..

2. Алгоритмические основы двумерного моделирования

2.1. Алгоритмические основы двумерного моделирования

Двумерные модели. Понятие однородных координат. Аффинные преобразования на плоскости. Формы математического представления отрезков прямых, кривых. Алгебро-логические двумерные модели. Аналитические двумерные модели. Способы задания прямой в двумерном пространстве. Математические аспекты двумерного моделирования. Алгоритмы отсечения (алгоритмы Сазерленда-Коэна, Кируса-Бека). Алгоритмы пересечения двух многоугольников (Сазерленда-Ходжмена, Вейлера-Азертонна)..

3. Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании

3.1. Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании

Модель трехмерной и плоской кривой. Параметрическое представление кривой. Пространство модели и параметрическое пространство. Способы параметризации кривой. Сведения из дифференциальной геометрии кривых. Использование аппроксимации и интерполяции для создания геометрических моделей кривых. Многочлены Лагранжа и Ньютона. Аппроксимация кривых с помощью кубических сплайнов, кривых Эрмита, Безье. Составные кривые на основе кубических сплайнов, кривых Эрмита и кривых Безье. Рациональные кривые Безье. Построение конических сечений на основе рациональных кривых Безье. Создание модели окружности на основе рациональных кривых Безье. В-сплайновые кривые. Открытый и периодический В-сплайны. Понятие вектора параметризации. Составные В-сплайновые аппроксимирующие кривые третьей степени. Аппроксимация кривых с помощью В-сплайнов произвольной степени. Использование NURBS для аппроксимации кривых. Основные свойства кривых NURBS. Место геометрических моделей, использующих аппроксимацию с помощью NURBS, в современных САПР. Построение окружности на основе NURBS кривых..

4. Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование

4.1. Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование

Общие принципы конструирования поверхностей. Классификация способов построения геометрической поверхности модели. Понятие минимальной аппроксимации. Полигональная сетка. Многогранники. Способы задания трехмерных моделей, ограниченных плоскими гранями. Математическое описание плоскости, задающей грань полигональной сетки. Использование кинематического принципа при построении поверхностей. Поверхности вращения, заметающие поверхности, протянутые поверхности. Способы

построения протянутых (sweep) поверхностей и lofting поверхностей. Математические аспекты построения sweep и lofting поверхностей. Кусочное представление поверхности. Основные сведения из дифференциальной геометрии поверхностей. Понятие Гауссовой кривизны. Билинейная поверхность. Линейная поверхность Кунса. Четырехугольные поверхности. Методы построения четырехугольной поверхности на основе кривых в форме Эрмита (бикубическая поверхность Кунса), поверхность Фергюссона, поверхность Безье, В-сплайновая поверхность, NURBS поверхность. Составные поверхности Эрмита, Безье, В-сплайновые составные поверхности третьей степени. Принципы построения треугольных поверхностей. Барицентрические координаты. Билинейная треугольная поверхность. Треугольная поверхности на основе произвольных кривых. Треугольная поверхность Безье. Особенности твердотельного моделирования. Способы построения твердотельных моделей. Модель конструктивной геометрии. Булевы операции над твердым телом. Структуры данных твердотельных моделей..

5. Плоские геометрические проекции

5.1. Математическая модель плоских геометрических проекций

Центральная и параллельная проекции. Математическое описание плоских геометрических проекций..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Знакомство с возможностями современных САПР (Creo Parametric или Inventor). Интерфейс, система команд;
2. Построение эскизов (двумерных моделей в современных САПР);
3. Создание моделей кривых. Построение поверхностных моделей. Команды построения моделей по кинематическому принципу;
4. Команды твердотельного моделирования в современных САПР. Разработка деталей..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Геометрические модели в современных САПР"
2. Консультации проводятся по разделу " Алгоритмические основы двумерного моделирования"
3. Консультации проводятся по раздел "Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании"
4. Консультации проводятся по разделу "Геометрические модели трехмерных поверхностей"
5. Консультации проводятся по разделу "Плоские геометрические проекции"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
принципы функционирования и программное обеспечение CAD/CAM/CAE систем	ИД-2ПК-2	+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Знакомство с возможностями современных САПР . Интерфейс, система команд Контрольная работа/Контрольная работа№1 «Двумерные модели»
алгоритмические и математические основы геометрического моделирования	ИД-1ПК-3		+	+			Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Математические основы построения кривых и поверхностей»
типы моделей, создаваемые в современных САПР	ИД-1ПК-3	+	+	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Математические основы построения кривых и поверхностей»
Уметь:							
выбирать состав программно-аппаратного обеспечения комплекса для установки САПР любого уровня	ИД-2ПК-2		+				Контрольная работа/Контрольная работа№1 «Двумерные модели»
разрабатывать сложные детали, используя возможности современных САПР	ИД-1ПК-3		+	+	+		Расчетно-графическая работа/Защита Расчетно-графической работы "Создание моделей кривых и поверхностей"
разрабатывать собственные приложения, реализующие алгоритмы создания геометрических моделей	ИД-1ПК-3	+	+	+	+	+	Расчетно-графическая работа/Защита Расчетно-графической работы "Создание моделей кривых и поверхностей"

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита Расчетно-графической работы "Создание моделей кривых и поверхностей" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №2 «Математические основы построения кривых и поверхностей» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №1 «Двумерные модели» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита лабораторной работы «Знакомство с возможностями современных САПР . Интерфейс, система команд (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Голованов, Н. Н. Геометрическое моделирование / Н. Н. Голованов . – М. : Физматлит, 2002 . – 472 с. + CD-ROM . - ISBN 5-940520-48-0 .;
2. Лешихина, И. Е. Использование открытых и периодических В-сплайнов для построения трехмерных кривых в геометрических моделлерах САПР : учебное пособие по курсу "Геометрическое моделирование в САПР" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / И. Е. Лешихина, М. А. Пирогова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 36 с. - ISBN 978-5-383-00255-1 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1462;
3. Лешихина, И. Е. Методика разработки геометрических моделей по кинематическому принципу средствами САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric) : методические указания по курсу "Геометрическое моделирование в САПР" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / И. Е. Лешихина, М. А. Пирогова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 60 с.
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9691;

4. Роджерс, Д. Алгоритмические основы машинной графики : пер. с англ. / Д. Роджерс . – М. : Мир, 1989 . – 512 с. - ISBN 5-03-000476-9 .;
5. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики : пер. с англ. / Д. Роджерс, Дж. Адамс ; Ред. Ю. И. Топчеев . – М. : Машиностроение, 1980 . – 240 с.;
6. Шикин, Е. В. Кривые и поверхности на экране компьютера : Руководство по сплайнам для пользователя / Е. В. Шикин, А. И. Плис . – М. : Диалог-МИФИ, 1996 . – 240 с. - ISBN 5-86404-080-0 : 13.00 .;
7. Ушаков Д. М.- "Введение в математические основы САПР: курс лекций", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2011 - (208 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1311.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Компас 3D;
6. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
14. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
15. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
16. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
17. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
18. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для	Е-405, Учебная	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для

проведения лекционных занятий и текущего контроля	аудитория каф. "ВТ"	документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-408, Учебная лаборатория САПР	парта, стол, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-405, Учебная аудитория каф. "ВТ"	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-411, Лаборатория каф. "ВТ"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Геометрическое моделирование в САПР

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита лабораторной работы «Знакомство с возможностями современных САПР .
Интерфейс, система команд (Лабораторная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №1 «Двумерные модели» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №2 «Математические основы построения кривых и поверхностей»
(Контрольная работа)
- КМ-4 Защита Расчетно-графической работы "Создание моделей кривых и поверхностей"
(Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Геометрические модели в современных САПР					
1.1	Геометрические модели в современных САПР		+	+	+	+
2	Алгоритмические основы двумерного моделирования					
2.1	Алгоритмические основы двумерного моделирования			+	+	+
3	Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании					
3.1	Построение двумерных и трехмерных кривых в геометрическом моделировании				+	+
4	Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование					
4.1	Геометрические модели трехмерных поверхностей. Введение в твердотельное моделирование				+	+
5	Плоские геометрические проекции					
5.1	Математическая модель плоских геометрических проекций					+
Вес КМ, %:			10	20	30	40