

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им.П.О.Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

\_\_\_\_\_ 01.07. \_\_\_\_\_ 2021

Регистрационный № УД-27-68 /уч.

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В САПР**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств  
(по направлениям)»

направление: 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и  
производств (машиностроение и приборостроение)»

специализация: 1-53 01 01-01 02 «Автоматизация технологической  
подготовки производства»

2021 г.

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-53 01 01-2019 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)»;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» № I 53-1-02/уч. 06.02.2019; № I 53-1-11/уч. 06.02.2019; № I 53-1-04/уч. 05.02.2020

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Е.М.Акулова, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

Ю.Н. Кульбаков, заместитель главного инженера по подготовке производства ОАО «СтанкоГомель» (по согласованию)

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОЙ:**

Кафедрой «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 11 от 15.05.2021 г.);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 07.06.2021 г.); УД-ТМ-375/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 30.06.2021 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Геометрическое моделирование в САПР» для специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-53 01 01-2019 и учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

### Цель и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – теоретическое и практическое изучение вопросов геометрического моделирования машиностроительных объектов в современных системах автоматизированного проектирования, а также формирование у студентов профессиональных компетенций в области геометрического моделирования в САПР.

### Основные задачи учебной дисциплины:

- усвоение основных положений с интегрированными системами автоматизированного проектирования (CAD/CAM системами);
- приобретение практических навыков построения пространственных геометрических моделей в процессе разработки конструкторского проекта, комплекта технологической документации и формирования управляющих программ для изготовления деталей изделия.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалистов, связи с другими учебными дисциплинами

Курс «Геометрическое моделирование в САПР» является одной из специальных дисциплин, предназначенных для подготовки специалистов, способных осуществлять производственно-технологическую, проектную, научно-исследовательскую, организационно-управленческую профессиональную деятельность в рамках полученной специальности.

Курс охватывает широкий круг вопросов по методологическим основам и практическим навыкам в области разработки и применения в САПР геометрических моделей плоских и трехмерных объектов проектирования, их визуализации и работы с моделью с помощью специализированных программных средств. При изучении разделов курса широко используется материал таких дисциплин как «Высшая математика», «Компьютерная графика», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Детали машин», «Технология машиностроения» и др. Знания, полученные при изучении данной дисциплины, используются в дипломном проектировании.

### Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения учебной дисциплины «Геометрическое моделирование в САПР» студент должен:

#### **знать:**

- современное состояние и тенденции развития графических систем САПР;
- структуру и принципы функционирования интегрированных CAD/CAM систем;

- разновидности геометрических моделей, способы их построения в CAD/CAM системах и области применения;
- функции моделирования, поддерживаемые системами твердотельного моделирования;
- принципы выбора CAD/CAM систем для решения задач автоматизации технологической подготовки производством;
- методы автоматизированного проектирования и конструирования с помощью машинной графики;

**уметь:**

- осуществлять анализ и обоснованный выбор графических систем для решения задач, связанных с автоматизацией проектирования;
- использовать методы построения геометрических моделей при проведении технологической подготовке производства (ТПП);
- создавать модели деталей изделия и твердотельных сборок средствами современных CAD/CAM систем;
- на основе пространственной геометрической модели (3D-модель) формировать чертежно-конструкторскую и технологическую документацию, проектировать средства технологического оснащения и разрабатывать программы для станков с ЧПУ;

**владеть:**

- методами анализа и принятия решений по выбору геометрических моделей в технологической подготовке производства;
- навыками работы в современных интегрированных CAD/CAM системах.

При изучении дисциплины «Геометрическое моделирование в САПР» у студента формируются компетенции:

СК-13.4 – владеть методами 2D и 3D-моделирования различных форм на базе компьютерной графической системы.

Требования к иным компетенциям специалиста:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (креативность);
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- быть способным к критике и самокритике (критическое мышление);
- уметь работать в команде;
- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;
- самостоятельно принимать профессиональные решения с учетом экономических и экологических последствий, а также правил техники противопожарной безопасности;
- оценивать эффективность технических и других решений, проводить испытания и исследования систем автоматизации;

- производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту решений, создавать новые технические решения;
- использовать автоматизированную систему проектирования и современную вычислительную технику;
- создавать геометрические модели оборудования;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

Знания и умения, приобретенные в результате изучения дисциплины «Геометрическое моделирование в САПР», могут быть использованы студентами при курсовом и дипломном проектировании.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Геометрическое моделирование в САПР», в соответствии с учебными планами по специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» составляет 90 часов. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,0 зачетных единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Форма получения высшего образования: дневная

Курс	4
Семестр	7
Лекции (часов)	18
Практические занятия (часов)	–
Лабораторные занятия (часов)	34
Всего аудиторных (часов)	52
Форма текущей аттестации по учебной дисциплине	
Зачет (семестр)	7
Экзамен (семестр)	–

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## **Тема 1 Введение. Задачи и основные понятия дисциплины**

Задачи курса и суть геометрического моделирования в САПР. Понятие модели, геометрической модели и геометрического объекта. Проблемы реализации систем геометрического моделирования в САПР. История развития систем геометрического моделирования. Возникновение систем плоского и объемного моделирования. Требования к процессу геометрического моделирования в САПР.

## **Тема 2 Краткая характеристика систем автоматизированного проектирования (САПР)**

Классы САПР. Функциональность. CAD систем. Современные CAD системы и их классификация. Системы инженерного анализа (CAE). Системы технологической подготовки производства (CAPP). Системы автоматизации производства (CAM). Системы управления данными об изделии (PDM). Интегрированные пакеты управления жизненным циклом изделия.

## **Тема 3 Способы создания простых геометрических элементов**

Виды простейших геометрических элементов и основные способы их создания. Создание геометрических элементов с использованием отношений (общий и частный способы). Создание геометрических элементов с помощью преобразования. Создание элементарных кривых. Построение поверхностей.

## **Тема 4 Типы геометрических моделей**

Типы представления геометрических 3D – моделей: граничное представление, в виде дерева построений, кинематическое представление, гибридные типы. Способы представления поверхности модели. Геометрические модели хранения и визуализации. Способы описания геометрических моделей.

## **Тема 5 Классификация современных методов геометрического моделирования в САПР**

Методы геометрического моделирования твердого тела. Понятие твердого тела на языке теории множеств. Классы динамических поверхностей. Поверхности, омываемые средой. Трассируемые поверхности. Каркасно-кинематический метод построения скульптурных поверхностей. Каркасная или проволочная модель проектирования.

## **Тема 6 Системы геометрического моделирования твердого тела**

Структурная и граничная модели в системах моделирования твердого тела. Модель конструктивной геометрии трехмерного объекта – суть, математическое определение, преимущества и недостатки. Кусочно-аналитическая граничная модель. Алгоритмы преобразования модели конструктивной геометрии в кусочно-аналитическую модель. Задача получения кусочно-аналитической модели методом редукции. Четырехуровневая иерархическая структура кусочно-аналитической модели твердого тела.

## **Тема 7 Поверхностное моделирование**

Задание кривых в графических системах САПР. Метод параметризации по суммарной длине хорд. Методы аппроксимации и интерполяции кривых. Метод интерполяции Эрмита. Метод Кунса, аппроксимация рациональными кубическими функциями. Понятие сплайн-функции и аппроксимация В-сплайнами. Метод аппроксимации Безье. Метод аппроксимации Бернштейна. Операторная форма представления поверхностей. Линейчатые поверхности. Представление поверхностей с помощью В-сплайнов. Конструирование свободных поверхностей методом Безье. Расширенный метод аппроксимации поверхностей Кунса.

## **Тема 8 Параметрическое моделирование**

Табличная параметризация. Иерархическая параметризация. Вариационная (размерная) параметризация. Геометрическая параметризация. Ассоциативное конструирование. Объектно-ориентированное конструирование. Конструирование на основе использования параметрической модели комплексного представителя типовой детали.

## **Тема 9 Состав и структура графических систем САПР**

Базовые и прикладные средства графических систем. Графические системы САПР, ориентированные на чертеж. Графические системы САПР, ориентированные на объект. Задачи графических систем САПР.

Связь подсистем САПР с точки зрения обработки графической и геометрической информации. Функции графических систем САПР. Компоненты графических систем САПР. Технические средства интерактивной графической системы. Архитектура программных средств графических систем. Технические приемы организации графического взаимодействия.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Задачи и основные понятия дисциплины	2						УО, 3
2	Краткая характеристика систем автоматизированного проектирования (САПР)	2			2			УО, ЗЛР, 3
3	Способы создания простых геометрических элементов	2			4			УО, ЗЛР, 3
4	Типы геометрических моделей	2			4			УО, ЗЛР, 3
5	Классификация современных методов геометрического моделирования в САПР	2			6			УО, ЗЛР, 3
6	Системы геометрического моделирования твердого тела	2			8			УО, ЗЛР, 3
7	Поверхностное моделирование	2			4			УО, ЗЛР, 3
8	Параметрическое моделирование	2			4			УО, ЗЛР, 3
9	Состав и структура графических систем САПР	2			2			УО, 3
Итого		18			34			

Условные обозначения, принятые в учебно-методической карте: УО – устный опрос; ЗЛР – защита лабораторной работы, 3 – зачет

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Берлинер, Э.М. САПР в машиностроении: учебник для вузов/ Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – М.: Форум, 2008. – 447 с.
2. Дударева, Н.Ю. SolidWorks 2010: самоучитель. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
3. Малюх, В.Н. Введение в современные САПР: курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
4. Норенков, И.П. Основы теории и проектирования САПР: учебник для вузов – М.:Высш. шк. 1990. – 336 с.

### Дополнительная литература

1. Алямовский, А.А. SolidWorks 2007/2008: компьютерное моделирование в инженерной практике/ А.А. Алямовский [и др.]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1028 с.
2. Большаков, В.П., Бочков, А.Л. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. — СПб.: Питер, 2013. — 304с.
3. Васильев, С.А. Компьютерная графика и геометрическое моделирование в информационных системах: учебное пособие: в 2 частях/ С.А. Васильев. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015. – Ч. 2. – 82 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445059>
4. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование. Учебное пособие – М.: КУРС, ИНФРА-М, 2016. – 400 с.
5. Князьков, В. В. SolidWorks/COSMOSWorks. Компьютерное моделирование и инженерный анализ методом конечных элементов: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2010. – 216 с.
6. Князьков В.В., Фазлулин Э.М. Геометрическое моделирование в SolidWorks// Известия МГТУ «МАМИ» – № 1(19) – 2014. – т. 5. – С.170-176
7. Кольцов, А.С., Федорков, Е.Д. Геометрическое моделирование: Учеб. пособие. – Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т., 2005 – 183 с.
8. Крюков, А.Ю. Компьютерное моделирование изделий в конструкторско-технологической подготовке производства: учеб. пособие/А.Ю. Крюков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 137 с.
9. Кузьминский, Д.В., Порхунув, С.А. SolidWorks как основа для проектирования// САПР и графика. – 2011. – № 11. – С. 97-99.
10. Куприков, М.Ю., Маслов, Ю.В., Хотина, Г.К., Никишина, Л.Б. Твердотельное моделирование деталей в среде геометрического моделирования SolidWorks: Учебное пособие. – М.:МАИ-ПРИНТ, 2009. – 104 с.
11. Ли Кунву. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) – СПб.: Питер, 2004. – 560 с
12. Лисяк, В.В. Основы геометрического моделирования: учебное пособие/ В.В. Лисяк. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. – 92 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561105>
13. Максимова, А.А. Инженерное проектирование в средах САД: геометрическое моделирование средствами системы «КОМПАС-3D»/ А.А. Максимова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 238 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497289>

14. Мюррей, Д. SolidWorks. – М.: Лори, 2003. – 860 с.
15. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов/ Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана 2006. – 447 с.
16. Прерис, А.М. SolidWorks 2005/2006. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2006. – 528 с.
17. Прохоренко, В.П. SolidWorks 2005: практ. рук. – М.: Бином, 2005. – 512 с.
18. Смирнов, А.А. Трехмерное геометрическое моделирование: уч. пособие/ А.А. Смирнов – М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. – 40 с.

### **Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения**

1. Геометрическое моделирование в САПР [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 01 "Автоматизация производственных процессов и производств (по направлениям)" дневной формы обучения/ сост. Е. М. Акулова. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. - 51 с. – URI: <https://elib.gstu.by/handle/220612/23972>
2. Проектор
3. Учебная версия системы SolidWorks
4. Microsoft Office Word
5. Microsoft Office Excel
6. Microsoft Office PowerPoint

### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач в аудитории, во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя;
- самостоятельная работа в виде выполнения индивидуальных расчетных и проектных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам и заданиям;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное обучение.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики**

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий;
- проведение промежуточных контрольных заданий по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;

- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета по дисциплине.

### **Характеристика инновационных подходов, методов и технологий обучения**

Рекомендуемыми методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариантное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на лабораторных работах и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, «мозговой штурм» и другие формы и методы), реализуемые на лабораторных занятиях и конференциях;
- проектные технологии, используемые при моделировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении лабораторных работ.

### **Примерный перечень тем лабораторных работ**

1. Создание эскиза детали.
2. Построение 3D-модели простых геометрических объектов в SolidWorks.
3. Создание детали из листового материала
4. Построение непараметрического чертежа в SolidWorks. Чертеж зубчатого колеса.
5. Создание параметрического чертежа с зубчатым зацеплением в SolidWorks.
6. Создание 3D-модели вала со шлицевым соединением
7. Построение чертежей с внутренней [базой данных](#) в SolidWorks.
8. Построение 3D-моделей твердых тел сложной конфигурации различной топологии в SolidWorks.
9. Создание чертежа по 3D-модели
10. Построение сборочного чертежа в SolidWorks. Чтение и детализация 2D-чертежа в 3D-модель.
11. Построение трехмерной геометрической модели, используя методы и средства алгебры множеств в SolidWorks.
12. Выполнение прочностного анализа детали в Simulation.

## Примерный перечень контрольных вопросов по дисциплине

1. Компоненты графических систем.
2. Понятие модели, геометрической модели и геометрического объекта. Проблемы реализации систем геометрического моделирования в САПР.
3. История развития систем геометрического моделирования. Возникновение систем плоского и объемного моделирования.
4. Требования к процессу геометрического моделирования в САПР.
5. Способы создания геометрических моделей.
6. Виды простейших геометрических элементов и основные способы их создания. Создание геометрических элементов с использованием отношений (общий и частный способы). Создание геометрических элементов с помощью преобразования.
7. Создание элементарных кривых. Построение поверхностей.
8. Геометрические модели хранения и визуализации.
9. Типы геометрических моделей.
10. Типы представления геометрических 3D – моделей: граничное представление, в виде дерева построений, кинематическое представление, гибридные типы. Способы представления поверхности модели.
11. Методы геометрического моделирования твердого тела. Понятие твердого тела на языке теории множеств.
12. Классы динамических поверхностей.
13. Структурная и граничная модели в системах моделирования твердого тела. Модель конструктивной геометрии трехмерного объекта – суть, математическое определение, преимущества и недостатки.
14. Кусочно-аналитическая граничная модель. Алгоритмы преобразования модели конструктивной геометрии в кусочно-аналитическую модель. Задача получения кусочно-аналитической модели методом редукции.
15. Поверхностное моделирование.
16. Задачи аппроксимации, интерполяции и сглаживания при решении задач машинного представления поверхностей.
17. Задание кривых в графических системах САПР. Метод параметризации по суммарной длине хорд, соединяющих узлы определения данных.
18. Методы аппроксимации и интерполяции кривых. Метод интерполяции Эрмита.
19. Метод Кунса, аппроксимация рациональными кубическими функциями.
20. Понятие сплайн-функции и аппроксимация B-сплайнами. Метод аппроксимации Безье. Метод аппроксимации Бернштейна.
21. Операторная форма представления поверхностей. Линейчатые поверхности. Представление поверхностей с помощью B-сплайнов.
22. Конструирование свободных поверхностей методом Безье. Расширенный метод аппроксимации поверхностей Кунса.
23. Состав и структура графических систем САПР. Базовые и прикладные средства графических систем. Графические системы САПР, ориентированные на чертеж.
24. Графические системы САПР, ориентированные на объект. Задачи графических систем САПР.

25. Связь подсистем САПР с точки зрения обработки графической и геометрической информации.

26. Функции графических систем САПР. Компоненты графических систем САПР.

27. Технические средства интерактивной графической системы. Архитектура программных средств графических систем.

28. Примеры современных графических систем.

29. Примеры систем подготовки чертежно-конструкторской документации. Примеры систем подготовки инженерной документации.

30. Примеры систем машинного конструирования. Примеры систем обработки графической и геометрической информации.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Дипломное проектирование	Технология машиностроения	Нет	

Зав. кафедрой  
«Технология машиностроения»

Д.Л. Стасенко