

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Трехгорный технологический институт–

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТТИ НИЯУ МИФИ)

**КАФЕДРА
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ТТИ НИЯУ МИФИ

_____ Т.И. Улитина

«26» _____ июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ»

Направление подготовки: 12.03.01 Приборостроение

Профиль подготовки: Информационно-измерительная техника и технологии

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Трехгорный
2024

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цели дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» – систематизация и интегрирование ранее полученных знаний по дисциплинам бакалаврской подготовки применительно к задачам проектирования мехатронных систем, формирование навыков компьютерного проектирования мехатронных систем.

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» являются углубление и практическое применение фундаментальных определений, понятий, законов высшей математики, теории автоматического управления, средств электро- и гидропневмоавтоматики для построения современных систем с мехатронным управлением; понятие проблем проектирования высокоточных интеллектуальных мехатронных модулей и систем объектов; определение и формализация задач, стоящих перед мехатроникой; составление требований к компонентам мехатронных систем; получение методических основ системного проектирования многокомпонентных интегрированных систем с учетом специфики автоматизированного производства, обоснованного выбора объекта автоматизации и мехатронизации и всестороннего учета технических, экономических и социальных аспектов; привитие навыков математического описания мехатронных систем, их анализ методами компьютерного моделирования; разработка отдельных подсистем, устройств и модулей, включая элементы конструкции, приводы, датчики информации, микропроцессорные устройства управления; разработка программного обеспечения для решения задач управления и проектирования.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Компьютерное проектирование мехатронных систем» относится к циклу профессиональных дисциплин по выбору студента (Б1.В.ДВ.3.1). Дисциплина «Компьютерное проектирование мехатронных систем» непосредственно связана с дисциплинами «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Прикладная механика (сопротивление

материалов)», «Прикладная механика (детали приборов и основы конструирования)», «Метрология, стандартизация и сертификация».

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Обще профессиональные и профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

обще профессиональные (ОПК):

- способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1);
- способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности (ОПК-4);

профессиональные (ПК):

- способен проектировать и конструировать блоки, узлы и детали приборов, определять номенклатуру и типы комплектующих изделий (ПК-3).
- способен разрабатывать структурные и функциональные схемы приборных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования (ПК-5.1).

3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- методы математического анализа и моделирования; знать фундаментальные законы и понятия естественнонаучных дисциплин; знать основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;

- технические и программные средства реализации информационных технологий; знать современное программное обеспечение; знать основные методы и средства защиты информации;
- принципы проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов; знать этапы и порядок разработки приборов;
- принципы разработки структурных и функциональных схем, принципиальных схем устройств, распределение функций между аппаратным и программным обеспечением.

уметь:

- применять методы математического анализа и моделирования для решения практических задач; уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования для проектирования и конструирования приборов и комплексов широкого назначения;
- использовать возможности вычислительной техники, программного обеспечения, средств защиты информации для решения практических задач;
- анализировать техническое задание и другую информацию, необходимую для выбора конструктивных решений, выбирать оптимальные конструктивные решения и обосновывать свой выбор; уметь использовать при проектировании и конструировании метод унификации блоков, узлов и деталей;
- разрабатывать структурную схему аппаратного обеспечения, выбирать элементную базу при проектировании электронных измерительных приборов и систем, выбирать элементную базу при проектировании цифровых измерительных приборов и систем.

владеть:

- навыками применения знаний математического анализа в инженерной практике при моделировании; владеть навыками применения знаний естественнонаучных дисциплин в инженерной практике; владеть навыками применения общеинженерных знаний в инженерной деятельности;
- навыками использования современных информационных технологий и программного обеспечения для решения задач профессиональной деятельности; владеть навыками соблюдения требований информационной

безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения;

- навыками проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов с помощью современных методов проектирования и конструирования;
- навыками расчета параметров элементов и использования средств компьютерного проектирования для разработки принципиальных схем.

3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
Профессиональный модуль		
Профессиональное воспитание	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа

<p>нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>(получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Введение в специальность", "Основы научных исследований", "Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
<ul style="list-style-type: none"> - формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20); - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21); - формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22) 	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
<ul style="list-style-type: none"> - формирование культуры информационной безопасности (B23) 	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через</p>

		изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
	УГНС 12.00.00 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии»: - формирование коммуникативных навыков в области проектирования и производства точных приборов и измерительных систем (В29) ; - формирование сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения, их понимания и прития (В30)	1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Схемотехника измерительных устройств", "Технология приборостроения", "Конструирование измерительных приборов" для формирования навыков коммуникации в профессиональной сфере проектирования и производства точных приборов и измерительных систем посредством выполнения курсовых работ/проектов с последующей защитой их результатов. 2. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Системы автоматизированного проектирования и конструирования ", "Цифровое проектирование приборов и систем", "Компьютерное проектирование мехатронных систем" для формирования сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения посредством выполнения индивидуальных и групповых заданий, связанных с вовлечением передовых цифровых технологий.

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа			
Семестр 5									
1	Раздел 1	1-4	8	-	8	8	ТК1 – 2	КР1 – 4	10
2	Раздел 2	5-9	10	-	10	10	ТК2 – 6	КР2 – 8	15
3	Раздел 3	10-13	8	-	8	8	ТК3 – 11	КР3 – 12	10
4	Раздел 4	14-18	10	-	10	10	ТК4 – 15	КР4 – 18	15
Итого			36	-	36	36			50

Экзамен	36		50
Итого за семестр			100

4.1 Содержание лекций

Раздел 1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МС

Цели и задачи курса. Место дисциплины в формировании бакалавра по мехатронным системам. Цели и задачи проектирования мехатронных систем.

Проектирование многокомпонентных мехатронных систем как творческий процесс.

Признаки и состав мехатронной системы. Особенности и проблемы проектирования МС: интеграция знаний механики и автоматического управления как особенность проектирования МС; системный подход при проектировании; два типа интеграционных подходов к проектированию МС; модели проектирования МС; преимущества и недостатки принципов проектирования *) Шрифтом полужирный курсив выделены занятия, проводимые в интерактивной форме. 8 МС; особенности интегрированного проектирования. Исходные данные и критерии качества при проектировании. Требования к качеству проектирования, нормативные акты и стадии проектирования: технические, экономические и социальные критерии проектирования, их взаимосвязь и основные этапы; проектная документация, ее качество, стоимостные и экономические показатели; эффективность проектирования; структура процесса проектирования; стадии проектирования, их особенности, содержание и взаимосвязь. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом.

Раздел 2 СИНТЕЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МС. ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Общие вопросы синтеза механической части МС: цель кинематического синтеза, основные и дополнительные условия синтеза; задачи и виды кинематического синтеза МУ и МС; классификационные признаки синтеза – по числу степеней свободы, по способу задания движения на входе, по величине отрезка приближения, по виду ведомого объекта, по форме задания движения

ведомого объекта, – и их математическое обеспечение. Функции отклонения: функции перемещения, выходные параметры синтеза механизмов, функции отклонения – их особенность и преимущества как методов синтеза при автоматизированном проектировании. Функциональные возможности механизмов МС: рекомендации по выбору структурной схемы; критерии оценки функциональных возможностей механизма; методы исследования функциональных возможностей механизмов, особенности и области применимости аналитического, геометрического, эвристического и статистического методов исследования; функциональные возможности механизмов на примере основных типов рычажных механизмов. Классификация методов синтеза механизмов МС: алгебраические, геометрические, оптимизационные методы. Методы интерполирования, квадратического приближения, равномерного приближения, их сравнение, математическое обеспечение. Кинематический расчет МС с несколькими степенями подвижности (промышленных роботов): особенности кинематического расчета промышленных роботов (ПР); прямая и обратная задачи кинематики, их особенности и математическое обеспечение. Определение параметров движения МС по степеням подвижности: выбор скоростей и ускорений по условиям производительности и точности, их взаимосвязь и основные критерии расчета, ограничения на скорости и ускорения степеней подвижности. Основы проектирования зубчатых механизмов и передач: основы расчета цилиндрических, конических, планетарных, дифференциальных, червячных редукторов и передач. Ременные, фрикционные, карданные, винтовые, реечные и кулачковые механизмы и передачи в мехатронике и робототехнике. Проектирование на основе общего уравнения движения: режимы движения МС; уравнение движения Лагранжа; приведение сил – способы и методы приведения сил, аналитические и графоаналитические методы; расчеты приведенных массы и момента инерции; уравнение движения механизма в форме уравнения моментов и уравнения сил. Программное движение МС: общие положения формирования функций положения; простейшие динамические критерии законов движения; структура и характеристики законов движения.

Раздел 3 ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Основные положения теории точности: составляющие погрешности МС, взаимосвязь погрешностей механической, электронной частей, приводов и системы управления. Причины появления ошибок механизмов: технологические ошибки, ошибки схемы, эксплуатационные и другие погрешности. Расчет погрешностей: дифференциальный (аналитический) метод расчета; метод преобразованного механизма; метод планов малых перемещений; оценка точности. Кинематическая погрешность манипуляционных систем: программные значения координат и кинематическая погрешность ПР; линейная и угловая кинематические погрешности робота – методы и основные этапы расчета. Пути повышения точности механических структур МС: метод компенсации, селективная сборка, активный контроль. Алгоритмическое и программное обеспечение аналитических методов анализа точностных показателей механической части МС. Постановка задачи и основные этапы проектирования: задачи проектирования независимых приводов для систем с несколькими степенями подвижности, особенности проектирования приводов при совместных движениях степеней подвижности; требования к проектированию приводов. Общие сведения по выбору электропривода и электродвигателей: исходные данные для расчета приводов, взаимосвязь кинематических и динамических параметров мехатронной системы; режимы работы приводов.

Раздел 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛЕДЯЩИХ ПРИВОДОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МС. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Проектирование пневматических, и гидравлических и электрогидравлических приводов: особенности расчета, выбор приводных элементов, динамический расчет привода, 10 математическая модель привода, синтез регуляторов и корректирующих устройств привода, построение структурной схемы, исследование спроектированного привода, методы и программное обеспечение САПР приводов. Особенности проектирования следящих приводов: структура и функциональная схема следящего привода; определение исходных данных для расчета; выбор основных элементов следящего привода; построение структурной схемы и определение динамических характеристик выбранных элементов Выбор исполнительных двигателей приводов: выбор пневматических двигателей; выбор

гидравлических двигателей – выбор гидроцилиндров, гидромоторов, насосных станций; выбор электрических двигателей – двигателей постоянного тока, переменного тока и шаговых двигателей. Алгоритмы и методики проектирования информационных систем в мехатронике: выбор и проектирование информационных устройств и систем; выбор места установки датчиков; выбор типа измерительного преобразователя; аналоговые и дискретные датчики – диапазоны работы, погрешности, особенности проектирования. Особенности проектирования систем управления МС: МС – система с цифровым компьютерным управлением; требования к компьютерному управлению движением. Алгоритмы и методики проектирования устройства управления МС. Проектирование цифровой части системы управления: выбор элементной базы цифровой управляющей системы, отвечающей поставленным требованиям; параметры цифровых элементов и их влияние на динамические и точностные показатели МС. Особенности проектирования систем контурного управления: принципы построения систем контурного управления; уравнения динамики и обратная задача кинематики и динамики при контурном управлении роботом. Проектирование систем подчиненного регулирования: принципы модульной оптимизации, основные расчетные зависимости. Погрешности регулирующей части МС. Автоматизированное проектирование и моделирование мехатронных систем: постановка задачи моделирования; задачи моделирования, требования к модели и моделированию, комплекс исследовательских задач. Моделирование МС: моделирование электромеханических, гидравлических и пневматических систем; особенности применения программного обеспечения и компьютерных программ для моделирования отдельных частей и в целом МС.

4.2 Тематический план практических работ

1. Анализ и расчет кинематических погрешностей манипуляционных систем.
2. Проектирование мехатронного модуля с вращательной кинематической парой и электрогидравлическим приводом поступательного действия.
3. Силовой (кинетостатический) расчет механизмов мехатронных и робототехнических систем.
4. Проектирование механических передач МС.
5. Проектирование систем управления приводами мехатронных и робототехнических систем.

6. Проектирование цикловой системы управления мехатронного модуля с пневматическим и электромеханическим приводами.
7. Исследование кинематики мехатронных модулей движения.
8. Исследование влияния передаточного числа редуктора на динамические свойства системы управления при обеспечении максимального быстродействия.
9. Исследование влияния передаточного числа редуктора на динамические свойства системы управления при обеспечении минимального момента при пуске и торможении.
10. Исследование электрогидравлического мехатронного модуля движения.
11. Изучение основных способов управления пневматическими приводами по скорости и положению.

4.3 Самостоятельная работа студентов

1. Конспектирование разделов лекционных занятий.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с компетентностным подходом выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 – «Приборостроение», реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях с применением мультимедийного проектора в виде мультимедиа-лекций. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением и контролем конспекта.

Практические занятия проводятся в компьютерных лабораториях, с разделением группы на подгруппы из 10 человек (для соблюдения принципа каждому студенту свое рабочее место). За 2 дня до проведения лабораторных работ студентам выдается их описание для изучения, для отсутствующих студентов

задания выкладываются на файловый сервер в методический раздел (Metodica). Перед началом работ проводится тестирование студентов для проверки их готовности к выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного тестирования.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций. Фонд оценочных средств по дисциплине включает:

- 6.1 Комплект заданий для текущего контроля успеваемости.
- 6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Колошкина, И. Е. Инженерная графика. САД : учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина, В. А. Селезнев. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 220 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10412-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/565448>
2. Инженерная и компьютерная графика : учебник и практикум для вузов / под общей редакцией Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16486-2. — URL : <https://urait.ru/bcode/561231>

7.2 Дополнительная литература

1. Теория механизмов и машин. Проектирование элементов и устройств технологических систем электронной техники : учебник для вузов / Е. Н. Ивашов, П. А. Лучников, А. С. Сигов, С. В. Степанчиков ; под редакцией А. С. Сигова. —

2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 369 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03196-6. — URL : <https://urait.ru/bcode/561261>

2. Инженерная 3D-компьютерная графика : учебник и практикум для вузов / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 596 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20464-3. — URL : <https://urait.ru/bcode/558191>

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://tti-mephi.ru/ttimephi/sveden/objects>