



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института энергетики  
и автоматизированных систем  
С.И. Лукьянов  
«26» сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**

Направление подготовки (специальность)  
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы  
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
Очная

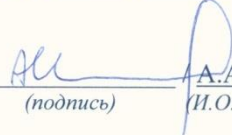
Институт  
Кафедра  
Курс  
Семестр

Энергетики и автоматизированных систем  
Автоматизированного электропривода и мехатроники  
3  
6

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного приказом МО и Н РФ от 12 марта 2015 г. № 206.


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники «21» сентября 2018 г., протокол № 4.

Зав. кафедрой  / А.А. Николаев /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена:

доцент каф. АЭПиМ, к.т.н.  
 / С.А. Линьков /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, к.т.н.

 / А.Ю. Юдин /  
(подпись) (И.О. Фамилия)





## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование мехатронных систем» является обучение будущих бакалавров знаниям существующих методов аналогового и цифрового моделирования современного электропривода, отработка навыков применения существующих программ математического моделирования работы электроприводов, приобретение практического опыта анализа работы современных электроприводов.

**Задачи дисциплины** – усвоение студентами:

- алгоритмов численных методов интегрирования линейных и нелинейных систем дифференциальных уравнений;
- принципов математического моделирования элементов электропривода;
- методов аналогового и цифрового моделирования современного электропривода.

## 2 Место дисциплины в структуре ОП подготовки бакалавра

Дисциплина «Моделирование мехатронных систем» является дисциплиной, входящей в математический и естественнонаучный цикл ОП по направлению подготовки бакалавров 15.03.06 – Мехатроника и робототехника, профиль – Мехатроника в автоматизированном производстве.

Дисциплина изучается в 6 семестре, относится к дисциплинам математического и естественнонаучного цикла, вариативная часть.

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующей дисциплины:

«Математика»: дифференциальные уравнения в операторной форме, преобразование Лапласа, интегральные уравнения.

Дисциплина «Моделирование мехатронных систем» должна давать теоретическую подготовку в ряде областей, связанных с проектированием и моделированием различных элементов систем автоматизированного электропривода. В курсе должно даваться представление о моделировании элементов электроприводов постоянного и переменного тока, больше внимания уделяться пониманию задач и допущений, положенных в основу расчетов, и инженерной оценке полученных результатов.

Знания и умения студентов, полученные при изучении дисциплины «Математическое моделирование» будут необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения:

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование мехатронных систем» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<b>ПК-1: способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники</b>
Знать	- характеристику алгоритмических и программных средств решения задач моделирования систем автоматизированного электропривода; - характеристику алгоритмических и программных средств решения задач математического моделирования систем автоматизированного

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	электропривода; - расчет и построение основных элементов, составляющих САПР (задатчик интенсивности ЗИ, устройство форсировки возбуждения УФВ и др.
Уметь	- выводить полученные результаты моделирования в виде переходных процессов или массива; - программировать составляющие САПР (задатчика интенсивности ЗИ, устройства форсировки возбуждения УФВ и др.).
Владеть	- навыками построения и моделирования структурных схем линейных систем автоматизированного электропривода в среде MatLab Simulink; - средствами программного обеспечения для программирования составляющих САПР (задатчика интенсивности ЗИ, устройства форсировки возбуждения УФВ и др.)
<b>ПК – 6: способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем</b>	
Знать	- расчет и построение структурной схемы двигателя постоянного тока при однозонном регулировании скорости; - расчет и построение структурной схемы двигателя постоянного тока при двухзонном регулировании скорости; - существующие методы аналогового и цифрового моделирования современного электропривода.
Уметь	- анализировать полученные в результате моделирования данные; - экспортировать массивы данных основных координат электропривода из программы Matlab Simulink в программу Excel.
Владеть	- навыками расчета динамики электропривода с использованием программ структурного моделирования (Matlab Simulink); - навыками обработки массивов данных основных координат электропривода при экспорте из программы Matlab Simulink в программу Excel.

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов:

контактная работа – 65,7 акад. часов:

– аудиторная – 64 акад. часов;

– внеаудиторная – 1,7 акад. часов;

– самостоятельная работа – 42,3 акад. часов.

Форма аттестации: Зачет

Раздел/тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	Лаборат. занятия				
Тема 1. Назначение, методы и принципы аналогового моделирования	5	2	2		Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	Входной контроль	ОПК-2
Тема 2. Моделирование нелинейных блоков теории автоматического регулирования (ТАУ)	5	4	4	8	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	АКР № 1 (тестирование)	ОПК-2
Тема 3. Моделирование структурных схем на ЭВМ в среде MatLab Simulink	5	8	10/ЗИ <sup>1</sup>	12	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	АКР № 2 (тестирование)	ПК-2 ОПК-2
Тема 4. Особенности программного структурного моделирования на ЭВМ	5	8	8/ЗИ <sup>1</sup>	8	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	АКР № 3 (тестирование)	ПК-2 ОПК-2

Тема 5. Моделирование основных элементов систем автоматизированного электропривода	5	6	8И <sup>1</sup>	10	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	АКР № 4 (тестирование)	ПК-2 ОПК-2
Тема 6. Перспективы развития аппаратных и программных средств ЭВМ для САПР	5	4		4,3	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	АКР № 5 (тестирование)	ПК-2 ОПК-2
Итого по дисциплине		32	32/14И <sup>1</sup>	42,3 (10 часов на подготовку к зачету)	Проработка конспекта лекций и учебного пособия [1,2] по тематике	Зачет	

*1 – Занятия проводятся в интерактивных формах (т.е. из 32 часа лабораторных занятия 14 часов проводится с использованием интерактивных методов)*

## 5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Моделирование мехатронных систем» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Моделирование мехатронных систем» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на лабораторных занятиях, при подготовке к контрольным работам (тестам) и итоговой аттестации.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### Примерные вопросы к контрольным работам:

1. Какие существуют методы моделирования САР электропривода?
2. Каковы методы и принципы аналогового моделирования?
3. Каковы методы и принципы цифрового моделирования?
4. Каковы особенности структурного метода моделирования?
5. Каковы свойства идеального операционного усилителя? Его основные характеристики.
6. Перечислите основные свойства типовых линейных звеньев систем автоматического регулирования.
7. По какому принципу реализуется нелинейное звено в программе структурного моделирования?
8. Поясните методику составления и преобразования структурных систем.
9. Для чего нужен задатчик интенсивности (ЗИ) и из каких типовых звеньев он состоит?
10. Рассчитайте параметры ЗИ для ускорения (спадания) выходного сигнала с граничным темпом 10 В/с.
11. Как реализовать программно устройство для форсировки цепи возбуждения (УФВ).
12. Каким типовым звеном можно представить электрическую цепь обмотки возбуждения двигателя постоянного тока? Как рассчитать параметры звена?
13. Нарисуйте структурную схему цепи возбуждения электрической машины постоянного тока с учетом насыщения.
14. Как реализовать кривую намагничивания двигателя постоянного тока в среде MatLab Simulink?
15. Структурная схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ с НВ) при  $k_{\Phi n} = \text{const}$ . Расчет параметров структурной схемы ДПТ с НВ, реализация в среде MatLab Simulink.
16. Как реализовать активную и реактивную статические нагрузки для ДПТ с НВ в среде структурного моделирования MatLab Simulink?
17. Структурная схема ДПТ с НВ при двухзонном регулировании скорости. Расчет параметров структурной схемы, реализация в среде MatLab Simulink.



18. Как вывести временные диаграммы требуемых координат электропривода на экран монитора в среде MatLab Simulink?
19. Каким образом в среде MatLab Simulink выбирается шаг и метод счета?

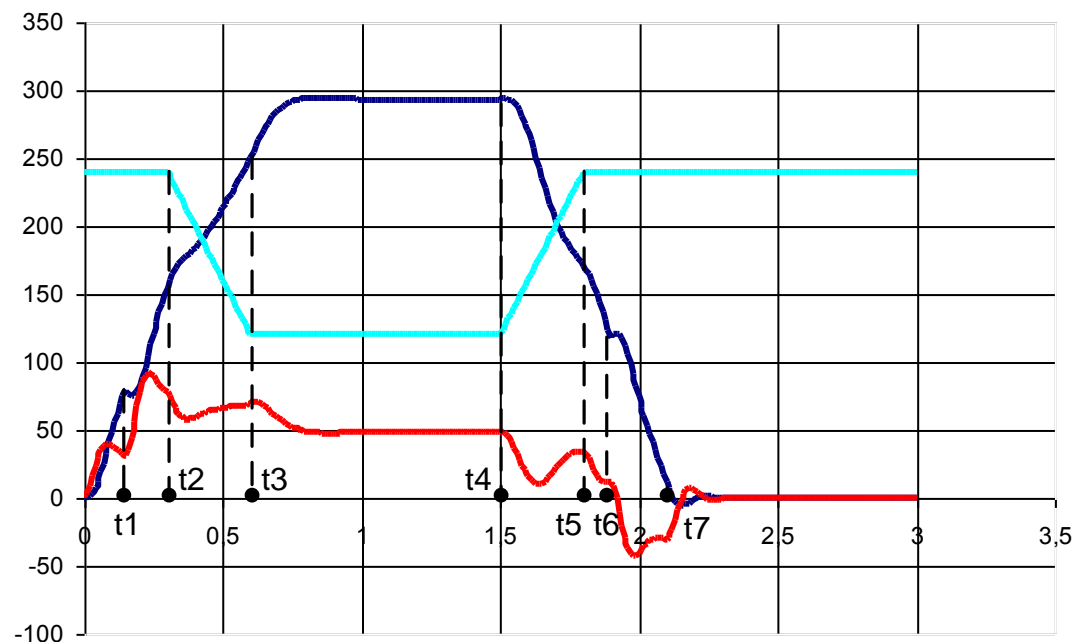
7 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-1: способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- характеристику алгоритмических и программных средств решения задач моделирования систем автоматизированного электропривода;</li> <li>- характеристику алгоритмических и программных средств решения задач математического моделирования систем автоматизированного электропривода;</li> <li>- расчет и построение основных элементов, составляющих САПР (задатчик интенсивности ЗИ, устройство форсировки возбуждения УФВ и др.</li> </ul>	<p>Примерные вопросы к защите лабораторных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие существуют методы моделирования САР электропривода?</li> <li>2. Каковы методы и принципы аналогового моделирования?</li> <li>3. Каковы методы и принципы цифрового моделирования?</li> <li>4. Каковы особенности структурного метода моделирования?</li> <li>5. Каковы свойства идеального операционного усилителя? Его основные характеристики.</li> <li>6. Перечислите основные свойства типовых линейных звеньев систем автоматического регулирования.</li> <li>7. По какому принципу реализуется нелинейное звено в программе структурного моделирования?</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выводить полученные результаты моделирования в виде переходных процессов или массива;</li> <li>- программировать составляющие САПР (задатчика интенсивности ЗИ, устройства форсировки возбуждения УФВ и др.).</li> </ul>	<p>Примеры тестового задания для контрольной работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двигатель независимого возбуждения работает в номинальном режиме. Как изменятся ток якоря <math>I_a</math>, скорость двигателя <math>\omega_{дв}</math> и электромагнитный момент двигателя <math>M_{дв}</math>, если напряжение на обмотке возбуждения <math>U_{ов}</math> увеличили в 2 раза?             <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Практически не изменятся</li> <li>б) Увеличатся в 2 раза</li> <li>в) Уменьшатся в 2 раза</li> </ol> </li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>г) <math>I_a</math> увеличится в 2 раза <math>W_{дв}</math> и <math>M_{дв}</math> не изменятся  д) <math>I_a</math> уменьшится в 2 раза <math>W_{дв}</math> и <math>M_{дв}</math> не изменятся</p> <p>2. Двигатель независимого возбуждения работает в номинальном режиме (точка А, см. рис.). Как изменятся ток якоря <math>I_a</math>, скорость двигателя <math>W_{дв}</math> и электромагнитный момент двигателя <math>M_{дв}</math>, если напряжение на обмотке возбуждения <math>U_{ов}</math> уменьшили в 2 раза?</p> <p>а) <math>I_a</math>, <math>W_{дв}</math> увеличатся, <math>M_{дв}</math> останется неизменным  б) <math>W_{дв}</math> увеличится, <math>M_{дв}</math> и <math>I_a</math> останутся неизменными  в) <math>I_a</math> уменьшится, <math>W_{дв}</math> увеличится, <math>M_{дв}</math> останется неизменным  г) <math>I_a</math>, <math>W_{дв}</math> и <math>M_{дв}</math> останутся неизменными</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками построения и моделирования структурных схем линейных систем автоматизированного электропривода в среде MatLab Simulink;</li> <li>- средствами программного обеспечения для программирования составляющих САПР (задатчика интенсивности ЗИ, устройства форсировки возбуждения УФВ и др.)</li> </ul>	<p>Пример вопроса контрольной работы:</p> <p>16) В какой момент времени произошел наброс нагрузки?  В какой момент времени произошел сброс нагрузки?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
---------------------------------	---------------------------------	--------------------



**ПК – 6: способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем**

Знать	- расчет и построение структурной схемы двигателя постоянного тока при однозонном регулировании ско-	Примерные вопросы к защите практических работ: 1. Поясните методику составления и преобразования структурных систем. 2. Для чего нужен задатчик интенсивности (ЗИ) и из каких типовых звеньев
-------	--	---

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>рости;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет и построение структурной схемы двигателя постоянного тока при двухзонном регулировании скорости;</li> <li>- существующие методы аналогового и цифрового моделирования современного электропривода.</li> </ul>	<p>он состоит?</p> <p>3. Рассчитайте параметры ЗИ для ускорения (спадания) выходного сигнала с граничным темпом 10 В/с.</p> <p>4. Как реализовать программно устройство для форсировки цепи возбуждения (УФВ).</p> <p>5. Каким типовым звеном можно представить электрическую цепь обмотки возбуждения двигателя постоянного тока? Как рассчитать параметры звена?</p> <p>6. Нарисуйте структурную схему цепи возбуждения электрической машины постоянного тока с учетом насыщения.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать полученные в результате моделирования данные;</li> <li>- экспортировать массивы данных основных координат электропривода из программы Matlab Simulink в программу Excel.</li> </ul>	<p>Пример вопроса контрольной работы:</p> <p>В каком режиме двигатель работает в момент времени <math>t_6</math>?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) Двигательный</li> <li>б) Рекуперативное торможение</li> <li>в) Динамическое торможение</li> <li>г) Противовключение</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками расчета динамики электропривода с использованием программ структурного моделирования (Matlab Simulink);</li> <li>- навыками обработки массивов данных основных координат электропривода при экспорте из программы Matlab Simulink в программу Excel.</li> </ul>	<p>Примерные вопросы к защите лабораторных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как реализовать кривую намагничивания двигателя постоянного тока в среде MatLab Simulink?</li> <li>2. Структурная схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ с НВ) при <math>k_{\Phi n} = \text{const}</math>. Расчет параметров структурной схемы ДПТ с НВ, реализация в среде MatLab Simulink.</li> <li>3. Как реализовать активную и реактивную статические нагрузки для ДПТ с НВ в среде структурного моделирования MatLab Simulink?</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Структурная схема ДПТ с НВ при двухзонном регулировании скорости. Расчет параметров структурной схемы, реализация в среде MatLab Simulink.</p> <p>5. Как вывести временные диаграммы требуемых координат электропривода на экран монитора в среде MatLab Simulink?</p> <p>6. Каким образом в среде MatLab Simulink выбирается шаг и метод счета?</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Изучение учебной дисциплины «Моделирование мехатронных систем» длится 1 семестр, завершается зачетом.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование мехатронных систем» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Показатели и критерии аттестации (зачет):

Обучающийся получает отметку «зачтено» при условии выполнения и защиты всех предусмотренных лабораторных работ на оценку не ниже «удовлетворительно».

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература

Москаленко, В. В. Электрический привод: Учебник / Москаленко В.В. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 400 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-009474-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/443646> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

Шабаршина, И. С. Математические основы теории управления: Учебник / Шабаршина И.С., Корохов В.В., Корохова Е.В. - Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2016. - 130 с.: ISBN 978-5-9275-2230-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/996371> (дата обращения: 23.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

### б) Дополнительная литература

Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1468-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5845> (дата обращения: 24.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Фролов Ю.М., Основы электрического привода. Краткий курс / Фролов Ю. М., Шелякин В. П. - М. : КолосС, 2013. - 252 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0540-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953205405.html> (дата обращения: 24.10.2020). - Режим доступа : по подписке.

### в) Методические указания:

1. Методические указания к лабораторным работам для студентов / составитель: Линьков С.А.; Магнитогорский гос. Технический ун-т им. Г. И. Носова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2018.- 107с. : ил., табл. - Текст : непосредственный. .

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Math-Works MatLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Office Visio Prof 2013(для	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional(для	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Man-	свободно	бессрочно



### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services,	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресур-	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются:

Лекционная аудитория: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории преобразовательной техники (а.027) и в компьютерном классе (а.023).

Краткое содержание учебно-методических материалов и оборудования	Наличие	Место хранения
Компьютерный класс	2 шт.	Ауд. 023,227 <sup>a</sup>
Наборы слайдов к лекциям в формате Power Point	1 шт.	Ауд.125
Мультимедийное оборудование (проектор, экран, компьютер)	3 шт.	Ауд.227,023, 123