

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета А. Е. Енин  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Математическое моделирование»

**Направление подготовки (специальность) 07.04.01 Архитектура**

**Профиль (специализация) магистерская программа «Актуальные направления теории и практики архитектуры»**

**Квалификация выпускника магистр**

**Нормативный период обучения 2 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2021**

Авторы программы

В.В. Горбунов / В.В. Горбунов /

Заведующий кафедрой  
Прикладной математики и  
механики

В.И. Ряжских / В.И. Ряжских /

Руководитель ОПОП

Т.И. Задворянская / Т.И. Задворянская /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: расширение представления магистров о математике и привитие навыков использования ее специальных разделов в области архитектурно-градостроительных исследований, освоение математических методов визуализации больших объемов информации в практической деятельности архитектора, развитие способностей к алгоритмическому мышлению и применение этих навыков при написании магистерской диссертации.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Дать ясное понимание необходимости математического образования в подготовке архитектора; изучить специальные разделы математики, используемые в математическом моделировании различных задач архитектуры; получить навыки использования этих разделов математики; применить эти навыки при написании магистерской диссертации, научить умению использовать основные понятия и методы теории графов как научному способу визуализации и обработки данных в практической деятельности архитектора.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - Способен самостоятельно представлять и защищать проектные решения в согласующих инстанциях с использованием новейших технических средств

ОПК-6 - Способен применять методики определения технических параметров проектируемых объектов, в том числе с использованием специализированных пакетов прикладных программ

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	знать математические основы автоматизации архитектурно-строительного проектирования и моделирования
	уметь выбирать оптимальные методы и средства решения архитектурных задач
	владеть методами научного обоснования архитектурных концепций и использовать их при представлении проектов
ОПК-6	знать справочные и реферативные источники,

	связанные с математическим моделированием в архитектуре и используемые при представлении проектов
	уметь использовать дополнительные исследования с использованием методов математического моделирования при проведении инженерных изысканий
	владеть пакетами специализированных программ

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
		ы 1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	90	90
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Математическое моделирование. Теория графов как способ визуализации данных.	Моделирование, виды математического моделирования. Основные понятия теории графов.	4	4	10	18
2	Матричное описание графов.	Матрицы смежности и инцидентности для неориентированных графов и орграфов	2	4	10	16
3	Расстояние в графах.	Метрика в графах. Эксцентриситет вершин. Радиус и диаметр графов. Центр графа и периферия графа.	2	4	10	16
4	Связность в графах.	Достижимость в графах. Сильная и слабая связность в орграфах. Компоненты связности. Конденсация графов.	2	4	10	16

5	Множества устойчивости и доминирования. Ядро графа.	Множества независимости в графах. Множества доминирования в графах. Ядро графа.	2	4	10	16
6	Планарность графов.	Основные теоремы планарности графов. Алгоритм укладки планарного графа на плоскости.	2	4	10	16
7	Деревья.	Основные определения. Центр дерева.	2	4	10	16
8	Взвешенные графы.	Матрица весов взвешенного графа. Минимальные пути в орграфе. Минимальные остовы графов.	2	8	20	30
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	знать математические основы автоматизации архитектурно-строительного проектирования и моделирования	Знание основных теоретических фактов (на основе тестирования или опроса)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать оптимальные методы и средства решения архитектурных задач	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе тестирования или решения стандартных задач)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами научного обоснования архитектурных концепций и использовать их при представлении проектов	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе решения стандартных задач)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-6	знать справочные и реферативные источники,	Знание основных теоретических	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

связанные с математическим моделированием в архитектуре и используемые при представлении проектов	фактов (на основе тестирования или опроса)	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
уметь использовать дополнительные исследования с использованием методов математического моделирования при проведении инженерных изысканий	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе тестирования или решения стандартных задач)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
владеть пакетами специализированных программ	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе решения стандартных задач)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать математические основы автоматизации архитектурно-строительного проектирования и моделирования	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выбирать оптимальные методы и средства решения архитектурных задач	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами научного обоснования архитектурных концепций и использовать их при представлении проектов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-6	знать справочные и реферативные источники, связанные с математическим моделированием в архитектуре и	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

используемые при представлении проектов						
уметь использовать дополнительные исследования с использованием методов математического моделирования при проведении инженерных изысканий	Решение стандартных практически задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	
владеть пакетами специализированных программ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Понятие «инцидентности» обозначает то, что

- а) ребро соединяет две вершины,
- б) существует путь, соединяющий две вершины,
- в) вершина является концевой для данного ребра,
- г) две вершины имеют общее ребро.

2. Регулярный граф, это граф

- а) в котором все вершины соединены ребрами,
- б) в котором все степени вершин одинаковы,
- в) с двумя множествами вершин, ребра которого соединяют только вершины разных множеств,
- г) в котором нет циклов.

3. В орграфе ненулевые элементы  $a_{ij}$  матрицы смежности

- а) указывают факт выхода дуги из  $i$ -той вершины,
- б) указывают факт входа дуги в  $j$ -тую вершину,
- в) появляются, если дуга вышла из  $i$ -той вершины и вошла в  $j$ -тую вершину,
- г) означает наличие пути из  $j$ -ой вершины в  $i$ -ую вершину.

4. Циклом в неориентированном графе называется

- а) маршрут, в котором ребра не повторяются,
- б) замкнутый маршрут,
- в) маршрут, в котором ребра и вершины не повторяются,
- г) замкнутая цепь.

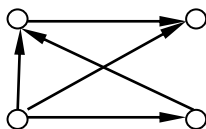
5. Эксцентриситетом вершины называется

- а) минимальное расстояние до центра графа,
- б) максимальное расстояние до вершин графа,
- в) минимальное расстояние до периферийных вершин графа,

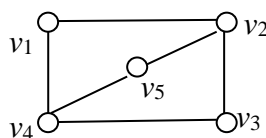
- г) максимальное расстояние до периферийных вершин графа.
- 6.** Бикомпонентой называется
- подграф орграфа, для которого соответствующий подграф неориентированного графа будет связан,
  - подграф, отделяющийся при удалении моста,
  - связный подграф неориентированного графа,
  - максимальный сильно связный подграф орграфа.
- 7.** Внутренне устойчивое множество вершин
- содержит некоторые несмежные вершины графа,
  - содержит вершины, инцидентные дугам, соединенным с остальными вершинами графа,
  - содержит несмежные вершины, инцидентные дугам, соединенным с остальными вершинами графа,
  - содержит вершины, если никакие две из них не смежны.
- 8.** Внутренней гранью планарного графа называется
- часть плоскости, ограниченная простым циклом,
  - плоский подграф, ограниченный циклом,
  - нет правильного ответа,
  - ограниченная часть плоскости, находящаяся внутри графа, ограниченная простым циклом, не содержащая внутри других циклов.
- 9.** Остовом графа  $G$  называется
- подграф, включающий все вершины графа  $G$  и содержащий самый длинный цикл,
  - подграф, содержащий все вершины графа  $G$  и являющийся деревом,
  - подграф, содержащий все ребра графа  $G$ ,
  - подграф, содержащий все вершины графа  $G$ .
- 10.** Взвешенный граф, это
- граф с циклами,
  - ациклический граф,
  - граф, в котором с вершинами или ребрами связаны некоторые числа,
  - граф, в котором вершинами окрашены в определенные цвета.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

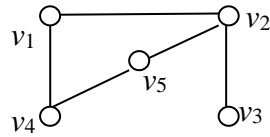
1. Найти сумму полустепеней исхода вершин орграфа



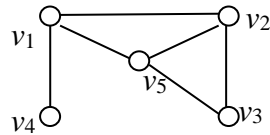
2. Построить матрицу смежности для неорграфа



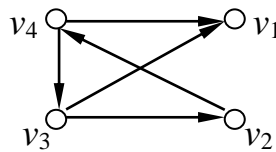
3. Указать цикл в графе (записать последовательность вершин в цикле)



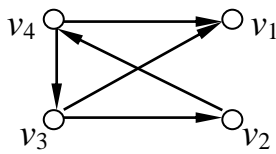
4. Найти диаметр графа



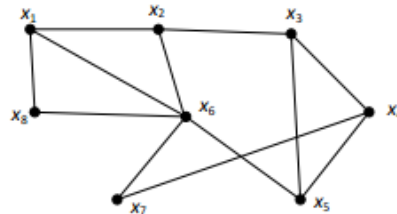
5. Построить матрицу достижимости орграфа



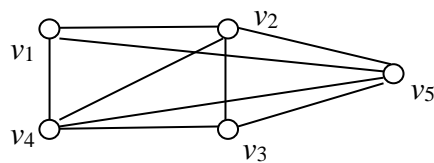
6. Найти конденсацию графа



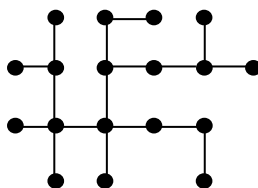
7. Указать наибольшее независимое множество вершин графа



8. Провести укладку планарного графа

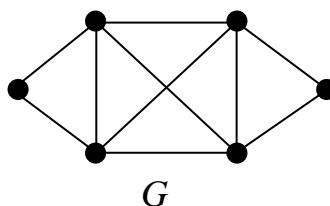


9. Найти радиус дерева



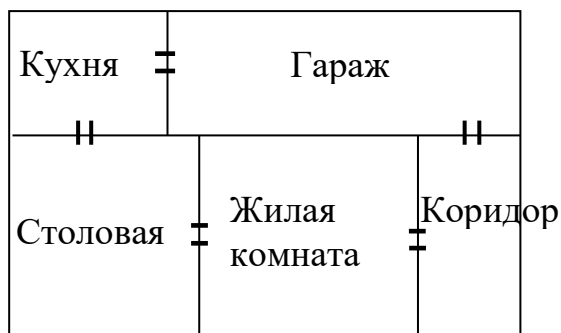


10. Построить остов графа  $G$

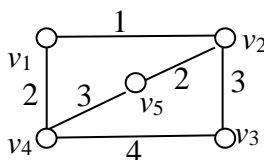


### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

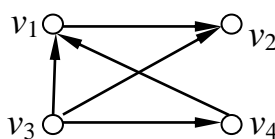
1. Представить в виде графа план одноэтажного дома на одну семью (двери указаны двумя черточками)



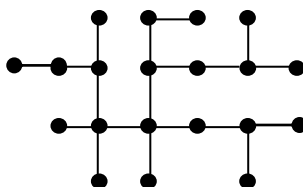
2. Построить матрицу весов для неорграфа



3. Построить матрицу достижимости графа



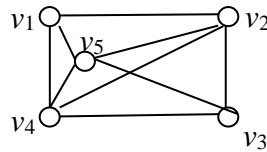
4. Найти радиус дерева



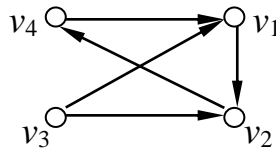
5. Решить задачу об экономичном соединении дорогами пяти городов (построить соответствующий взвешенный граф), если стоимость каждого участка между городами задана следующими весами:  $q_{12}=40$ ,  $q_{13}=30$ ,  $q_{14}=50$ ,

$q_{15}=60, q_{23}=34, q_{24}=44, q_{25}=40, q_{34}=20, q_{35}=62, q_{45}=58.$

6. Проверить планарность графа коммуникаций

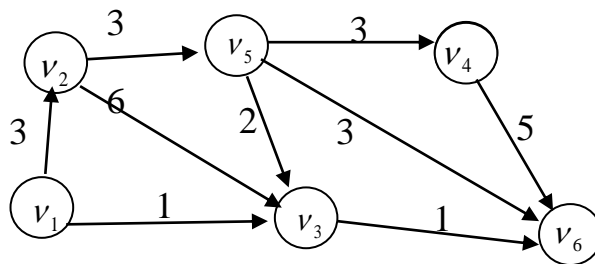


7. Найти конденсацию графа

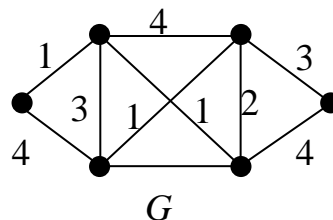


8. Построить минимальный остов в графе с пятью вершинами, если стоимость каждого ребра задана следующими весами:  $q_{12}=4, q_{13}=3, q_{14}=5, q_{15}=6, q_{23}=3, q_{24}=4, q_{25}=4, q_{34}=2, q_{35}=6, q_{45}=5.$

9. Найти кратчайший путь от вершины  $v_1$  до вершины  $v_6$



10. Построить минимальный остов взвешенного графа  $G$



### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные определения теории графов.
2. Способы задания и представления графов.
3. Операции над графами.
4. Подграфы и дополнения. Остовный подграф. Порожденный подграф.
5. Типы графов.
6. Маршруты, цепи, пути и циклы. Длина пути.
7. Достижимость и связность. Матрицы достижимостей и контрдостижимостей.

8. Сильные компоненты графа. Способ нахождения сильных компонент графа.
9. Раскраски графов. Правильная раскраска. Хроматическое число графа и хроматический индекс графа.
10. Алгоритм раскраски графа.
11. Задача распределения оборудования.
12. Матричные представления графов.
13. Деревья. Остовы. Кратчайшие остовы. Алгоритм построения остова графа.
14. Алгоритм Краскала построения кратчайшего остова графа.
15. Алгоритм Прима построения кратчайшего остова графа.
16. Независимые множества. Максимально независимые множества. Число независимости.
17. Построение всех максимально независимых множеств.
18. Плоские и планарные графы. Критерии планарности.
19. Теорема Эйлера.
20. Теорема о непланарности графа  $5K$ .
21. Теорема о непланарности графа  $3, 3K$ .
22. Алгоритм укладки графа на плоскости.
23. Эйлеровы циклы. Гамильтонов контур.
24. Метод перебора Робертса и Флореса для построения гамильтоновых путей и контуров.

#### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и две задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в билете оценивается в 2 балла, задача оценивается в 0,5. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал не более 2 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 2,5 до 3 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 3,5 до 4,5 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Математическое моделирование. Теория графов как способ визуализации данных.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
2	Матричное описание графов.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная

			работа, защита лабораторных работ, защита реферата.
3	Расстояние в графах.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
4	Связность в графах.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
5	Множества устойчивости и доминирования. Ядро графа.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
6	Планарность графов.	ОПК-2, ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Фридман И. Научные методы в архитектуре / И. Фридман; пер. с англ. А.А. Воронова. - М.: Стройиздат, 1983, - 160 с.

2. Рейзлин, В.И. Математическое моделирование: учеб. пособие для магистратуры / В.И. Рейзлин 2-е изд., пер. и доп. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 126 с.

3. Арасланов Ш.Ф. Теория графов. Лекции и практические занятия: учеб. пособие. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2013, – 87 с.

4. Собенина О.В. Дискретная математика: учеб. пособие / О.В. Собенина. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012, - 196 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
Microsoft Windows 7	Open License
Microsoft Office 2007	Open License
Adobe Reader	Свободное ПО

Профессиональные базы данных

Наименование ПБД	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>

Информационные справочные системы

Наименование ИСС	Электронный адрес ресурса
Математический справочник	<a href="http://dict.sernam.ru">dict.sernam.ru</a>

Электронный каталог научной библиотеки:

<https://cchqeu.ru/university/elektronnyy-katalog/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированное помещение для проведения лекционных занятий, оснащенное доской, учебными столами, стульями и оборудованием для демонстрации наглядного материала.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Математическое моделирование» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических

навыков функционального зонирования, анализа доступности различных зон, упрощения анализа взаимодействия выбранных элементов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	-------------------------------	--