

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ Панфилов Д.В.

« 25 » _____ 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Математическое моделирование»

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Программа Инновационное проектирование зданий и территориальных объектов

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

/Глазкова М.Ю./

Заведующий кафедрой
Прикладной математики и
механики

/Ряжских В.И./

Руководитель ОПОП

/Сотникова О.А./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины Расширение представления магистров о математике, привитие навыков использования ее специальных разделов, которые могут быть применены для принятия инновационных решений при проектировании зданий различных типов и применение этих навыков при написании магистерской диссертации и в практической деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить специальные разделы математики, используемые в математическом моделировании проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог;
- получить навыки использования этих разделов математики при решении задач математического моделирования по программе подготовки.

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-1 - Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения
	Уметь использовать теоретические факты для построения математических моделей
	Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам

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	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

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-1	Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения	Знание основных теоретических фактов (на основе тестирования или опроса)	Даны ответы на большинство теоретических вопросов в тесте и (или) опросе.	Даны ответы на менее чем половину теоретических вопросов в тесте и (или) опросе.
	Уметь использовать теоретические факты для построения	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе тестирования или	Продемонстрировано умение правильно выбирать методы решения задач	Не продемонстрировано умение выбирать методы решения задач

	математических моделей	решения стандартных задач)		
	Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе решения стандартных задач)	Решение большинства предложенных задач доведено до конца. Получены правильные ответы	Решение большинства предложенных задач не доведено до конца. Ответы на некоторые задачи ошибочны.

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

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

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения	Знание основных теоретических фактов (на основе двух вопросов экзаменационного билета)	Полный ответ на оба вопроса	Полный ответ на один из вопросов и частичный ответ на второй вопрос	Ответ на один вопрос из двух	Нет правильных ответов
	Уметь использовать теоретические факты для построения математических моделей	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе двух задач экзаменационного билета)	Правильно выбран метод решения задач	Продемонстрирован верный выбор метода решения одной задачи и частично указан ход решения второй	Продемонстрирован верный выбор метода решения только одной задачи	Неверный выбор метода решения всех задач
	Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе двух задач экзаменационного билета)	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех задач, но не получен(ы) верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения только одной задачи	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

Составляется на основе заданий из пунктов 7.2.2 и 7.2.3.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1. (Выберите один вариант ответа)

Статистическое распределение выборки имеет вид ...

x_i	2	3	7	10
n_i	4	7	5	4

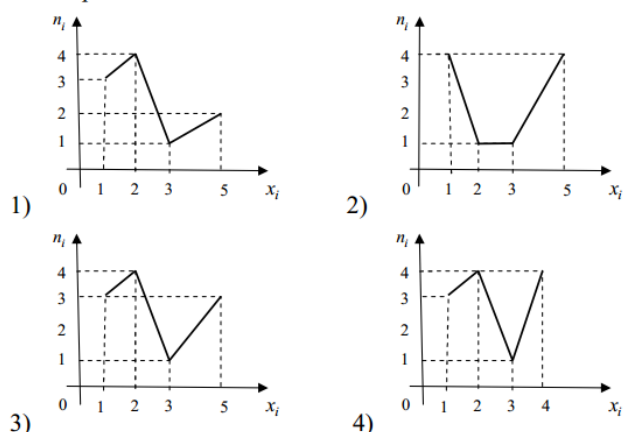
Тогда относительная частота варианты $x_1 = 2$ равна ...

Варианты ответа: 1) 4; 2) 0,4; 3) 0,2; 4) 0,1.

Задание 2. (Выберите несколько вариантов ответа)

Выборками, заданными полигонами частот, объем которых равен 10, являются...

Варианты ответа:



Задание 3. (Выберите ответы согласно тексту задания)

Установите соответствие между оценкой и её свойством:

- Точечная оценка, математическое ожидание которой не равно оцениваемому параметру.
- Статистическая оценка, которая при увеличении объема выборки ($n \rightarrow \infty$) стремится по вероятности к оцениваемому параметру.
- Точечная оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемому параметру при любом объеме выборки.
- Статистическая оценка, которая имеет наименьшую возможную дисперсию.

Варианты ответа: 1) несмещенная; 2) смещенная; 3) эффективная; 4) состоятельная.

Задание 4. (Выберите один вариант ответа)

Для выборки объемом $n = 9$ вычислена выборочная дисперсия $D_B = 72$. Тогда несмещенная и состоятельная оценка дисперсии для этой выборки равна ...

Варианты ответа: 1) 64; 2) 81; 3) 80; 4) 88.

Задание 5. (Выберите один вариант ответа)

При статистической проверке гипотез критические точки – это...

Варианты ответа:

- множество точек, образующих область принятия H_0 ;
- множество точек,

образующих область принятия H_1 ; 3) точки, разделяющие область принятия гипотезы H_0 и область отвержения H_0 ; 4) область существования H_0 .

Задание 6. (Выберите один вариант ответа)

Ошибка первого рода состоит в том, что ...

Варианты ответа:

1) гипотеза H_0 верна и ее принимают согласно критерию; 2) гипотеза H_0 верна и ее отвергают согласно критерию; 3) гипотеза H_0 не верна и ее отвергают согласно критерию; 4) гипотеза H_0 не верна и ее принимают согласно критерию.

Ошибка второго рода состоит в том, что ...

Варианты ответа:

1) гипотеза H_0 не верна, но она принимается; 2) гипотеза H_0 верна и она принимается; 3) гипотеза H_0 не верна и она отвергается; 4) гипотеза H_0 верна, но она отвергается.

Задание 7. (Выберите один вариант ответа)

Критической областью называется...

Варианты ответа:

1) множество значений критерия, где H_0 принимается или отвергается; 2) область, в которой $K_{набл} = K_{кр}$; 3) область, в которой $K_{набл} = 0$.

Задание 8. (Выберите один вариант ответа)

Если конкурирующая гипотеза имеет вид $H_1: x_1 > x_2$, то критическая область...

Варианты ответа: 1) правосторонняя; 2) левосторонняя; 3) двусторонняя; 4) любая.

Задание 9. (Выберите один вариант ответа)

Если в результате проверки статистической гипотезы о законе распределения генеральной совокупности установлено $\chi^2_{набл} > \chi^2_{кр}$, то наблюдаемое значение статистики $\chi^2_{набл}$

Варианты ответа:

1) попадает в критическую область и основная гипотеза отвергается; 2) не попадает в критическую область и основная гипотеза принимается; 3) попадает в область допустимых значений и основная гипотеза принимается; 4) не попадает в область допустимых значений и основная гипотеза принимается.

Задание 10. (Выберите один вариант ответа)

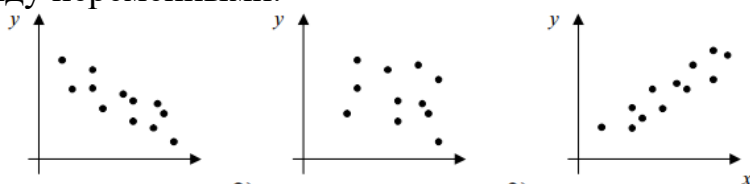
Задачей регрессионного анализа является...

Варианты ответа:

1) определение формы и изучение зависимости между переменными; 2) установление тесноты связи между факторным и результативным признаками; 3) вычисление ошибки показателя тесноты связи; 4) определение доверительного интервала для показателя тесноты связи.

Задание 11. (Выберите ответы согласно тексту задания)

Установите по виду корреляционного поля тип зависимости между переменными.



Варианты ответа:

а) зависимость между переменными отсутствует; б) обратная зависимость между переменными; с) прямая зависимость между переменными.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

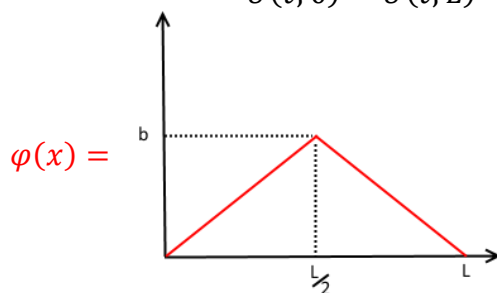
Задание 1 Решить уравнение теплопроводности методом Фурье:

$$\begin{aligned} T'_t &= a^2 T''_{xx} \\ T(0; x) &= \varphi(x) \\ T(t; 0) &= T_0 \\ T(t; L) &= T_L \\ \varphi(x) &= T_0 + \left(\frac{x}{L}\right)^2 (T_L - T_0) \end{aligned}$$

2.1	$a = 1; L = 3.5; T_0 = 0; T_L = 20.5$	2.2	$a = 2; L = 5; T_0 = 0.7; T_L = 2.5$
2.3	$a = 15; L = 2.5; T_0 = 10; T_L = 22.5$	2.4	$a = 21; L = 3; T_0 = 1; T_L = 5$
2.5	$a = 2; L = 4.5; T_0 = 12.4; T_L = 25$	2.6	$a = 11; L = 0.3; T_0 = 40; T_L = 40.5$
2.7	$a = 3; L = 5.5; T_0 = 8.2; T_L = 20$	2.8	$a = 31; L = 14; T_0 = 50; T_L = 51.5$
2.9	$a = 4; L = 6.5; T_0 = 10; T_L = 20$	2.10	$a = 1.4; L = 0.7; T_0 = 60; T_L = 60.5$
2.11	$a = 5; L = 7.5; T_0 = 0; T_L = 40.1$	2.12	$a = 1.3; L = 2.7; T_0 = 28; T_L = 29.4$
2.13	$a = 6; L = 8.5; T_0 = 20; T_L = 20.5$	2.14	$a = 1.1; L = 6.1; T_0 = 14; T_L = 15.2$
2.15	$a = 7; L = 9.5; T_0 = 30; T_L = 40$	2.16	$a = 1.7; L = 9.7; T_0 = 15; T_L = 19.4$
2.17	$a = 10; L = 5.4; T_0 = 40; T_L = 50$	2.18	$a = 2.1; L = 1.2; T_0 = 21; T_L = 27$
2.19	$a = 8; L = 3.8; T_0 = 50; T_L = 51.2$	2.20	$a = 8.1; L = 1.3; T_0 = 27; T_L = 29$

Задание 2 Решить волновое уравнение методом Фурье:

$$\begin{aligned} U''_{tt} &= a^2 U''_{xx} \\ U(0; x) &= \varphi(x) \\ U'_t(0; x) &= 0 \\ U(t; 0) &= U(t; L) = 0 \end{aligned}$$



3.1	$a = 1; L = 3.5; b = 20.5$	3.2	$a = 2; L = 5; b = 0.7$
3.3	$a = 15; L = 2.5; b = 22.5$	3.4	$a = 21; L = 3; b = 1$
3.5	$a = 2; L = 4.5; b = 12.4$	3.6	$a = 11; L = 0.3; b = 4$
3.7	$a = 3; L = 5.5; b = 8.2$	3.8	$a = 31; L = 14; b = 1.5$
3.9	$a = 4; L = 6.5; b = 10;$	3.10	$a = 1.4; L = 0.7; b = 0.5$
3.11	$a = 5; L = 7.5; b = 40.1$	3.12	$a = 1.3; L = 2.7; b = 2.4$
3.13	$a = 6; L = 8.5; b = 20$	3.14	$a = 1.1; L = 6.1; b = 5.2$
3.15	$a = 7; L = 9.5; b = 30$	3.16	$a = 1.7; L = 9.7; b = 19.4$
3.17	$a = 10; L = 5.4; b = 40$	3.18	$a = 2.1; L = 1.2; b = 27$
3.19	$a = 8; L = 3.8; b = 1.2$	3.20	$a = 8.1; L = 1.3; b = 9$

Задание 3. «Первичная обработка статистических данных».

Изучается случайная величина X – число выпавших очков при бросании игральной кости. Кость подбросили 60 раз. Требуется провести первичную обработку статистических данных:

- 1) записать вариационный ряд;
- 2) составить статистический ряд;
- 3) построить полигон частот;
- 4) найти и построить график эмпирической функции распределения;
- 5) найти характеристики выборки: выборочную среднюю, выборочную дисперсию и исправленную выборочную дисперсию, стандарт, размах выборки, моду, медиану, асимметрию и эксцесс.

5	1	5	6	6	1	2	6	6	6	3	6	4	5	1	5	2	1	6	4
5	4	2	2	4	2	6	1	1	5	6	1	6	6	4	3	5	2	3	6
4	1	5	6	3	2	3	3	5	2	5	6	2	3	5	4	1	2	5	3

Задание 4 «Выравнивание статистических рядов».

Извлечена выборка из генеральной совокупности случайной величины X .

Требуется:

- 1) построить интервальный статистический ряд, гистограмму частот;
- 2) найти точечные и интервальные оценки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения;
- 3) провести выравнивание статистического ряда.

1,4; 0,5; 0,9; 1,1; 0,7; 1,4; 1,0; 1,4; 0,8; 0,5; 1,3; 0,9; 1,1; 0,7; 1,4; 1,3; 0,8; 1,2; 1,2; 1,2; 1,0; 0,6; 1,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,74 0,8;0,7; 0,9; 0,8; 1,1; 0,6; 0,7; 1,0; 0,7; 1,1; 1,1; 0,7; 0,8; 1,3; 0,7; 1,1; 0,7; 0,9; 0,7; 1,2; 1,0; 0,7; 0,5; 0,6; 1,2; 1,4; 0,8; 1,0; 0,7; 1,4; 1,3; 0,6.

Задание 5 «Проверка гипотезы о законе распределения генеральной совокупности по критерию Пирсона».

Для разумного планирования и организации работы ремонтных мастерских специальной техники оказалось необходимым изучить длительность ремонтных операций, производимых мастерскими. Получены результаты (сгруппированные по интервалам) соответствующего статистического обследования (фиксированы длительности операций в 100 случаях):

$[x_i, x_{i+1})$	$[x_1, x_2)$	...	...	...	...	...	...
n_i	n_1	...	...	...	...	...	...

Требуется:

- 1) построить гистограмму частот;
- 2) найти числовые характеристики выборки $(\bar{x}_B, \bar{S}, \bar{A}, \bar{E})$;
- 3) по виду гистограммы и значениям числовых характеристик выдвинуть гипотезу о законе распределения случайной величины X – длительности ремонтных операций, оценить параметры теоретического закона и записать его вид;
- 4) проверить основную гипотезу о законе распределения X по критерию Пирсона (уровень значимости выбрать самостоятельно);
- 5) проверить две альтернативных гипотезы о законе.

8. Основные понятия. Принципы планирования эксперимента.
9. Выборки и их характеристики.
10. Элементы теории оценок.
11. Проверка статистических гипотез.
12. Проверка адекватности моделей.
13. Критерии оценки адекватности математической модели.
14. Оценка точности результатов моделирования.
15. Определение парной регрессии и основные задачи построения парной регрессии.
16. Линейная парная регрессия.
17. Вычисление оценок для коэффициентов линейной парной регрессии на основе метода наименьших квадратов.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 теоретических вопроса, 2 практические задачи и 10 тестовых заданий. Каждый правильный ответ на теоретический вопрос оценивается 5 баллов, практическая задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ), каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основы математического моделирования.	ОПК-1	Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен
2	Основные понятия теории статистических решений. Оценка точности и адекватности математических моделей.	ОПК-1	Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен
3	Элементы корреляционно-регрессионного анализа.	ОПК-1	Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен

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

При проведении устного экзамена с оценкой обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене с

оценкой не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Тип носителя (печ/эл)	Наименование	Автор, название, место издания издательство, год издания учебной и, учебно-методической литературы, URL (для фонда ЭБС)	Кол-во ¹ экз/точек доступа	Книгообеспеченность ²
Печ./эл.	Уч. пособие	Семёнов М.Е. Математическое моделирование физических процессов: учеб. пособие / М.Е. Семёнов, Н.Н. Некрасова; Воронеж: Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2016. – 94 с.	100/1	1
Печ./эл.	Уч. пособие	Семёнов М.Е. Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: учеб. пособие / М.Е. Семёнов, Н.Н. Некрасова, О.И. Канищева, А.И. Барсуков, М.С. Попов; Воронеж: Воронежский гос. тех. ун-т. – Воронеж, 2017. – 148 с.	100/1	1
Печ./эл.	Уч. пособие	Стенюхин Л.В. Практикум по уравнениям математической физики: учеб. пособие / Л.В. Стенюхин; Воронеж: Воронежский гос. тех. ун-т. – Воронеж, 2018. – 80 с.	100/1	1
Печ.	Учебник	Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 543 с.	100	1

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:

1. <http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к информационным ресурсам;
2. <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/main/proba.htm> – электронный учебник по дисциплине «Математические модели системного анализа».

Для работы с электронными учебниками требуется наличие таких программных средств, как Adobe Reader и WinDjView.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория с большой доской и мел и учебная аудитория для проведения занятий в интерактивной форме. Компьютерный класс для проведения тестирования.

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 использования теоретического материала. 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"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в

промежуточной аттестации	течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--------------------------	--