МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

|  |
| --- |
|  |

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

*«Б1.Д.В.Э.3.2 Стохастическая оптимизация»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*01.03.04 Прикладная математика*

(код и наименование направления подготовки)

*Математическое и компьютерное моделирование*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2024

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Раменская

« » 2024 г.

Методические указания обсуждены на заседании кафедры математических методов и моделей в экономике « 5 » февраля 2024 г. протокол № 8 .

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.П. Фот

Методические указания являются приложением к рабочей программе по дисциплине «Стохастическая оптимизация», зарегистрированной в ЦИТ под учетным номером .

**Содержание**

[Введение 4](#_Toc24545558)

[1 Методические указания по лекционным занятиям 5](#_Toc24545563)

[2 Методические указания по лабораторным занятиям 6](#_Toc24545564)

[3 Методические указания к выполнению индивидуального творческого задания 10](#_Toc24545565)

[4 Методические указания по промежуточной аттестации 11](#_Toc24545566)

### Введение

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы обучающихся по направления подготовки 01.03.04 Прикладная математика при освоении дисциплины «Стохастическая оптимизация».

Цель освоения дисциплины – формирование теоретических знаний о методах оптимизации в условиях влияния случайных факторов на результаты управления и практических навыков их применения к решению практических задач.

Задачи осовоения дисциплины:

- изучение задач стохастической оптимизации и подходов к их решению;

- освоение методов построения детерминированных аналогов задач стохастического программирования, освоение прямых методов решения задач стохастического программирования, освоение методов имитационного моделирования для анализа стохастических систем;

- приобретение навыков использования пакетов прикладных программ и разработки собственных программных средств для решения указанных задач.

Методические указания направлены на формирование следующих компетенций:

– ПК\*-1 Способен переходить от содержательной постановки проблемы к математически формализованному описанию, проводить исследования на основе построенной модели, содержательно анализировать результаты (ПК\*-1-В-2 Осуществляет формализованное описание процессов и систем в терминах стохастического моделирования, проводит на их основе количественный и качественный анализ);

– ПК\*-2 Способен осуществлять математическое и компьютерное моделирование для анализа рисков и выработки оптимальных решений в различных отраслях (ПК\*-2-В-2 Применяет современные математические и инструментальные средства для моделирования, анализа рисков и выработки решений по оптимизации социальных, экономических, производственных процессов и систем; ПК\*-2-В-3 Разрабатывает и/или применяет детерминированные и стохастические модели для анализа и выработки решений по управлению процессами и системами в различных отраслях);

– ПК\*-4 Способен использовать знания современных языков программирования, стандартных пакетов прикладных программ, информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", инструментальных средств анализа данных при решении практических задач управления информацией (ПК\*-4-В-2 Применяет знания стандартных и специализированных ППП, информационно-телекоммуникационных технологий для решения практических задач анализа данных, математического и компьютерного моделирования процессов и систем; ПК\*-4-В-3 Применяет знания стандартных ППП, информационно-телекоммуникационных технологий, сети "Интернет" для поиска, обработки и систематизации информации, оформления отчетов по результатам выполненных исследований, представления их в виде презентаций, докладов).

Дисциплина, в соответствии с учебным планом базируется на знаниях, полученных обучающимися при освоении дисциплин Б1.Д.Б.22 Математические методы и модели исследования операций, Б1.Д.Б.24 Теория вероятностей и случайных процессов

### 1 Методические указания по лекционным занятиям

В ходе изучения дисциплины необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на определения, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале, например, с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения. При необходимости можно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов.

Необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений. Целесообразно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Успешное освоение компетенций, формируемых данной учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование обучающимся времени самостоятельной работы. Для понимания материала учебной дисциплины и качественного его усвоения рекомендуется после прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня просмотреть текст лекции, отметить материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу, разобрать рассмотренные примеры, воспроизвести на листе бумаги доказательства теорем; в течение недели выбрать время для работы с литературой по учебной дисциплине.

При подготовке и изучении темы 1 рекомендуется повторить материалы курса «Математические методы и модели исследования операций»: классификацию задач исследования операций, методы их решения.

При и изучении темы 2 рекомендуется повторить материалы курса «Математические методы и модели исследования операций»: постановку задачи линейного программирования, методы решения задач нелинейного программирования, а также из курса «Теория вероятностей и случайных процессов» раздел связанный с законами распределения случайных величин и их характеристиками.

При изучении темы 3 рекомендуется повторить материалы курса «Математические методы и модели исследования операций»: численные методы решения оптимизационных задач.

При подготовке и изучении темы 4 рекомендуется повторить материалы курса «Теория вероятностей и случайных процессов»: законы распределения СВ, проверка статистических гипотез. Можно использовать сделанные ранее таблицы с информацией о законах распределения.

При изучении темы 6 студенту рекомендуется повторить диаграммы деятельности и состояний стандарта UML: назначение, компоненты. А также самостоятельно ознакомиться с примерами имитационных моделей, использую, к примеру, материалы сайта <https://www.anylogic.ru/resources/case-studies/> .

### 2 Методические указания по практическим занятиям

Практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и формировать практические умения и навыки обучающихся в процессе учебной деятельности.

Цели практических занятий по дисциплине «Стохастическая оптимизация»:

- закрепление теоретического материала;

- формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения лабораторных работ;

- развитие аналитического мышления путем обобщения результатов лабораторных работ;

- формирование навыков оформления результатов лабораторных работ в виде таблиц, рисунков, графиков, выводов.

Процесс подготовки к практическому занятию включает изучение обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу.

Непосредственное проведение практического занятия предполагает:

- изучение теоретического материала по теме;

- постановка задач стохастической оптимизации, выбор методов их решения, в том числе с использованием инструментальных средств;

- анализ и содержательная интерпретация решения поставленных задач;

- оформление отчета.

Практическое занятие включает следующие этапы:

- постановку задачи;

- ознакомление с порядком выполнения работы в пакетах прикладных программ, системах имитационного моделирования;

- математическую формализацию задачи в терминах стохастической оптимизации;

- решение задачи с использование инструментальных средств;

- подготовку письменного отчета;

- защиту лабораторной работы.

Структура отчета по лабораторной работе:

- титульный лист;

- лист задания к лабораторной работе;

- краткое изложение теоретического материала по теме лабораторной работы;

- математическая модель и результаты решения с использованием стандартных пакетов прикладных программ, систем имитационного моделирования или собственных программных средств;

- анализ полученных результатов и выводы;

- приложение (при необходимости).

**Практическое задание № 1 «Построение детерминированного эквивалента задачи стохастической линейного программирования»**

Фермер располагает N Га посевных площадей. Известна информация о характере распределения урожайности сельскохозяйственных культур, представленная в таблице. При известном прогнозе цен необходимо определить посевные площади, чтобы не превысить ожидаемый спрос с вероятностью 0,95 (0,9; 0,75).

Вариант 1 – N=360

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Урожайность, ц/га (нормальный закон распределения) | | Прогноз цены, руб./ц. | Спрос, ц. (нормальный закон распределения) | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Рожь | 14,7 | 3,2 | 111 | 5900 | 186 |
| Ячмень | 39,3 | 4,9 | 43 | 3780 | 93 |
| овес | 24,1 | 2,5 | 54 | 1990 | 7 |

Вариант 2 – N= 394

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Урожайность, ц/га (нормальный закон распределения) | | Прогноз цены, руб./ц. | Спрос, ц. (нормальный закон распределения) | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Подсолнечник | 18 | 5 | 100 | 6500 | 200 |
| Кукуруза | 50 | 6 | 40 | 4300 | 108 |
| Пшеница | 30 | 4 | 48 | 2800 | 10 |

Вариант 3 – N= 440

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Урожайность, ц/га | | Цена, руб./ц. | Спрос | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Подсолнечник | 40 | 4,2 | 113 | 6500 | 115 |
| Кукуруза | 35 | 10 | 49 | 4600 | 50 |
| Пшеница | 15 | 3 | 51 | 2200 | 9 |

Вариант 4 – N= 200

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Объем, тонн (нормальный закон распределения) | | Прогноз цены, тыс. руб./  тонн | Спрос, тонн. (нормальный закон распределения) | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Греча | 16,2 | 6,5 | 150 | 3000 | 400 |
| Картофель | 31,7 | 5,6 | 64 | 5400 | 200 |
| Свекла | 14,8 | 3,9 | 37 | 3700 | 50 |

Вариант 5 – N=440

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Урожайность, ц/га (нормальный закон распределения) | | Прогноз цены, руб./ц. | Спрос, ц. (нормальный закон распределения) | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Подсолнечник | 16,7 | 4,5 | 125 | 7000 | 200 |
| Кукуруза | 48,6 | 6,1 | 57 | 4040 | 108 |
| Пшеница | 28,9 | 3,7 | 62 | 2800 | 10 |

Вариант 6 – N= 394

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Урожайность, ц/га (нормальный закон распределения) | | Прогноз цены, руб./ц. | Спрос, ц. (нормальный закон распределения) | |
| Мат. ожидание | Средкв. отклонение | Мат. ожидание | Средкв. отклонение |
| Подсолнечник | 150 | 3 | 150 | 9752 | 158 |
| Кукуруза | 82 | 14 | 40 | 5000 | 100 |
| Пшеница | 40 | 6 | 60 | 2200 | 20 |

Необходимо:

1. составить математическую модель задачи;
2. записать детерминированный аналог задачи стохастического линейного программирования
3. найти оптимальное решение, используя MS Excel, ППП MathCAD
4. проанализировать решения при разных уровнях выполнения ограничений.

**Практическое задание № 2 «Реализация прямых методов решения задач СО»**

Задание для лабораторной работы приведено в методических указаниях:

Домашова, Д.В. Методы случайного поиска в задачах безусловной оптимизации [Электронный ресурс] : метод. указания к лаб. практикуму и самостоят. работе студентов / Д. В. Домашова, Е. Н. Седова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: Kb). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008.

**Практическое задание № 3 «Программная реализация метода Монте-Карло»**

Задание приведено в методических указаниях:

Раменская, А. В. Метод Монте-Карло и инструментальные средства его реализации : методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика / А. В. Раменская, К. В. Пивоварова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Оренбург : ОГУ, 2018. - 58 с.

**Практическое задание №4. «Моделирование систем массового обслуживания в AnyLogicPLE»**

Осуществить имитационное моделирование СМО в среде AnyLogic PLE. Варианты представлены в таблице. Предусмотреть сбор статистики об очереди. Реализовать визуализацию процесса моделирования. Сравнить результаты моделирования и сделать выводы.

Таблица – варианты СМО

|  |  |
| --- | --- |
| вариант | описание объекта |
| 1 | Работа турникетов в метро (в случае 1 и 5) |
| 2 | Кассы по продажам билетов (в случае 1 кассы и 2 касс) |
| 3 | Работа супермакерта (1 и 4 кассы) |
| 4 | Работа операторов coll-центра (в случае 1 и 3 операторов) |
| 5 | Работа парикмахерской (1 и 2 мастера) |
| 6 | Работа морского порта по разгрузке судов (в случае 1 и 3 причалов) |
| 7 | Вычислительный центр с 1 или 5 вычислительными станциями |
| 8 | Работы почтового отделения (1 или 4 окна) |

**Практическое задание № 5 «Моделирование стохастических систем в AnyLogic PLE»**

Для объекта моделирования предложить имитационную модель процесса обслуживания заявок, использую несколько единиц ресурсов. Предусмотреть возможные потери заявок из-за превышения времени ожидания.

Таблица – объекты моделирования

|  |  |
| --- | --- |
| вариант | объект |
| 1 | Офис банка |
| 2 | Отдел по заключению договоров ОСАГО и КАСКО |
| 3 | Автозаправочная станция |
| 4 | Инструментальная кладовая |
| 5 | Супермаркет |
| 6 | Склад |
| 7 | Отдел УФМС |
| 8 | Стойки регистрации в аэропорту |

Для выполнения лабораторных работ 4-5 рекомендуется использовать справочный пример «Отделения банка (СМО)» из учебного пособия AnyLogic.

### 3 Методические указания к выполнению индивидуального творческого задания

Тематика исследований выбирается студентом самостоятельно и обосновывается её актуальность. Рекомендуется связать выбранную тему с объектом производственной практики.

Варианты индивидуальных исследовательских заданий

1. Анализ эффективности инвестиционного проекта открытия нового производства методом Монте-Карло.

2. Оценка и оптимизация проекта по разработке нефтяного месторождения.

3. Имитационное моделирование банковской паники.

4. Моделирование стратегии управления запасами производственного предприятия.

5. Оценка и оптимизация работы миграционной службы как системы массового обслуживания.

6. Определение оптимального числа касс обслуживания в супермаркете.

7. Анализ и оптимизация деятельности сервисной службы.

8. Решение задачи о коммивояжере методом имитационного моделирования.

9. Моделирования работы станции технического осмотра автомобилей.

10. Моделирования работы склада готовой продукции

Структура и содержание отчета по индивидуальному творческому заданию

Отчет должен содержать:

- введение

- постановку задачи;

- основную теоретическую и практическую часть;

- заключение;

- список использованных источников;

- приложения.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ее значимость. Дается краткий обзор подходов к исследованию, формулируются цель, задачи. Указывается объект и предмет исследования, информационная база. Приводится содержание вопросов, обсуждаемых в следующих разделах. Объем введения 1-2 страницы.

Основная часть. Число разделов основной части регламентируется числом решаемых задач. Объем каждого раздела не менее 3 страниц. Каждый из разделов в конце должен содержать выводы.

Заключение должно содержать общие выводы по работе.

Список использованных источников должен быть оформлен в порядке упоминания в тексте или в алфавитном порядке. Список литературы должен содержать не менее 15 источников, включая научные статьи, монографии, авторефераты диссертаций и т.п. Не допускается использование только учебной литературы (учебников, учебных пособий, методических указаний и т.п.). Литературы на иностранном языке оформляется в конце списка в алфавитном порядке.

Приложения должны содержать исходные данные, результаты имитационных экспериментов, а также большие таблицы и рисунки (занимающие более 70% страницы в тексте).

### 4 Методические указания по промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация включает в себя устный опрос, коллоквиум, письменную контрольную работу.

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному опросу. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к устному опросу доводятся до обучающихся заранее.

Для подготовки к устному опросу обучающемуся необходимо:

- ознакомиться с материалом, посвященным теме, в учебнике или другой рекомендованной литературе, записях с лекционного занятия;

- обратить внимание на усвоение основных понятий изучаемой темы, выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения;

- составить тезисы по отдельным проблемным аспектам.

В среднем, подготовка к устному опросу по одной теме занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

Важной формой проверки и оценивания знаний обучающихся является коллоквиум.

Целью коллоквиума является формирование у студента навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы.

На коллоквиум выносятся крупные, проблемные теоретические вопросы. Целями коллоквиума являются контроль знаний обучающихся, их углубление и закрепление по той или иной теме курса; формирование у навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы.

Подготовка к коллоквиуму предполагает несколько этапов:

- на консультации преподаватель разъясняет развернутую тематику проблемы, рекомендует литературу для изучения и объясняет процедуру проведения коллоквиума;

- как правило, на самостоятельную подготовку к коллоквиуму обучающемуся отводится 2-3 недели;

- подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и конспектирование важнейших источников;

- коллоквиум проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя с каждым студентом или беседы в небольших группах (3-5 человек);

- по итогам коллоквиума выставляется дифференцированная оценка, имеющая большой удельный вес в определении текущей успеваемости студента.

Вопросы для устного опроса и самоподготовки

Тема 1. Введение в СО

1. Приведите классификацию задач и методов СО.

2. Дайте понятия критерия оптимальности, решение задачи СП, области допустимых решений.

3. Охарактеризуйте схему информационного обеспечения процесса принятия решений.

4. Что такое априорные и апостериорные решающие правила?

5. Что такое жестко-программное управление; управление в виде решающих правил; управление с обратной связью.

Тема 2. Одноэтапные задачи СП

1. Охарактеризуйте понятие строгой эквивалентности задач оптимизации.
2. Запишите постановку задач со статистическими ограничениями. Опишите подходы к решению.
3. Приведите примеры задач со статистическими ограничениями, как интерпретируются в этом случае решение?
4. Запишите постановку задачи с жесткими ограничениями. Опишите подходы к решению.
5. Приведите примеры задач с жесткими ограничениями, как интерпретируются в этом случае система ограничений?
6. Процедура построения детерминированного эквивалента задач с вероятностными ограничениями.
7. Охарактеризуйте задачи линейного стохастического программирования с вероятностными ограничениями: с детерминированной и случайной матрицей коэффициентов.

Тема 3. Прямые методы решения задач СП

1. Задачи и методы стохастической аппроксимации.
2. Виды сходимости случайных последовательностей.
3. Что такое случайные квазифейеровские последовательности?
4. Запишите алгоритм метода проектирования стохастических квазиградиентов
5. Запишите алгоритм метода сопряженных невязок.

Тема 4. Теоретические основы методов имитационного моделирования

1. Дать определение метода Монте-Карло (статистических испытаний)
2. Перечислите этапы метода Монте-Карло
3. Перечислите подходы к генерации случайных величин, имеющих произвольный закон распределения.
4. Опишите метод обратных функций.
5. В каких случаях необходимо использовать метод свертки?
6. Как получить стандартное нормальное распределение?
7. Почему в ЭВМ возможна работа только с псведослучайными числами?
8. Опишите алгоритмы получения псевдослучайных чисел в памяти компьютера.
9. Приведите примеры использования метода Монте-Карло.
10. Дать понятие модельного времени. В чем отличие модельного и реального времени?
11. Для чего используют масштаб времени? Какие существует виды масштаба модельного времени?
12. Опишите способы задания модельного времени. В каких ситуациях какой из механизмов рекомендуют использовать.

Тема 5. Имитационное моделирование дискретных стохастических систем в AnyLogic PLE

1. Охарактеризуйте возможности системы AnyLogic PLE.
2. Какие концепции имитационного моделирования поддерживаются в AnyLogic PLE?
3. Какие элементы используются для задания поведения активных объектов (агентов)?
4. Перечислите доступные библиотеки в AnyLogic PLE.
5. Из каких областей состоит окно разработки моделей в AnyLogic PLE.
6. Охарактеризуйте назначений общей библиотеки.
7. Перечислите компоненты палитра для сбора и представления статистики.
8. Опишите назначения и параметры блока sourse.
9. Какой блок используется для вывода агентов из системы?
10. Какой блок отвечает за задержку агента в определенной точки модели?
11. Дайте понятие ресурса в AnyLogic PLE. Перечислите блоки, используемые для работы с ресурсами.
12. Опишите назначения и параметры блока service.
13. Как задать ограничение на длину очереди в AnyLogic PLE?
14. Как предусмотреть уход активного объекта по таймауту?
15. Как задать модельное время в AnyLogic PLE?
16. Какие блоки используются для копирования и объединения активных объектов?
17. Какой блок отвечает за синхронизацию движения?

Примерный перечень вопросов для коллоквиума

Тема 1. Введение в СО

1. Классификация задач и методов СО. Общая постановка задачи СП.

2. Схема информационного обеспечения процесса принятия решений.

4. Жестко-программное управление, управление в виде решающих правил, управление с обратной связью.

Тема 2. Одноэтапные задачи СП

1. Постановка задачи со статистическими ограничениями. Построение детерминированного эквивалента.

2. Постановка задачи с жесткими ограничениями. Построение детерминированного эквивалента.

3. Процедура построения детерминированного эквивалента задач с вероятностными ограничениями.

4. Задачи линейного стохастического программирования с вероятностными ограничениями: с детерминированной и случайной матрицей коэффициентов.

Тема 3. Прямые методы решения задач СП

1. Численные методы решения задач СП.
2. Алгоритм метода проектирования стохастических квазиградиентов
3. Алгоритм метода сопряженных невязок.

Тема 4. Теоретические основы методов имитационного моделирования

1. Определение имитационного моделирования. Основные этапы имитационного моделирования.

2. Определение и алгоритм метода Монте-Карло.

3. Датчики случайных чисел. Методы получения псевдослучайных чисел на отрезке [0, 1].

4. Методы генерации случайных величин.

5. Понятие и виды модельного времени. Масштаб времени.

6. Охарактеризуйте, известные системы имитационного моделирования.

Тема 5. Имитационное моделирование дискретных стохастических систем в AnyLogic PLE

1. Понятие активного объекта и пешехода.

2. Охарактеризовать понятие и разновидности ресурсов.

3. Опишите объекты основной библиотеки.

4. Библиотеки AnyLogic PLE

5. Сбор статистической информации и настройка запуска модели.

Контрольная работа – письменная работа, предполагающая проверку знаний заданного к изучению материала и навыков его практического применения.

Контрольная работа проводится, как правило, по нескольким темам и включает в себя ряд задач. При выполнении домашних заданий и подготовке к контрольной работе необходимо сначала повторить теоретический материал и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется в данном случае, какой теоретический материал и математический инструментарий нужно использовать, наметить общую схему решения.

Предварительно необходимо изучить задачи «по образцу», рассмотренные на практических занятии или в учебном пособии, проанализировать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

При выполнении контрольных работ необходимо придерживаться указанных ниже правил:

- контрольная работа выполняется по вариантам и оформляется письменно в тетради или на листочке;

- перед решением каждой задачи необходимо полностью или кратко выписать ее условие;

- решение задач следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Проверка контрольной работы позволяет выявить и исправить допущенные обучающимися ошибки, указать, какие вопросы дисциплины ими недостаточно усвоены и требуют доработки. Студент должен внимательно ознакомиться с письменными замечаниями преподавателя и приступить к их исправлению, для чего еще раз повторить соответствующий материал.