

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

По дисциплине Б1.О.08 Математическое и компьютерное моделирование
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

для направления подготовки (специальности) 09.04.02 Информационные системы и технологии
код и наименование направления подготовки (специальности)

направленность программы (профиль) Информационные системы предприятий и учреждений
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки
Магистр

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Апатиты

2020

Лист согласования

1 Разработчик:

доцент
должность

УАиМ



подпись

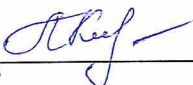
С.Н. Мальгина
И.О. Фамилия

2 Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 г., протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020

дата



подпись

Л.Д. Кириллова
И.О. Фамилия

Пояснительная записка

1. Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии, утвержденного приказом России от 19.09.2017 № 917.

2. **Цель дисциплины (модуля) «Математическое и компьютерное моделирование в научных исследованиях (по областям)»** - формирование у обучающихся целостного представления об использовании математического моделирования, реализуемого с помощью современных информационных технологий, в научных исследованиях, существующих подходах к построению математических моделей объектов исследования и инструментальных средствах компьютерной реализации моделирования..

Задачи дисциплины:

- закрепление знаний о принципах и методах математического моделирования;
- освоение методик формальной постановки задач исследования и выбора адекватных задачам типов математических моделей;
- изучение инструментальных средств компьютерного моделирования объектов исследования;
- приобретение навыков самостоятельной разработки стратегии исследования, концептуального проектирования математических моделей и программно-аппаратной среды реализации моделирования;
- освоение навыков создания компьютерных моделей в специализированных средах моделирования и проведения исследований средствами вычислительного эксперимента.

3. **Требования к уровню подготовки обучающегося** в рамках данной дисциплины.

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Математическое и компьютерное моделирование в научных исследованиях (по областям)» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО 09.04.02 Информационные системы и технологии (уровень магистратуры), представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины «Математическое и компьютерное моделирование в научных исследованиях (по областям)»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
1.	ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;
2.	ОПК-7	Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений;

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) «Математическое и компьютерное моделирование в научных исследованиях (по областям)».

Результаты формирования компетенций и обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Планируемые результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ОПК-1	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется частично	<p>ОПК-1.1 знать: математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • общие принципы математического моделирования; • типы математических моделей, их свойства и ограничения; • методологию построения и формализации концептуальных описаний объектов и задач исследования; • методы модельного представления исследуемых объектов и процессов; • проблемно-ориентированные пакеты компьютерного моделирования <p>ОПК-1.2 уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач</p> <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять постановку и формализацию задачи исследования • осуществлять выбор адекватного метода математического моделирования; • осуществлять выбор и использовать проблемно-ориентированные пакеты компьютерного моделирования <p>ОПК-1.3 иметь навыки: разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыки анализа объектов исследования и синтеза математических моделей; • навыки работы с инструментальными средами моделирования.
2.	ОПК - 7	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисци-	<p>ОПК-7.1 знать: математические алгоритмы функционирования, принципы построения, модели хранения и обработки данных</p>

	<p>плины и компетенция реализуется частично</p>	<p>распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методологию разработки математических моделей • технологию организации и проведения компьютерного (вычислительного) эксперимента; <p>ОПК-7.2 уметь: разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • создавать математические модели объекта исследования • планировать компьютерный эксперимент, разрабатывать и формировать исполнительную среду его реализации; • проводить анализ и интерпретацию результатов компьютерного моделирования; <p>ОПК-7.3 иметь навыки: построения математических моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыки разработки и программной реализации математических моделей; • навыки планирования вычислительных экспериментов в соответствии с задачами исследования; • навыки публичного представления результатов исследования.
--	---	--

Таблица 3 - Перечень практических работ

№ п/п	Наименование практических работ	Количество часов	Наименование темы по табл. 4
1	Разработка моделей с помощью универсальных языков программирования	8	2
2	Дискретно-событийное моделирование	8	2
3	Разработка системно-динамической модели	12	2
<i>Итого часов</i>		28	

Рекомендации к выполнению практических работ

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к семинару студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Занятие 1. Введение в математическое и компьютерное моделирование.

План:

1. Основные понятия теории моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Примеры математических моделей.
4. Выступление с докладами

Вопросы для групповой дискуссии:

1. В каких областях человеческой деятельности применяется моделирование?
2. Что такое модель и моделирование? Цели моделирования?
3. Когда и почему применяется моделирование?
4. Чем концептуальная модель отличается от содержательной?

5. Приведите и проанализируйте различные определения математических моделей?
6. Какие существуют типы моделирования?
7. Какие типы моделей используются в изучаемых вами дисциплинах (включая дисциплины вузовского и / или школьного курса)?
8. По каким классификационным признакам можно разделять математические модели?
9. Сформулируйте несколько вариантов содержательных постановок задач моделирования работы:
 - Продовольственного магазина;
 - Стационара больницы или поликлиники;
 - Ремонтной мастерской;
 - Участка цеха;
 - Факультета вуза или средней школы.
10. Приведите примеры математических моделей из различных областей.

Занятие 2. Введение в математическое и компьютерное моделирование

План:

1. Этапы математического моделирования.
2. Типовые математические схемы.
3. Выступление с докладами

Вопросы для групповой дискуссии

1. Какие цели преследует проверка адекватности модели?
2. Для решения каких задач может быть использована математическая модель?
3. Выполните содержательную, концептуальную и математическую постановки для математической модели, описывающей процесс нагревания и закипания чайника.
4. Разработайте математическую модель какого-либо процесса в интересующей вас области знаний, опишите особенности каждого из этапов моделирования, сравните их с этапами построения математической модели предыдущего задания.

Занятие 3-4. Моделирование с использованием имитационного подхода

План:

1. Виды имитационного моделирования
2. Проблемы разработки имитационных моделей
3. Примеры разработки имитационных моделей
4. Защита группового проекта

Задание для самостоятельной работы

Выполнение проекта

Групповой проект выполняется в малых группах в составе 3-4 студентов. Тема проекта выбирается группой из предлагаемых вариантов или по согласованию с преподавателем может быть определена самостоятельно.

Пример задания для группового проекта:

Вариант 1

Объект моделирования: Общественный транспорт города

Метод моделирования: Системная динамика.

Задача: провести все этапы разработки системно-динамической модели указанного объекта моделирования.

Замечание: выделить не менее шести факторов, влияющих на объект моделирования, на-

писать определения выделенных факторов.

Возможные объекты исследования:

- Общественный транспорт города;
- Деятельность склада;
- Финансовые потоки магазина;
- Оборот злаковых в стране;
- Популяция крупного рогатого скота;
- Деятельность ночного клуба;
- И другие.

В рамках группового проекта студенты должны продемонстрировать умение выполнять все этапы разработки имитационной модели с помощью метода системной динамики, а именно:

- постановка задачи (определение объекта исследования, цели моделирования, выделение основных факторов, влияющих на поведение объекта исследования);
- определение взаимосвязей между выделенными факторами (построение концептуальной карты и диаграммы причинно-следственных связей);
- построение структуры модели с помощью языка потоковых диаграмм;
- составление математического описания модели с помощью языка DYNAMO.

Результаты группового проекта представляются в виде публичного доклада с презентацией на семинарском занятии с последующим обсуждением.

Занятие 5-8 Разработка моделей с помощью универсальных языков программирования

План:

1. Пример разработки модели с помощью универсальных языков программирования
2. Выполнение практической работы №1.
3. Защита практической работы

Краткие рекомендации к выполнению практической работы

Практическая работа состоит из двух частей: построение алгоритма реализуемой модели и реализация его на универсальном языке программирования, представление отчета

Требования к содержанию отчета.

1. *Формулировка задания.*
2. *Описание алгоритма построенной модели.*
3. *Анализ результатов моделирования.*

К сдаче предоставляются 2 файла: файл с моделью, и отчет в виде документа Word. **Практическая работа считается сданной после ее защиты у преподавателя.** На защите преподаватель задает вопросы по модели.

Занятие 9-12 Дискретно-событийное моделирование

План:

1. Знакомство со средой Anylogic
2. Пример построения модели на основе дискретно-событийного моделирования
3. Выполнение практической работы №2.
4. Защита практической работы

Краткие рекомендации к выполнению практической работы

Практической работа состоит из двух частей: построение модели в инструментальной среде AnyLogic PLE и описание разработанной модели.

Требования к содержимому отчета.

1. *Формулировка задания.*
2. *Описание каждого элемента построенной модели.* Необходимо пояснить, почему выбран именно этот элемент (Source (источник), Sink (выход из системы), Delay (задержка), Queue (очередь), Service (обслуживание), SelectOutput (выбор пути), и т.д.).
3. *Анализ результатов моделирования.* Необходимо описать динамику объекта моделирования в зависимости от параметров.

К сдаче предоставляются 2 файла: файл с моделью, и отчет в виде документа Word. **Практической работа считается сданной после ее защиты у преподавателя.** На защите преподаватель задает вопросы по модели.

Занятие 13-18 Разработка системно-динамической модели

План:

1. Пример построения системно-динамической модели
2. Выполнение практической работы №3.
3. Защита практической работы

Краткие рекомендации к выполнению практической работы

Практической работа «Разработка системно-динамической модели» является продолжением группового проекта

Практической работа состоит из двух частей: построение модели в инструментальной среде AnyLogic и описание разработанной модели.

Модель строится на основе метода системной динамики. Объект моделирования произвольный и выбирается по желанию обучающегося, но по согласованию с преподавателем.

Этапы разработки модели системной динамики:

1. Создание структуры модели.

Модель должна содержать **не менее 20 элементов**. В качестве элементов модели выступают объекты языка системных диаграмм, т.е. уровни, потоки, переменные, константы, связи между элементами системы (не считаются за элементы, входящие в необходимое число, т.е. 20-ти).

2. Задание математического описания системы.

На данном этапе определяется каждый элемент системы, т.е. для него задается математическое соотношение. Для корректного описания необходимо соблюдать следующее правило: *В формуле, описывающей поведение элемента, должны присутствовать все связанные с ним элементы.*

Для уровней достаточно задать их начальное значение. Для констант задается значение, которое не будет меняться в ходе моделирования (симулирования). Для темпов потоков и переменных задается математическая формула с учетом выше написанного правила.

3. Представление результатов моделирования.

На данном этапе осуществляется вывод результатов моделирования в графическом и табличном виде, по усмотрению обучающегося можно использовать и другие средства представления результатов.

4. Оформление модели.

Главный принцип: обеспечить читабельность, понятность и наглядность модели. Необходимо избегать пересечения связей, наложения текста.

Требования к содержимому отчета.

1. *Краткое описание объекта моделирования.*
2. *Диаграмма причинно-следственных связей.*

3. *Концептуальная карта.*

4. *Описание каждого элемента построенной модели.* Необходимо пояснить, почему выбран именно этот элемент системной динамики. Например: Население является уровнем, т.к. отражает кол-во людей на текущий момент времени и изменяется во времени с помощью потоков Рождаемость, Смертность и Миграция.

5. *Анализ результатов моделирования.* Необходимо описать динамику объекта моделирования в зависимости от параметров. Например: как меняется динамика Населения от коэффициентов рождаемости, смертности и миграции.

К сдаче предоставляются 2 файла: файл с моделью, и отчет в виде документа Word.

Практической работа считается сданной после ее защиты у преподавателя. На защите преподаватель задает вопросы по модели.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / ред. П.В. Трусова. - Москва : Логос, 2004. - 439 с. - ISBN 5-94010-272-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84691>
2. Губина, Т.Н. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Компьютерное моделирование»: учебное пособие / Т.Н. Губина, И.Н. Тарова ; Министерство образования Российской Федерации, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. - Елец : ЕГУ им. И.А. Бунина, 2004. - 155 с. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272142>

Дополнительная литература:

3. Губарь, Ю.В. Введение в математическое моделирование / Ю.В. Губарь ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. - 153 с. : табл., схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233992>
4. Боев, В.Д. Концептуальное проектирование систем в AnyLogic и GPSS World / В.Д. Боев. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 543 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428951>
5. Галушкин, Н.Е. Высокоуровневые методы программирования: язык программирования MatLab : учебник / Н.Е. Галушкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Филиал ЮФУ в г. Новошахтинске. - Ростов : Издательство Южного федерального университета, 2011. - Ч. 1. - 182 с. : ил., табл. - ISBN 978-5-9275-0810-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241037>