

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Анализ сложных систем М2.ДВ.1

Направление подготовки: 010300.68 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Математические основы и программное обеспечение информационной безопасности и защиты информации

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Коннов И.В.

**Рецензент(ы):**

Андранинова А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Латыпов Р. Х.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Регистрационный №

Казань

2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Коннов И.В. кафедра системного анализа и информационных технологий отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Igor.Konnov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Математическое моделирование на основе равновесий является одним из основных способов исследования сложных систем. В данном курсе предусмотрено изучение основных моделей равновесия в различных сферах применения, таких как экономика и системы телекоммуникации. К ним относятся модели равновесия в условиях совершенной и несовершенной конкуренции, с различными типами использования информации, в том числе модели обмена, Эрроу-Дебре, Вальда, Курно и Бертрана. Представлены динамические модели Леонтьева и фон Неймана. Кроме того, рассматриваются модели пространственного экономического равновесия, транспортного равновесия, и модели процессов миграции населения. В качестве базовой модели равновесия в сложных системах используется вариационное неравенство. Рассматриваются элементы теории и базовые методы решения вариационных неравенств, а также их связь с другими общими задачами нелинейного анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 010300.68 Фундаментальная информатика и информационные технологии и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

"Анализ сложных систем" входит в состав профессиональных дисциплин. Читается на 1 курсе, в 1 семестре

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ПК-10<br>(профессиональные компетенции) | способность разрабатывать архитектурные и функциональные спецификации создаваемых систем и средств, а также разрабатывать абстрактные методы их тестирования  |
| ПК-6<br>(профессиональные компетенции)  | способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение |
| ПК-7<br>(профессиональные компетенции)  | способность углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности  |
| ПК-8<br>(профессиональные компетенции)  | способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач проектной и производственно-технологической деятельности   |
| ПК-9<br>(профессиональные компетенции)  | способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-процессы научно-прикладных проектов   |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические знания об основных свойствах равновесных моделей

2. должен уметь:

понимать основные подходы к построению равновесных моделей в сложных системах и их приложений

3. должен владеть:

навыками формулирования и решения наиболее простых моделей равновесия

4. должен демонстрировать способность и готовность:

ориентироваться в различных методах исследования возникающих задач в различных областях, таких как экономика и системы телекоммуникации

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                             | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Понятие равновесия для исследования сложных систем. | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 2. | Тема 2. Типы равновесий на рынке однородного товара.        | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 3. | Тема 3. Модели совершенной конкуренции.                     | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 4. | Тема 4. Игровые модели равновесия.                          | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                     | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 5.  | Тема 5. Динамические модели экономики.                              | 1       |                    | 0   | 4                       | 0                      | домашнее задание          |
| 6.  | Тема 6. Модели равновесия на основе теории двойственности.          | 1       |                    | 0   | 4                       | 0                      | домашнее задание          |
| 7.  | Тема 7. Общие модели экономического равновесия.                     | 1       |                    | 0   | 4                       | 0                      | домашнее задание          |
| 8.  | Тема 8. Модели равновесия в распределенных информационных системах. | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 9.  | Тема 9. Модели миграции населения.                                  | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 10. | Тема 10. Вариационные неравенства.                                  | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| 11. | Тема 11. Методы решения вариационных неравенств.                    | 1       |                    | 0   | 3                       | 0                      | домашнее задание          |
| .   | Тема . Итоговая форма контроля                                      | 1       |                    | 0   | 0                       | 0                      | экзамен                   |
|     | Итого   |         |                    | 0   | 36                      | 0                      |                           |

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Понятие равновесия для исследования сложных систем.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Введение. Понятие равновесия и его обобщения для исследования сложных систем.

##### Тема 2. Типы равновесий на рынке однородного товара.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Агрегированные равновесные модели взаимодействия экономических агентов. Типы равновесий на рынке однородного товара, статические и динамические модели рынка.

##### Тема 3. Модели совершенной конкуренции.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Микроэкономические модели взаимодействия экономических агентов и обмен информацией. Модель обмена. Индивидуальный спрос и равновесие. Модель Эрроу-Дебре. Процессы установления равновесных цен.

##### Тема 4. Игровые модели равновесия.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Игровые модели равновесия. Олигополистические рынки по Курно и Бертрану, стратегии поведения участников.

##### Тема 5. Динамические модели экономики.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Динамические модели экономики. Обобщенная динамическая модель Леонтьева. Модель развивающейся экономики фон Неймана.

**Тема 6. Модели равновесия на основе теории двойственности.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Модели равновесия на основе теории двойственности. Двойственность в линейном программировании. Экономическая интерпретация симплекс-метода. Обобщенные условия оптимальности. Метод декомпозиции и его применение к управлению сложными системами.

**Тема 7. Общие модели экономического равновесия.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Общие модели экономического равновесия. Модели равновесия Касселя-Вальда и Скарфа. Модели пространственного экономического равновесия.

**Тема 8. Модели равновесия в распределенных информационных системах.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Модели равновесия в распределенных информационных системах. Модели транспортного равновесия.

**Тема 9. Модели миграции населения.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Модели миграции населения. Моделирование процессов миграции населения. Равновесная модель миграции и ее свойства.

**Тема 10. Вариационные неравенства.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Вариационные неравенства. Свойства существования и единственности решений. Вариационные неравенства и другие задачи нелинейного анализа.

**Тема 11. Методы решения вариационных неравенств.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Методы решения вариационных неравенств. Метод Ньютона. Проективный метод. Методы регуляризации и проксимальной точки.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| N  | Раздел<br>Дисциплины  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|---|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 1. | Тема 1. Понятие равновесия для исследования сложных систем. | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 2. | Тема 2. Типы равновесий на рынке однородного товара.        | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 3. | Тема 3. Модели совершенной конкуренции.                     | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 4. | Тема 4. Игровые модели равновесия.                          | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 5. | Тема 5. Динамические модели экономики.                      | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 4                         | домашнее задание                            |

| N     | Раздел<br>Дисциплины  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|-------|---|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 6.    | Тема 6. Модели равновесия на основе теории двойственности.          | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 4                         | домашнее задание                            |
| 7.    | Тема 7. Общие модели экономического равновесия.                     | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 4                         | домашнее задание                            |
| 8.    | Тема 8. Модели равновесия в распределенных информационных системах. | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 9.    | Тема 9. Модели миграции населения.                                  | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 10.   | Тема 10. Вариационные неравенства.                                  | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| 11.   | Тема 11. Методы решения вариационных неравенств.                    | 1       |                    | подготовка домашнего задания                   | 3                         | домашнее задание                            |
| Итого |   |         |                    |  | 36                        |   |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи экзамена минимум и дополнительная литература.

Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда будет резерв времени.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Понятие равновесия для исследования сложных систем.

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

### Тема 2. Типы равновесий на рынке однородного товара.

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 3. Модели совершенной конкуренции.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 4. Игровые модели равновесия.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 5. Динамические модели экономики.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 6. Модели равновесия на основе теории двойственности.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 7. Общие модели экономического равновесия.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 8. Модели равновесия в распределенных информационных системах.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 9. Модели миграции населения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 10. Вариационные неравенства.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема 11. Методы решения вариационных неравенств.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы по изучаемой теме. Обсуждение. Решение задач.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

По дисциплине предполагается проведение экзамена.

Типовой пример домашнего задания

Изучить литературу по моделям олигополии.

Найти решение задачи олигополии с линейными функциями

цены и затрат.

Типовой пример контрольной работы.

Найти решение пары двойственных задач

линейного программирования.

Вопросы к экзамену

1. Понятие равновесия и его обобщения для исследования сложных систем.

2. Типы равновесий на рынке однородного товара, статические и динамические модели рынка.

3. Модель обмена.
4. Индивидуальный спрос и равновесие.
5. Модель Эрроу-Дебре.
6. Процессы установления равновесных цен.
7. Общая модель олигополии по Курно.
8. Поведение экономических агентов на примере дуополии.
9. Общая модель олигополии по Бертрану.
10. Обобщенная динамическая модель Леонтьева.
11. Модель развивающейся экономики фон Неймана.
12. Теория двойственности в линейном программировании.
13. Экономическая интерпретация симплекс-метода.
14. Обобщенные условия оптимальности.
15. Метод декомпозиции и его применение к управлению сложными системами.
16. Модель равновесия Касселя-Вальда.
17. Модель равновесия Скарфа.
18. Модели пространственного экономического равновесия.
19. Моделирование процессов миграции населения.
20. Равновесная модель миграции и ее свойства.
21. Вариационные неравенства.
22. Свойства существования и единственности решений.
23. Вариационные неравенства и другие задачи нелинейного анализа.
24. Метод Ньютона.
25. Проективный метод.
26. Методы регуляризации и проксимальной точки.

#### Примеры экзаменационных билетов

- 1.1 Метод Ньютона.
- 1.2 Решить задачу дуополии Курно с линейными функциями.
- 2.1 Метод регуляризации.
- 2.2 Решить задачу олигополии с линейными функциями.
- 3.1 Равновесие в модели обмена.
- 3.2 Выполнить шаги проективного метода для линейной задачи дополнительности.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Ашманов В.А. Введение в математическую экономику.- М.: Наука, 1984.
2. Коннов И.В. Методы решения конечномерных вариационных неравенств. - Казань: Изд-во "ДАС", 1998.
3. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. - М.: Мир, 1972.
4. Обен Ж.-П. Нелинейный анализ и его экономические приложения. - М.: Мир, 1988.
5. Konnov I.V. Equilibrium Models and Variational Inequalities, Amsterdam e.a.: Elsevier, 2007.

#### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Бакушинский А.Б., Гончарский А.В. Итеративные методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1989.

2. Урясьев С.П. Адаптивные алгоритмы стохастической оптимизации и теории игр. - М.: Наука, 1990.
3. Экланд И. Элементы математической экономики.- М.: Мир, 1983.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Интернет--портал ресурсов по математическим наукам - <http://www.math.ru/>

Интернет--портал ресурсов по математическим наукам - <http://www.allmath.com/>

Интернет-портал со статьями по алгоритмике и программированию - <http://algolist.manual.ru/>

Электронная библиотека по техническим наукам - <http://techlibrary.ru>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Анализ сложных систем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010300.68 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и магистерской программе Математические основы и программное обеспечение информационной безопасности и защиты информации .

Автор(ы):

Коннов И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.

Рецензент(ы):

Андреанова А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.