

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт экономики и предпринимательства

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Методы математического моделирования

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

38.03.05 - Бизнес-информатика

---

Направленность образовательной программы

Аналитические методы и информационные технологии поддержки принятия  
решений в экономике и бизнесе

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.10 Методы математического моделирования относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
<i>ПК-3: Способен осуществлять разработку и исследование математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе</i>	<i>ПК-3.1: Осуществляет разработку и исследование экономико-математических моделей.</i>	<i>ПК-3.1: Знать современные методы разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач.  Уметь осуществлять разработку, анализ и исследование экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач.  Владеть практическими навыками разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач.</i>	<i>Эссе</i>	<i>Экзамен: Задачи</i>
<i>ПК-4: Способен представлять научные исследования с учетом уровня аудитории; готовить научно-технические отчеты, презентации, научные публикации</i>	<i>ПК-4.1: Осуществляет подготовку научно-технических отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам выполненных исследований. ПК-4.2: Осуществляет представление научного исследования в форме доклада.</i>	<i>ПК-4.1: Знать современные методы разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и подготовки научно-технических отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам выполненных исследований.  Уметь осуществлять разработку, анализ и исследование экономико-</i>	<i>Эссе</i>	<i>Экзамен: Задачи</i>

		<p><i>математических моделей и подготовку научно-технических отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам выполненных исследований.</i></p> <p><i>Владеть практическими навыками разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и подготовки научно-технических отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам выполненных исследований.</i></p> <p><b>ПК-4.2:</b> <i>Знать современные методы разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и представления научного исследования в форме доклада.</i></p> <p><i>Уметь осуществлять разработку, анализ и исследование экономико-математических моделей и представление научного исследования в форме доклада.</i></p> <p><i>Владеть практическими навыками разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и представления научного исследования в форме доклада.</i></p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>10</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>360</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>60</b>

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	60
- КСР	4
самостоятельная работа	164
Промежуточная аттестация	72 Экзамен

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
Тема 1. Введение. Общая характеристика методов математического моделирования и технологии проектно-ориентированных методов обучения	6	2	2	4	2
Тема 2. Избранные вопросы математического аппарата	48	12	10	22	26
Тема 3. Математическое моделирование динамики биологических популяций и проблемы демографии	20	8	4	12	8
Тема 4. Математическое моделирование в исследовании некоторых проблем химии, физики и техники	10	4	2	6	4
Тема 5. Метод проектов в изучении естественно-научных проблем	22	2	10	12	10
Тема 6. Особенности применения методов математического моделирования в исследовании социально-экономических проблем	10	2	2	4	6
Тема 7. Концептуальные основы математических моделей социально-экономических процессов	14	4	2	6	8
Тема 8. Некоторые математические аспекты социально-экономической проблемы неравенства	24	4	4	8	16
Тема 9. Математическое моделирование динамики роста и диффузии нововведений	24	4	4	8	16
Тема 10. Математические основы неоклассической теории экономического роста	52	8	8	16	36
Тема 11. Современный этап математического моделирования экономического роста	32	8	4	12	20
Тема 12. Метод проектов в изучении социально-экономических проблем	21	1	8	9	12
Тема 13. Заключение. Основные итоги курса	1	1	0	1	0
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	360	60	60	124	164

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1: Особенности изучаемого курса.

Тема 2: Состояние равновесия, их типы и устойчивость. Существование периодических движений. Метод А.М. Ляпунова. Сингулярно возмущенные системы ОДУ. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом.

Тема 3: Сосредоточенные модели динамики численности популяций. Модель В.Вольтера – А.Лотки и её обобщения. Пространственные эффекты в экологических системах.

Тема 4: Очерк истории открытий химических законов. Общие представления о химической кинетике. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Уравнения химических реакций. Общий вид уравнений кинетики химической реакции.

Тема 5: Особенности математического моделирования в инженерно – технических исследованиях. Избранные математические модели динамики ЯЭУ. Некоторые свойства «точечной» модели динамики ядерных реакторов.

Тема 6: Сущность проектно-ориентированных методов обучения. Внеаудиторная проектная деятельность студентов. Некоторые итоги курса.

Тема 7: Распределение доходов и богатства в обществе. Выделение «прослоек» в обществе. Гипотезы о зависимости коэффициента Джини. Анализ структуры отраслевых рынков.

Тема 8: Краткий очерк теории инноваций. Современные подходы к теории инноваций. Классификации инноваций. Модели диффузии инноваций. Биологические метафоры. Математическая модель Басса диффузии инноваций. Некоторые обобщения модели Ф. Басса.

Тема 9: Понятия социального изменения и социальной динамики. Модель – метафора жизненного цикла в экономике. Концепции циклического развития экономики.. Теория технологических укладов.

Тема 10: Стилизованные факты теории экономического роста. Элементы теории производственных функций. Математическая модель экономического роста Солоу – Свена. Постановка задачи об оптимальном экономическом росте в рамках модели Солоу – Свена. Математическая модель экономического роста Рамси – Купманса – Касса.

Тема 11: Происхождение и развитие концепции человеческого капитала. Проблема «измерения» человеческого капитала. Модели динамики экономического роста с учетом человеческого капитала. Модель К. Эрроу. Современный взгляд на модель Эрроу. Модели динамики экономического роста с учетом человеческого капитала. Модель Р. Лукаса. Концептуальные основы математической модели П. Ромера эндогенного экономического роста. Дальнейшее развитие концепции Шумпетера. Модель П. Ромера экономического роста. Эволюция исследований проблем теории экономического роста. Современные исследования проблем теории экономического роста.

Тема 12: Сущность проектно-ориентированных методов обучения. Внеаудиторная проектная деятельность студентов.

Тема 13: Заключение. Основные итоги курса.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Методы математического моделирования"  
(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4295>).

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Эссе) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

<b>Ученый</b>	<b>Область науки</b>
Александров Анатолий Петрович	Атомная и ядерная физика
Андронов Александр Александрович (старший)	Физика, механика, теория динамических систем
Аррениус, Сванте Август (Arrhenius, Svante August)	Химия, химическая кинетика
Арцимович Лев Андреевич	Атомная и ядерная физика, физика плазмы
Базыкин Александр Дмитриевич	Динамика биологических популяций
Баренблатт Григорий Исаакович	Математика, теория горения и взрыва
Бекетов Николай Николаевич	Физическая химия
Беккерель, Анри Антуан (Becquerel, Antoine Henri)	Атомная и ядерная физика, радиоактивность
Белоусов Борис Павлович	Химия, биофизика, динамика биологических популяций
Боденштейн, Макс Эрнст Август (Bodenstein, Max Ernst August)	Химическая кинетика, теория горения и взрыва, цепные реакции
Больцман, Людвиг Эдуард (Boltzmann, Ludwig Eduard)	Физика, кинетическая теория газов
Бор, Нильс Хенрик Давид (Bohr, Niels Henrik David)	Атомная и ядерная физика
Вавилов Николай Иванович	Ботаника, агрономия
Вант-Гофф, Якоб Хендрик (van't Hoff, Jacobus Henricus)	Стехиометрия, химическая кинетика
Вейнберг, Элвин Мартин (Weinberg, Alvin Martin)	Атомная и ядерная физика

Вернадский Владимир Иванович	Биология, теория биологических популяций
Вигнер, Юджин Пол (Wigner, Eugene Pol)	Атомная и ядерная физика
Гаузе Георгий Францевич	Микробиология, динамика биологических популяций
Жаботинский Анатолий Маркович	Биофизика, физическая химия, динамика биологических популяций
Зельдович Яков Борисович	Теория горения и взрыва, атомная и ядерная физика
Иваненко Дмитрий Дмитриевич	Атомная и ядерная физика
Иваницкий Генрих Романович	Биофизика
Иоффе Абрам Фёдорович	Физика
Капица Пётр Леонидович	Физика
Кнорре Дмитрий Георгиевич	Химия, химическая кинетика, молекулярная биология
Колмогоров Андрей Николаевич	Математика, теория динамических систем, динамика биологических популяций
Кондратьев Виктор Николаевич	Химическая кинетика
Костицын Владимир Александрович	Экология, динамика биологических популяций
Курчатов Игорь Васильевич	Атомная и ядерная физика
Ле Шателье, Анри Луи (Le Chatelier, Henri Louis)	Физическая химия и химическая технология
Либих, Юстус, фон (Liebig, Justus von)	Агрохимия, органическая химия
Логофет Дмитрий Олегович	Математическая экология, динамика биологических сообществ популяций
Менделеев Дмитрий Иванович	Химия, экономика
Меншуткин Владимир Васильевич	Динамика биологических популяций

Мержанов Александр Григорьевич	химическая физика, физическая химия, теория горения и взрыва
Моисеев Никита Николаевич	Общая механика, прикладная математика
Неймарк Юрий Исаакович	Механика, теория динамических систем
Нернст, Вальтер Герман (Walther Hermann Nernst)	Термодинамика, физическая химия, химическая кинетика
Оппенгеймер, Роберт Джулиус (Julius Robert Oppenheimer)	Атомная и ядерная физика
Оствальд, Вильгельм Фридрих (Ostwald, Wilhelm Friedrich)	Химия, химическая кинетика
Полетаев Игорь Андреевич	Принцип лимитирующих факторов, системы типа хищник – жертва
Полуэктов Ратмир Александрович	Математическое моделирование, динамика биологических популяций
Ратнер Вадим Александрович	Математическая биология и биоинформатика
Резерфорд, Эрнст (Rutherford, Ernest)	Атомная и ядерная физика
Романовский Юрий Михайлович	Динамика биологических популяций
Сахаров Андрей Дмитриевич	Атомная и ядерная физика
Свирижев Юрий Михайлович	Динамика биологических популяций
Семенов Николай Николаевич	Химическая кинетика, теория горения и взрыва
Сцилард, Лео (Szilard, Leo)	Атомная и ядерная физика
Теллер, Эдвард (Edward Teller)	Атомная и ядерная физика
Тимофеев-Ресовский Николай Владимирович	Биология, генетика
Усачев Лев Николаевич	Атомная и ядерная физика
Ферми, Энрико (Fermi, Enrico)	Атомная и ядерная физика

Флеров Георгий Николаевич	Атомная и ядерная физика
Франк-Каменецкий Давид Альбертович	Химическая кинетика, теория горения и взрыва
Харитон Юлий Борисович	Атомная и ядерная физика
Хиншельвуд, Сирил Норман (Hinshelwood, Cyril Norman)	Химия, химическая кинетика, теория горения и взрыва
Чернавский Дмитрий Сергеевич	Биофизика, динамика биологических популяций
Четвериков Сергей Сергеевич	Биология, генетика, эволюционная теория
Шильников Леонид Павлович	Механика, теория динамических систем
Эмануэль Николай Маркович	Химия, химическая кинетика

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Эссе) для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

№	Ученый
1.	Базаров В.А.
2.	Богданов А.А.
3.	Боярский А.Я.
4.	Бухарин Н.Н.
5.	Вайнштейн Альб. Л.
6.	Глазьев С.Ю.
7.	Голиченко О.Г.
8.	<u>Гранберг А.Г.</u>
9.	Гринберг Р.С.
10.	Дмитриев В.К.
11.	Канторович Л.В.
12.	<u>Капелюшников Р.И.</u>
13.	<u>Клейнер Г.Б.</u>
14.	Кондратьев Н.Д.
15.	<u>Конюс А.А.</u>
16.	Ленин В.И.
17.	Леонтьев В.В.
18.	Лурье А.Л.
19.	Макаров В.Л.
20.	Мильнер Б.З.
21.	<u>Михалевский Б.Н.</u>
22.	Немчинов В.С.
23.	Новожилов В.В.
24.	<u>Полтерович В.М.</u>
25.	Поспелов И.Г.
26.	Слущкий Е.Е.
27.	Струве П.Б.
28.	Туган-Барановский М.И.
29.	Федоренко Н.П.
30.	Фельдман Г.А.

№	Ученый
31.	Чаянов А.В.
32.	Чупров А.А.
33.	Чупров А.И.
34.	Шаталин С.С.
35.	Acemoglu D.
36.	<u>Aghion P.</u>
37.	Arrow K.J.
38.	Barro R.
39.	<u>Benhabib J.</u>
40.	Cass D.
41.	Grossman G.M.
42.	<u>Helpman E.</u>
43.	<u>Howitt P.</u>
44.	Inada K.
45.	Jones C.I.
46.	Koopmans T.C.
47.	Lucas R.E., Jr.
48.	Mankiw G.N.
49.	McKenzie L.W.
50.	Mulligan C.B.
51.	Phelps E.R.
52.	Ramsey F.R.
53.	Romer D.
54.	Romer P.M.
55.	<u>Sala - i - Martin X.</u>
56.	Samuelson P.A.
57.	Schumpeter J.
58.	Shell K.
59.	Solow R.M.
60.	<u>Uzawa H.</u>

### Критерии оценивания (оценочное средство - Эссе)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Продемонстрированы основные умения. Решены	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все

	умений вследствие отказа обучающегося от ответа	основные умения. Имели место грубые ошибки	типичные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

### Задача № 3

Исследуйте следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений, встречающуюся в некоторых задачах математической биологии при описании «хищник – жертва»:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1(t)}{dt} &= r_1 N_1(t) - V[N_1(t)]N_2(t), \\ \frac{dN_2(t)}{dt} &= \{kV[N_1(t)] - r_2\}N_2(t),\end{aligned}$$

в случае трофической функции типа Моно – Холдейна (*Holling type – IV function*)

$$V(N) = \frac{cN}{(a+N)(b+N)}, \quad \forall N \in \mathbf{R}_+, \quad a, b, c = \text{const} > 0.$$

1. Определите состояния равновесия этой системы.
2. Для каждого из найденных состояний равновесия этой системы: найдите характеристическое уравнение линеаризованной системы; определите тип состояний равновесия этой системы.
- 3\*. На основе полученных результатов постройте эскиз фазового портрета системы.



## Задача № 2

Исследуйте следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений, встречающуюся в некоторых задачах математической биологии при описании «хищник – жертва»:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1(t)}{dt} &= r_1 N_1(t) - V[N_1(t)]N_2(t), \\ \frac{dN_2(t)}{dt} &= \{kV[N_1(t)] - r_2\}N_2(t),\end{aligned}$$

в случае трофической функции  $S$  – образного типа (*Holling type – III function*):

$$V(N) = \frac{V_s N^2}{(a + N)(b + N)}, \quad \forall N \in \mathbf{R}_+, \quad a, b, V_s = \text{const} > 0.$$

1. Определите состояния равновесия этой системы.
2. Для каждого из найденных состояний равновесия этой системы: найдите характеристическое уравнение линеаризованной системы; определите тип состояний равновесия этой системы.
- 3\*. На основе полученных результатов постройте эскиз фазового портрета системы.

### Задача № 1

Исследуйте следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), встречающуюся в некоторых задачах математической биологии при описании ситуации «хищник – жертва»:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1(t)}{dt} &= r_1 N_1(t) - V[N_1(t)]N_2(t), \\ \frac{dN_2(t)}{dt} &= \{kV[N_1(t)] - r_2\}N_2(t),\end{aligned}$$

в случае трофической функции типа Михаэлиса – Ментен – Моно (Holling type – II function):

$$V(N) = \frac{V_s N}{a + N}, \quad \forall N \in \mathbf{R}_+, \quad a, V_s = \text{const} > 0.$$

1. Определите состояния равновесия этой системы.
2. Для каждого из найденных состояний равновесия этой системы: найдите характеристическое уравнение линеаризованной системы; определите тип состояний равновесия этой системы.
- 3\*. На основе полученных результатов постройте эскиз фазового портрета системы ОДУ.

**5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4**

### Задача № 7

Пусть производственная функция  $F(K, L)$  удовлетворяет условию

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda^\gamma F(K, L), \forall \lambda, K, L > 0.$$

Доказать следующее соотношение, связывающее функции  $F(K, L)$  и  $f(k) \equiv$

$$F''_{LK} = L^{\gamma-2} \{(\gamma - 1)f'(k) - k f''(k)\}, k = \frac{K}{L}.$$

### Задача № 8

Пусть производственная функция  $F(K, L)$  удовлетворяет условию

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda^\gamma F(K, L), \forall \lambda, K, L > 0.$$

Доказать следующее соотношение, связывающее функции  $F(K, L)$  и  $f(k) \equiv$

$$F''_{LL} = L^{\gamma-2} \{(\gamma - 1)\gamma f(k) - 2(\gamma - 1)k f'(k) + k^2 f''(k)\}, k = \frac{K}{L}$$



### Задача № 9

Пусть производственная функция  $F(K, L)$  удовлетворяет условию

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda^\gamma F(K, L), \forall \lambda, K, L > 0.$$

Доказать следующее соотношение, связывающее функции  $F(K, L)$  и  $f(k) \equiv$

$$F''_{KK} = L^{\gamma-2} f''(k), k = \frac{K}{L}$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Балдин К. В. Математические методы и модели в экономике : учебник / Балдин К. В., Башлыков В. Н., Рукосуев А. В. - 2-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2017. - 328 с. - Рекомендовано Редакционно-издательским Советом Российской академии образования к использованию в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФЛИНТА - Математика. - ISBN 978-5-9765-0313-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=705758&idb=0>.
2. Катаргин Н. В. Экономико-математическое моделирование / Катаргин Н. В. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 256 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-44332-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=802226&idb=0>.
3. Плохотников К. Э. Математическое моделирование глобальной общественной динамики : учебное пособие / Плохотников К. Э. - Москва : ФЛИНТА, 2018. - 388 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФЛИНТА - Математика. - ISBN 978-5-9765-3945-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=706218&idb=0>.
4. Пехтерева Л. В. Математические методы в гуманитарных исследованиях : учеб. пособие / Пехтерева Л. В., Исаева Е. В. - Новосибирск : НГТУ, 2018. - 202 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции НГТУ - Математика. - ISBN 978-5-7782-3535-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=720808&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Осипов Геннадий Васильевич. Математические методы в современных социальных науках :

- Учебное пособие. - Москва : ООО "Юридическое издательство Норма", 2019. - 384 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-91768-470-3. - ISBN 978-5-16-100861-4. - ISBN 978-5-16-009598-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=631197&idb=0>.
2. Малугин Виталий Александрович. Количественный анализ в экономике и менеджменте : Учебник / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, экономический факультет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017. - 615 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-004832-1. - ISBN 978-5-16-100138-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=609074&idb=0>.
3. Валянский С. И. Концепции современного естествознания : учебник и практикум / С. И. Валянский. - Москва : Юрайт, 2023. - 367 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-5885-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=846909&idb=0>.
4. Бондарев Валерий Петрович. Концепции современного естествознания : Учебник / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет. - 2-е изд. - Москва : Издательский дом "Альфа-М", 2016. - 512 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-98281-262-9. - ISBN 978-5-16-005012-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=610429&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Программное обеспечение:

1. Microsoft Excel
2. MatLab
3. STATISTICA

Интернет-ресурсы:

1. <http://econ.worldbank.org/>
2. <http://econpapers.repec.org/>
3. <http://www.nber.org/>
4. <http://papers.ssrn.com/>
5. <http://stat.hse.ru>
6. <http://www.ams.org/journals/>
7. <http://www.bris.ac.uk/Depts/Economics/Growth>
8. <http://www.cefir.ru/papers.html>
9. <http://www.eerc.ru/>
10. <http://www.gks.ru>
11. <http://www.hse.ru/>
12. <http://www.informaworld.com/>
13. <http://www.jstor.org/>
14. <http://www.mathnet.ru/>
15. <http://www.nes.ru/russian/research/publications.htm>
16. <http://www.ras.ru/>
17. <http://www.repec.org/>.
18. <http://www.sciencedirect.com/science>
19. <http://www.springerlink.com>

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 38.03.05 - Бизнес-информатика.

Автор(ы): Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.12.2023, протокол № 6.