

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«___» _____ 2022 г. № ___

Рабочая программа дисциплины

**Методы математического
моделирования**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

Направление подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы бакалавриата:

Аналитические методы и информационные технологии

поддержки принятия решений в экономике и бизнесе

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения:

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина *Б1.В.10. Методы математического моделирования* относится части, формируемой участниками образовательных отношений. Данная дисциплина преподается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.10. Методы математического моделирования</i> относится к части ООП направления подготовки <i>38.03.05 Бизнес-информатика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

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	
ПК-3. Способен осуществлять разработку и исследование математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе	ПК-3.1. Осуществляет разработку и исследование экономико-математических моделей.	<i>Знать</i> современные методы разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач. <i>Уметь</i> осуществлять разработку, анализ и исследование экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач. <i>Владеть</i> практическими навыками разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей решаемых научных проблем и задач.	Задача (практическое задание); реферат, эссе; доклад, сообщение
ПК-4. Способен представлять научные исследования с учетом уровня аудитории; готовить	ПК-4.2. Осуществляет представление научного исследования в форме доклада.	<i>Знать</i> современные методы разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и представления научного исследования в форме доклада. <i>Уметь</i> осуществлять разработку, анализ и исследование экономико-математических моделей и представление научного	Задача (практическое задание); реферат, эссе; доклад, сообщение

научно-технические отчеты, презентации, научные публикации		исследования в форме доклада. <i>Владеть</i> практическими навыками разработки, анализа и исследования экономико-математических моделей и представления научного исследования в форме доклада.	
--	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
Общая трудоемкость	10 ЗЕТ	___ ЗЕТ	___ ЗЕТ
Часов по учебному плану	360	---	---
в том числе аудиторные занятия (контактная работа):	124		
- занятия лекционного типа	60	---	---
- занятия семинарского типа	60	---	---
- самостоятельная работа	164	---	---
КСР	4	---	---
Промежуточная аттестация – экзамен	72	---	---

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)		В том числе														Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы															
			из них															
	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа		Консультации		Всего									
Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная	Очная	Зачочная			
5 семестр																		
Тема 1. Общая характеристика метода	4		2		--							2			2			

математического моделирования																			
Тема 2. Избранные вопросы математического аппарата	32		8		8								16		16				
Тема 3. Математическое моделирование динамики биологических популяций и проблемы демографии	24		8		4								12		12				
Тема 4. Математическое моделирование в исследовании инженерно – технических проблем	24		8		4								12		12				
Тема 5. Применение проектно-ориентированных методов обучения в изучении курса	22		2		12								14		8				
КСР	2				2								2		--				
Контроль (экзамен)	36																		
Итого 5 семестр	144		28		28								56		50				
6 семестр																			
Тема 6. Особенности метода математического моделирования в исследовании проблем экономики	4		2		--								2		2				
Тема 7. Элементы общей теории производственных функций и теории потребительского выбора	54		10		8								18		36				
Тема 8. Односекторная неоклассическая математическая модель экономического роста (модель Солоу – Свена). Модель Рамси – Купманса – Касса: оптимальное потребление и экономический рост	48		10		6								16		32				
Тема 9. Современный этап математического моделирования экономического роста. Модели Эрроу , Узава., Лукаса,	36		8		4								12		24				

Ромера и их обобщения																			
Тема 10. Применение проектно-ориентированных методов обучения в изучении курса	36			2			14								16			20	
КСР	2						2								2				
Контроль (экзамен)	36																		
Итого 6 семестр	216			32			32								66			114	
Итого	360			60			60								124			164	

План семинарских занятий

5 семестр

Тема 2. Избранные главы математического аппарата (8 часов)

Семинар 1. Сводка результатов теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Элементы качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений на фазовой плоскости (состояния равновесия, их типы и устойчивость; периодические движения; понятие о бифуркациях; простейшие бифуркации; теорема Андронова – Хопфа) (мастер-класс; решение задач).

Семинар 2. Избранные вопросы теории устойчивости. Метод Ляпунова. Теоремы А.М.Ляпунова об устойчивости (асимптотической устойчивости) и неустойчивости невозмущенного движения. Теорема Е.А. Барбашина – Н.Н. Красовского (дискуссия; решение задач).

Семинар 3. Сингулярно возмущенные системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Избранные вопросы теории обыкновенных дифференциальных уравнений с малыми параметрами при производных. Формулировка теоремы А.Н.Тихонова. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом (мастер-класс; решение задач).

Семинар 4. Постановки задач управления динамическими системами. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Метод Р. Беллмана. Задачи оптимального управления динамическими системами на полубесконечном интервале времени (дискуссия; решение задач).

Тема 3. Математическое моделирование динамики биологических популяций и проблемы демографии (4 часа)

Семинар 5. Сосредоточенные модели динамики численности популяций. Уравнения Ферхюльста – Пирла и Хатчинсона. Модель В. Вольтерра – А. Лотки. Симбиотические отношения популяций. Обобщения модели В. Вольтерра – А. Лотки. Модели А.Н. Колмогорова и Розенцвейга – Мак Артура. Модель В. Вольтерра – А. Лотки – Р. Мей (дискуссия; решение задач).

Семинар 6. Сосредоточенные модели динамики численности популяций в случае сообщества N популяций. Взаимодействие популяций. Динамика численности популяций и проблемы демографии (дискуссия; решение задач).

Тема 4. Математическое моделирование в исследовании инженерно-технических проблем (4 часа)

Семинар 7. Простейшие математические модели протекания химических реакций. Температурная зависимость констант скоростей химических реакций (закон Аррениуса). Элементарная теория теплового взрыва. Различные постановки задачи о распространении пламени. Описание кинетики химических реакций с помощью дифференциальных уравнений на графах (мастер-класс; решение задач).

Семинар 8. Простейшие математические модели динамики ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Система уравнений «точечной кинетики» ядерного реактора (ЯР). Уравнение «обратных часов». Динамика ЯР при наличии различных обратных связей. «Ксеноновые» переходные процессы. Постановки оптимизационных задач динамики ЯЭУ. Экономические аспекты эксплуатации ЯЭУ (мастер-класс; решение задач; доклады по результатам самостоятельного анализа научных журнальных работ отечественных и зарубежных исследователей).

Тема 5. Применение проектно-ориентированных методов обучения в изучении курса (12 часов)

Семинар 9. Организуется в форме практического занятия (обучающихся выполняют отдельные элементы работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью).

Семинар 10. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 11. Организуется в форме практического занятия (обучающихся выполняют отдельные элементы работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью).

Семинар 12. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 13. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 14. Подведение итогов защиты проектных работ авторами (творческими коллективами): достоинства и недостатки заслушанных творческих работ (содержание, качество оформления и презентации).

6 семестр

Тема 7. Элементы общей теории производственных функций и теории потребительского выбора (8 часов)

Семинар 15. Двухфакторные неоклассические производственные функции и их характеристики. Интерпретация основных предположений о свойствах неоклассических производственных функций («эффект убывающей доходности», «эффект возрастания издержек», «эффект отдачи от масштаба») (решение задач).

Семинар 16. Факторные эластичности производственных функций. Понятие об эластичности замещения факторов производства. Пример: производственные функции типа Кобба – Дугласа (решение задач)..

Семинар 17. Общее математическое понятие эластичности функции. Свойства эластичности. Производственные функции с постоянной эластичностью замещения (CES - функции). Предельные случаи CES – функций (мастер-класс).

Семинар 18. Элементы теории потребительского выбора. Свойства функции полезности. Различные представители функций полезности (*CRRA*; *CARA*; *HARA*) (решение задач).

Тема 8. Односекторная неоклассическая математическая модель экономического роста (модель Солоу – Свена). Модель Рамси – Купманса – Касса оптимальное потребление и экономический рост (6 часов)

Семинар 19. Уравнение динамики накопления капитала (фондов). Модель Солоу – Свена. Уравнение динамики капиталовооруженности. Случай постоянной нормы накопления. «Золотое правило» накопления. Случай производственной функции Кобба – Дугласа. Общий вид модели. Состояния равновесия и их устойчивость. Качественная характеристика траекторий системы (мастер-класс; решение задач).

Семинар 20. Общая формулировка оптимизационной задачи экономического роста на основе односекторной модели Солоу – Свена. Анализ соответствующей оптимизационной задачи на основе подходов вариационного исчисления (мастер-класс; решение задач).

Семинар 21. Анализ оптимизационной задачи, связанной с моделью Рамси – Купманса – Касса. Состояния равновесия. Применение методов нелинейной динамики для исследования фазового пространства системы. Динамика переходных процессов (мастер-класс; решение задач).

Тема 9. Современный этап математического моделирования экономического роста. Модели Эрроу, Узава, Лукаса, Ромера и их обобщения

Семинар 22. Факторы, влияющие на динамику экономического роста. Статья Р. Солоу и сформулированный им набор важнейших направлений обобщения модели Солоу – Свена (НТП, демография, ресурсы, институты и др.) (мастер – класс; дискуссия).

Семинар 23. Обзор некоторых обобщений модели модели Солоу – Свена. Модели динамики экономического роста с учетом человеческого капитала (модели К. Эрроу и Узава – Лукаса и их обобщения). Учет научно-технологического прогресса (НТП) и его влияние на производственную функцию. Модель Ромера и её обобщения (мастер-класс; решение задач; дискуссия).

Тема 10. Применение проектно-ориентированных методов обучения в изучении курса (14 часов)

Семинар 24. Организуется в форме практического занятия (обучающихся выполняют отдельные элементы работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью)..

Семинар 25. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 26. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 27. Организуется в форме практического занятия (обучающихся выполняют отдельные элементы работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью)..

Семинар 28. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 29. Презентация (защита) учебно-исследовательских (проектных) работ студентов (мастер-класс; дискуссия).

Семинар 30. Подведение итогов защиты проектных работ авторами (творческими коллективами): достоинства и недостатки заслушанных творческих работ (содержание, качество оформления и презентации).

Семинарские занятия № 9 и 11 (5-й семестр), а также семинарские занятия № 24 и 27 (6-й семестр) организуются в форме практических занятий, в рамках которых обучающихся выполняют отдельные элементы работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. В рамках этих занятий обучающиеся овладевают некоторыми практическими навыками применения современных методологий и методов научного исследования математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе, представления научных исследований с учетом уровня аудитории; подготовки научно-технических отчетов, презентаций, научных публикаций. Решаемые на занятиях задачи с использованием реальных данных демонстрируют эффективность использования полученных в данном курсе знаний, умений и навыков. На проведение данных практических занятий отводится 4 часа в 5-м семестре и 4 часа в 6-м семестре, что составляет около 13% времени, отведенного на практические занятия по дисциплине.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
 - анализ концептуальных моделей решаемых научных проблем и задач;
 - разработка теоретических моделей в процессе самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности;
 - компетенций:
 - ПК-3. Способен осуществлять разработку и исследование математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе
 - ПК-4. Способен представлять научные исследования с учетом уровня аудитории; готовить научно-технические отчеты, презентации, научные публикации
- Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

4.1. В образовательном процессе при изучении дисциплины «Методы математического моделирования» широкое применение находит *технология проектно-ориентированных методов обучения*, в рамках которой особое внимание уделяется самостоятельной работе обучающихся.

В рамках этого метода обучающимися (самостоятельно или в составе творческого коллектива) выполняются учебно-исследовательские работы. Приемлемые учебно-исследовательские работы представляют собой, как правило, работы следующего характера:

- строгий разбор, изучение и анализ статьи из списка литературы для чтения, или иной статьи, опубликованной в современной международной научной печати, относительно которой творческий коллектив думает, что она должна быть в списке литературы для чтения;
- углубленный анализ, обобщения, модификации статьи или цикла статей из списка литературы для чтения, или иных статей, опубликованных в современной международной научной печати, относительно которой творческий коллектив думает, что они представляют интерес для избранной темы исследовательской работы;
- поиск или разработка эффективных методов исследования, позволяющих дополнить результаты уже существующих опубликованных исследований.

Приветствуются и полностью оригинальные исследования по математическому моделированию социально-экономических процессов. Однако использование интересной уже существующей работы как исходного пункта для проведения учебно-исследовательской работы может быть хорошим способом начать самостоятельные исследования.

Выполнение учебно-исследовательской работы (которая может носить характер учебно-научной или учебно-методической работы) строится по следующей схеме. Академическая группа подразделяется для выполнения текущей учебно-исследовательской работы на подгруппы по ~5 человек (подразделение группы на подгруппы выполняется преподавателем или же на основе добровольного объединения обучающихся в группы; возможны и иные способы, в том числе на основе случайного формирования состава группы).

Тема работы может быть сформулирована преподавателем или предложена подгруппой (творческим коллективом). Любой обучающийся, намеревающийся самостоятельно (в индивидуальном порядке) выполнить учебно-исследовательскую работу, должен сначала получить на это согласие преподавателя, а затем представить и обсудить с ним свой план работы (в течение первого месяца семестра).

В течение срока, отведенного на освоение курса, подгруппа разрабатывает тему учебно-исследовательского характера, подготавливает реферат по теме (преподавателю и на кафедру предоставляется окончательный текст работы с автографами авторов и электронный файл), и делает его презентацию (один или серия докладов на практических занятиях (семинарах)), на основе которой преподаватель определяет персональный вклад в общую работу каждого из членов подгруппы.

4.2. Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она способствует углублению и расширению знаний, формированию интереса к познавательной деятельности, овладению приемами процесса познания, развитию познавательных способностей.

В основу организации самостоятельной работы студентов положен компетентностный подход (компетенции, которыми должны овладеть студенты в процессе изучения дисциплины). С этой целью выделены три блока заданий для самостоятельной работы студентов, которые направлены на формирование конкретных профессиональных компетенций. Все задания для самостоятельной работы предполагают следующие уровни сложности. *Первый уровень* – дословное и преобразующее воспроизведение информации. *Второй уровень* – самостоятельные работы по образцу. *Третий уровень* – реконструктивно-самостоятельные работы. *Четвертый уровень* – эвристические самостоятельные работы. *Пятый уровень* – творческие (исследовательские) самостоятельные работы.

Для эффективного выполнения заданий самостоятельной работы студентам предлагается организовать свою работу в рамках когнитивных и метакогнитивных учебных стратегий. Когнитивные стратегии включают в себя учебные действия, направленные на обработку и усвоение учебной информации. К когнитивным учебным стратегиям относятся:

- Повторение (заучивание, переписывание, подчеркивание, выделение, обозначение и др.);
- Эlaboration (конспектирование, подбор примеров, сравнение, установление межпредметных связей, использование дополнительной литературы, перефразирование, составление понятийного дерева и др.);

- Организация (группирование по темам, составление классификации, таблиц, схем, написание резюме и др.); планирование (составление плана, логика построения содержания, постановка цели, реализация цели и др.).
- Метакогнитивные стратегии подразумевают организацию и управление учебной деятельностью. К метакогнитивным стратегиям относятся:
- Планирование (составление плана, логика построения содержания, постановка цели, реализация цели и др.);
- Наблюдение (оценка достигнутого, ответы на вопросы для самоконтроля, применение теории на практике, составление тезисов по теме, обращение к другим научным источникам и др.);
- Регуляция (самоконтроль, самооценка, использование дополнительных ресурсов, волевая регуляция, определенная последовательность выполнения задания и др.).

Задания первого и второго уровней самостоятельной работы – общеобразовательные и опираются на базовые учебные стратегии (повторения, элаборации), поэтому в одинаковой мере могут быть использованы для формирования всех профессиональных компетенций.

Первый уровень самостоятельных работ: письменные ответы на вопросы, определение понятий «своими словами».

Второй уровень самостоятельных работ: составление профессионального мини-гlossария по теме исследования; домашние контрольные работы.

Третий уровень самостоятельных работ: конспектирование научной литературы заданной теме, аннотирование научной литературы по актуальным проблемам исследования.

Четвертый уровень самостоятельных работ: подготовка обзора по теме «Современные исследования в области экономико-математического моделирования социально-экономических процессов», изучение научных журнальных работ отечественных и зарубежных исследователей по актуальным проблемам исследования с восстановлением промежуточных выкладок.

Пятый уровень самостоятельных работ: выполнение учебно-исследовательской (проектной) работы.

Качество выполнения самостоятельных работ студентов может осуществляться на основе нескольких видов контроля. *Корректирующий контроль* осуществляется преподавателем во время индивидуальных занятий в виде собеседования или тестовой проверки. *Констатирующий контроль* происходит по заранее составленным индивидуальным планам изучения дисциплины или выполнения определенного задания для оценки результатов завершающих этапов самостоятельной работы. *Самоконтроль* осуществляется самим студентом по мере изучения дисциплины по составленным программным вопросам. *Итоговый контроль* представляет собой аттестацию студентов по всем видам работы.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Методы математического моделирования», созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Методы математического моделирования»,

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

	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
зачтено	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 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»
не зачтено	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. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

5.2.1.1. Список контрольных вопросов к экзамену (5 семестр):

Вопрос		Код формируемой компетенции
1.	Общая характеристика естествознания как целостного взгляда на окружающий мир.	ПК-3
2.	Общее определение понятий «модель» и «моделирование».	ПК-4
3.	Соотношение понятий «наука» и «культура».	ПК-3
4.	Применение математических методов в естествознании.	ПК-4
5.	Анализ как метод познания (определение, общая характеристика; связь анализа и синтеза).	ПК-3
6.	Синтез как метод познания (определение, общая характеристика; связь синтеза и анализа).	ПК-4
7.	Концепции (модели) революционного развития науки. Модель процесса накопления знаний.	ПК-3

8.	Концепции (модели) революционного развития науки. Модель абсолютной прерывности развития науки.	ПК-4
9.	Концепции (модели) революционного развития науки. Модель И. Лакатоса развития науки а основе научных программ.	ПК-3
10.	Общая характеристика понятия «парадигма» (Т. Кун).	ПК-4
11.	Модель Мальтуса (Malthus T.R.) динамики роста популяции с учетом зависимости функций рождаемости и смертности от её численности.	ПК-3
12.	Уравнение Ферхюльста – Пирла – Рида (логистическое уравнение). <u>Построение его решения в явном виде.</u> Качественные особенности логистической кривой.	ПК-4
13.	Модель Гомпертца (Gompertz B.) динамики роста численности популяции. Построение решения уравнения Гомпертца <u>в явном виде.</u>	ПК-3
14.	Модель динамики роста обобщенно логистической (в смысле Ю.М. Свирижева) популяции. Другие обобщения модели Понятие «S – образной кривой»	ПК-4
15.	Обобщенное уравнение Ферхюльста – Пирла – Рида и характер поведения его траекторий для различных вариантов поведения функция рождаемости $B(N)$ и при условии $D(N) = m + \mu N$.	ПК-3
16.	Уравнения с отклоняющимся аргументом. Уравнение Хатчинсона (Hutchinson G.E.). Качественные особенности его решений.	ПК-4
17.	Общая модель динамики численности двух взаимодействующих однородных популяций – модель типа «хищник – жертва» Г.Ф. Гаузе.	ПК-3
18.	Понятие трофической функции (функционального отклика) хищника. Классификация Холлинга вида трофических функций.	ПК-4
19.	Вид трофических функций I и II типов. Функциональный отклик типа Михаэлиса – Ментен – Моно. Экспоненциальный функциональный отклик.	ПК-3
20.	Вид трофических функций III и IV типов. Функциональные отклики «сигмоидального» (S – образного) вида. Трофическая функция типа Моно – Холдейна.	ПК-4
21.	Модель В.Вольтера – А.Лотки «хищник – жертва» динамики численности двух взаимодействующих однородных популяций. Стационарные решения системы уравнений модели «хищник – жертва». Типы состояний равновесия.	ПК-3
22.	Консервативность модели В.Вольтера – А.Лотки. Явный вид первого интеграла модели «хищник – жертва». Графическая процедура В. Вольтера построения траекторий системы В.Вольтера – А.Лотки.	ПК-4
23.	Использование в моделях «хищник – жертва» сложных трофических функций хищника. Модель Холлинга – Таннера – Мэй (Holling C.S. – Tanner J.T. – May R.M.).	ПК-3

24.	Качественная картина траекторий системы Модель Холлинга – Таннера – Мэй. Общая схема исследования поведения траекторий в окрестности состояния равновесия $G(N_1^*, N_2^*)$.	ПК-4
25.	Понятие о бифуркации Андронова – Хопфа. Формулировка теоремы Андронова – Хопфа в двумерном случае и схема её применения в исследовании модели Холлинга – Таннера – Мэй.	ПК-3
26.	Обобщения модели Вольтерра – Лотки. Модели Лесли – Гувера, Розенцвейга – Мэй, Розенцвейга – МакАртура.	ПК-4
27.	Модель Колмогорова динамики численности двух взаимодействующих популяций. Модель «хищник – жертва» Колмогорова. Теорема Колмогорова.	ПК-3
28.	Обобщение классической модели Вольтерра – Лотки, основанное на «принципе лимитирующих факторов» – принципе Ю. Либиха (Liebig J.). Математическое выражение принципа Либиха. Вид модели Вольтерра – Лотки – Либиха.	ПК-4
29.	Обобщения модели Вольтера – Лотки. Борьба двух «логистических» популяций за общий ресурс. «Канонический» («безразмерный») вид системы уравнений. Условия существования стационарных решений. Выделение областей I и II в пространстве параметров системы.	ПК-3
30.	Борьба двух «логистических» популяций за общий ресурс. Типы состояний равновесия и структура фазового пространства в случае области I в пространстве параметров системы.	ПК-4
31.	Борьба двух «логистических» популяций за общий ресурс. Типы состояний равновесия и структура фазового пространства в случае области II в пространстве параметров системы.	ПК-3
32.	Симбиотические отношения популяций. Протокооперация. «Безразмерный» вид системы уравнений. Условия существования стационарных решений. Типы состояний равновесия и структура фазового пространства.	ПК-4
33.	Симбиотические отношения популяций. Мутуализм. «Безразмерный» вид системы уравнений. Условия существования стационарных решений. Типы состояний равновесия и структура фазового пространства.	ПК-3
34.	Простейшие математические модели протекания химических реакций. Закон действующих масс.	ПК-4
35.	Температурная зависимость констант скоростей химических реакций (закон Аррениуса).	ПК-3
36.	Описание кинетики химических реакций с помощью дифференциальных уравнений на графах.	ПК-4
37.	Элементы теории теплового взрыва (Семенов Н.Н., Франк-Каменецкий Д.А.).	ПК-3
38.	Исследование простейшей математической модели теплового взрыва	ПК-4

	$\frac{d\theta}{dt} = e^{\frac{\theta}{1+\beta\theta}} - \frac{1}{\chi}\theta.$	
39.	<p>Исследование сходимости и оценка несобственного интеграла</p> $J = \int_0^{\infty} \frac{e^{-\theta}}{1 - \frac{1}{\chi}\theta e^{-\theta}} d\theta, \quad \chi > \chi_{кр},$ <p>возникающего в математической теории теплового взрыва. Интерпретация и свойства несобственного интеграла J.</p>	ПК-3
40.	Система уравнений “точечной кинетики” ядерного реактора (ЯР). Интерпретация (“физический смысл”) отдельных слагаемых в правых частях уравнений “точечной кинетики”.	ПК-4
41.	Уравнение “обратных часов”. “Реактивность” реактора. Специфическая форма уравнения “обратных часов” при “малых” и “больших” λ . Асимптотическое поведение решения системы уравнений “точечной кинетики” при $t \rightarrow \infty$.	ПК-3
42.	“Единица измерения” реактивности реактора и её интерпретация (“физический смысл”). Упрощение системы уравнений “точечной кинетики” в случае “малой” реактивности.	ПК-4
43.	Понятие о коэффициентах реактивности реактора и их интерпретация (“физический смысл”). Общее понятие об обратной связи (ОС). Вид системы уравнений “точечной кинетики” при наличии “температурной” и “мощностной” ОС в общем случае и при “малой” реактивности.	ПК-3
44.	Применение теории устойчивости для исследования модели динамики ЯЭУ с “температурной” ОС. (Система уравнений “точечной кинетики” при наличии “температурной” ОС. Случай “малой” реактивности и постоянного теплоотвода).	ПК-4
45.	Применение теории устойчивости для исследования модели динамики ЯЭУ с “температурной” ОС. (Система уравнений “точечной кинетики” при наличии “температурной” ОС. Случай “малой” реактивности и теплоотвода “по закону Ньютона”).	ПК-3
46.	Экономические аспекты проблемы оптимального развития атомной энергетики.	ПК-4

5.2.1.2. Список контрольных вопросов к экзамену (6 семестр):

Вопрос		Код формируемой компетенции
1.	Метод математического моделирования в исследовании проблем экономической теории. Оптимизационные проблемы экономики. Элементы современного математического аппарата в исследовании экономико-математических задач.	ПК-3
2.	Общая постановка задачи оптимального управления для	ПК-4

	непрерывных процессов. Основные вопросы математической теории оптимального управления.	
3.	Принцип максимума Понтрягина в задаче оптимального управления. Связь принципа максимума и вариационного исчисления.	ПК-3
4.	Необходимые условия оптимальности в задачах оптимального управления на бесконечном промежутке времени. Условия трансверсальности.	ПК-4
5.	Неоклассическая модель оптимального экономического роста с бесконечным горизонтом планирования.	ПК-3
6.	Понятие о принципе оптимальности Беллмана (Метод динамического программирования).	ПК-4
7.	Неоклассические производственные функции. Двухфакторные производственные функции. Определение и интерпретация «эффекта от расширения масштаба». Условия Инада.	ПК-3
8.	Двухфакторные производственные функции. Понятия предельной нормы замещения и эластичности замещения ресурсов. Эластичность выпуска по ресурсам. Двухфакторная функция Кобба –Дугласа.	ПК-4
9.	Определение понятия эластичности функции $y = f(x)$. Доказательство формул: $E(fg) = E(f) + E(g)$, $E(f + g) = \alpha_+ E(f) + \beta_+ E(g), \alpha_+ = \left(\frac{f}{f + g} \right), \beta_+ = \left(\frac{g}{f + g} \right)$.	ПК-3
10.	Определение понятия эластичности функции $y = f(x)$. Доказательство формул: $E\left(\frac{f}{g}\right) = E(f) - E(g)$, $E(f - g) = \alpha_- E(f) - \beta_- E(g), \alpha_- = \left(\frac{f}{f - g} \right), \beta_- = \left(\frac{g}{f - g} \right)$.	ПК-4
11.	Двухфакторные производственные функции с постоянной эластичностью замещения ресурсов (CES-функции).	ПК-3
12.	Вывод общей формулы CES-функции, однородной степени μ .	ПК-4
13.	Многофакторные производственные функции (ПФ). Аналитическая характеристика свойства вогнутости ПФ.	ПК-3
14.	Экономическая интерпретация вогнутости ПФ («Закон убывающей доходности (отдачи)»).	ПК-4
15.	Понятия вырастающего (убывающего) дохода от расширения масштаба. Эластичность выпуска по отношению к масштабу. Случай однородных ПФ.	ПК-3
16.	Элементы неоклассической теории фирмы. Постановки «долгосрочной» и «краткосрочной» задач фирмы. Использование теоремы Куна – Таккера в случае непрерывно-дифференцируемых ограничений и целевой функции.	ПК-4
17.	Элементы теории потребительского выбора. Свойства функции полезности. Формулировка теоремы Дебре.	ПК-3
18.	Дополнительные предположения о свойствах функции	ПК-4

	полезности, делаемые в рамках неоклассической теории и их экономическая интерпретация.	
19.	Различные представители функций полезности (<i>CRR</i> ; <i>CARA</i> ; <i>HARA</i>).	ПК-3
20.	Динамика односекторной неоклассической экономической системы (построение модели Солоу – Свена.	ПК-4
21.	Вывод модели Солоу – Свена на основе рассмотрения динамики финансовых и трудовых ресурсов домохозяйств.	ПК-3
22.	Основные свойства модели Солоу – Свена. «Правило золотого века».	ПК-4
23.	Постановки задач об оптимальном управлении эволюцией экономической системы в рамках односекторной неоклассической модели (модель Рамси – Купманса – Касса) с использованием различных функций полезности репрезентативного экономического агента.	ПК-3
24.	Набор важнейших факторов, влияющих на динамику экономического роста по Р. Солоу (НТП, демография, ресурсы, ...). Направления обобщения модели Р. Солоу.	ПК-4
25.	Природа и концепции научно – технологического прогресса. Идеи Й. Шумпетера о неравномерном характере экономического роста и нововведениях как факторе технологического прогресса и неравномерности развития.	ПК-3
26.	Учет научно-технологического прогресса в моделях экономической динамики. Влияние учета НТП на вид производственной функции.	ПК-4
27.	Классификация типов технологического прогресса (нейтральность НТП в смысле Хикса, Харрода, Солоу).	ПК-3
28.	Эндогенные модели НТП. Модель Моисеева Н.Н. – Зеликиной Л.Ф. динамики НТП, нейтрального в смысле Хикса.	ПК-4
29.	Диффузия технологий. Некоторые механизмы возникновения и распространения нововведений.	ПК-3
30.	Понятие о человеческом капитале. Происхождение и развитие концепции человеческого капитала (А. Смит, Г. Беккер, Т. Шульц, Дж. Минцер).	ПК-4
31.	Инвестиции в человеческий капитал. Человеческий капитал и физический капитал: сходство и различия.	ПК-3
32.	Индексы и показатели, выступающие в качестве «эквивалента» (<i>proxy</i>) человеческого капитала (суммарное время обучения, размер дополнительного дохода, ...).	ПК-4
33.	Различные подходы к учету концепции человеческого капитала в неоклассических моделях экономического роста.	ПК-3
34.	Концепция неоклассической модели К. Эрроу (Arrow K., 1962) экономического роста с учетом накопления человеческого капитала (<i>learning by doing</i>).	ПК-4
35.	Неоклассическая модель Р. Лукаса (Lucas R.E., 1988)	ПК-3

	экономического роста с учетом накопления человеческого капитала. Особенности структуры системы уравнений.	
36.	Двухсекторная модель Х. Узава (1965) экономической динамики с учетом НТП и неоклассическая модель Р. Лукаса (1988). Сходства и различия.	ПК-4
37.	«Внутренний» и «внешний» эффекты человеческого капитала (в трактовке Р. Лукаса).	ПК-3
38.	Варианты постановки оптимизационной задачи для модели Р. Лукаса. Единая форма записи различных постановок оптимизационных задач и необходимых условий оптимальности.	ПК-4
39.	Формулировка Р. Лукаса определения сбалансированной траектории в моделях экономического роста (BGP – траектория).	ПК-3
40.	BGP – траектории в неоклассической модели Солоу – Свена (в трактовке Р. Лукаса).	ПК-4
41.	Понятие неопределенности в неоклассических моделях экономического роста (на примере неоклассической модели Р. Лукаса).	ПК-3
42.	Особенности структуры математической модели экономической динамики с учетом НТП и человеческого капитала – модель Г. Мэнкью, Д. Ромер и Д. Уэйл (Mankiw G.N., Romer D., Weil D., 1992).	ПК-4
43.	Математическая модель динамики физического и человеческого капиталов Г. Мэнкью, Д. Ромера и Д. Уэйла. Свойства модели, фазовый портрет.	ПК-3
44.	Понятие о многосекторных моделях экономической динамики (Benhabib J., Nishinura K., 1979, 1999 и др.).	ПК-4
45.	Общая идея концепции модели П. Ромера технологических изменений.	ПК-3
46.	Учет динамики роста населения и рабочей силы в моделях экономического роста.	ПК-4
47.	Использование моделей динамики биологических популяций в задачах экономической динамики (уравнение Ферхюльста – Пирла – Рида и др.).	ПК-3
48.	Учет процесса миграции рабочей силы в односекторных моделях экономического роста.	ПК-4
49.	Проблемы экологии и истощения ресурсов и модели экономического роста. Возобновимые и невозобновимые ресурсы.	ПК-3
50.	Проблема содержательной экономической интерпретации результатов исследования математических моделей.	ПК-4

5.2.2. Примеры типовых тестовых заданий для оценки сформированности компетенции «ПК-3»

№ 1	Решение уравнения Гомпертца имеет вид:	Ответ
-----	--	-------

	1.	$N(t) = K \exp \left\{ \ln \left(\frac{N_0}{K} \right) [1 + e^{-r(t-t_0)}]^{-1} \right\}$	
	2.	$N(t) = K \exp \left\{ \ln \left(\frac{N_0}{K} \right) [1 + e^{-r(t-t_0)}] \right\}$	
	3.	$N(t) = K \exp \left\{ -\ln \left(\frac{N_0}{K} \right) e^{-r(t-t_0)} \right\}$	
	4.	$N(t) = K \exp \left\{ \ln \left(\frac{N_0}{K} \right) e^{r(t-t_0)} \right\}$	
	5.	$N(t) = K \exp \left\{ \ln \left(\frac{N_0}{K} \right) e^{-r(t-t_0)} \right\}$	
№ 2	Функциональный отклик IV типа – функции Моно – Холдейна имеет вид:		Ответ
	1.	$V(N) = \frac{cN^2}{(a+N)(b+N)}$	
	2.	$V(N) = \frac{cN}{(a+N)(b+N)}$	
	3.	$V(N) = \frac{cN}{(a+N^2)(b+N)}$	
	4.	$V(N) = \frac{cN}{(a+N)(b+N^2)}$	
	5.	$V(N) = \frac{(c+N)^2}{(a+N)^2(b+N)^2}$	
№ 3	Математическая модель Лесли – Гувера типа модели «хищник-жертва» имеет вид:		Ответ
	1.	$\frac{dN_1(t)}{dt} = r_1 N_1(t) \left\{ 1 - \frac{N_1(t)}{K_1} \right\} - \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \frac{dN_2(t)}{dt} = r_2 N_2(t) \left\{ 1 - \frac{N_2(t)}{vN_1(t)} \right\}$	
	2.	$\frac{dN_1(t)}{dt} = r_1 N_1(t) \left\{ 1 + \frac{N_1(t)}{K_1} \right\} - \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \frac{dN_2(t)}{dt} = r_2 N_2(t) \left\{ 1 - \frac{N_2(t)}{vN_1(t)} \right\}$	
	3.	$\frac{dN_1(t)}{dt} = r_1 N_1(t) \left\{ 1 - \frac{N_1(t)}{K_1} \right\} - \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \frac{dN_2(t)}{dt} = r_2 N_2(t) \left\{ 1 + \frac{N_2(t)}{vN_1(t)} \right\}$	
	4.	$\frac{dN_1(t)}{dt} = -r_1 N_1(t) \left\{ 1 + \frac{N_1(t)}{K_1} \right\} - \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \frac{dN_2(t)}{dt} = r_2 N_2(t) \left\{ 1 - \frac{N_2(t)}{vN_1(t)} \right\}$	
	5.	$\frac{dN_1(t)}{dt} = r_1 N_1(t) \left\{ 1 - \frac{N_1(t)}{K_1} \right\} + \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \frac{dN_2(t)}{dt} = r_2 N_2(t) \left\{ 1 - \frac{N_2(t)}{vN_1(t)} \right\}$	

5.2.3. Примеры типовых заданий/задач

для оценки сформированности компетенции «ПК-4»

5.2.3.1. Примеры практических заданий

1[✶]. Выпишите список «табличных производных» «в столбик» в левой половине страницы; для тех же самых функций в правой половине страницы «в столбик» выпишите список их эластичностей (не менее 10 «табличных» функций!).

2[✶]. Придумайте «свою» графическую иллюстрацию правила Маршалла.

3[✶]. Сопоставьте модели Солоу с непрерывным и дискретным временем. Укажите взаимосвязи «дискретной» и «непрерывной» моделей Солоу. Укажите сходства и различия этих моделей.

4[✶]. Проанализируйте двухфакторную функцию полезности

$$U(c, L) = \frac{c^{1-\sigma}}{1-\sigma} - A \frac{(1-L)^{1+\varphi}}{1+\varphi}, \quad \varphi \neq -1, \quad \sigma \in (0,1) \cup (1,\infty).$$

Предложите содержательную интерпретацию данной функции полезности и её «улучшенные версии».

5.2.3.2. Примеры задач

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.

Задача № 2

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 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 ОДУ.

Задача № 3

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 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 ОДУ.

Задача № 4

Исследуйте следующую обобщенную модель Вольтерра – Лотки типа «хищник – жертва» – систему обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), встречающуюся в некоторых задачах математической биологии:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1(t)}{dt} &= r_1 N_1(t) \left[1 - \frac{N_1(t)}{K} \right] - \gamma_1 N_1(t) N_2(t), \\ \frac{dN_2(t)}{dt} &= -r_2 N_2(t) + \gamma_2 N_1(t) N_2(t),\end{aligned}$$

K – емкость ареала обитания травоядной популяции.

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.

Задача № 5

Определение понятия эластичности функции $y = f(x)$. Доказательство формулы:

$$E\left(\frac{f}{g}\right) = E(f) - E(g).$$

Задача № 6

Определение понятия эластичности функции $y = f(x)$. Доказательство формулы:

$$E(f - g) = \alpha_- E(f) - \beta_- E(g), \quad \alpha_- = \left(\frac{f}{f - g} \right), \quad \beta_- = \left(\frac{g}{f - g} \right)$$

5.2.4. Темы проектных работ, эссе, рефератов

5.2.4.1. Примерная тематика учебно-исследовательских (проектных) работ:

1. Концепции (модели) революционного развития науки. Модель процесса накопления знаний.
2. Концепции (модели) революционного развития науки. Модель абсолютной прерывности развития науки.
3. Концепции (модели) революционного развития науки. Модель И. Лакатоса развития науки а основе научных программ. Общая характеристика понятия «парадигма» (Т. Кун).
4. Современные подходы к теории потребительского выбора и концепции полезности. Обобщения теоремы Дебре.
5. Различные представители функций полезности (типа *CRR*; *CARA*; *HARA*) в многофакторном случае.
6. Современные обобщения неоклассической модели Солоу – Свена.
7. Двухсекторная модель экономической динамики с учетом НТП и человеческого капитала – модель Г. Мэнкью, Д. Ромер и Д. Уэйл (Mankiw G.N., Romer D., Weil D., 1992).
8. Применение модели Г. Мэнкью, Д. Ромер и Д. Уэйл (Mankiw G.N., Romer D., Weil D., 1992) в эконометрических исследованиях.
9. Проблема измерения человеческого капитала.
10. Понятие о сбалансированной траектории в моделях экономического роста (BGP – траектории). BGP – траектории в неоклассической модели Солоу – Свена (в трактовке Р. Лукаса) и в неоклассической модели Р. Лукаса.
11. Понятие неопределенности в неоклассических моделях экономического роста (на примере неоклассической модели Р. Лукаса).

5.2.4.2. Примерная тематика эссе, посвященных трудам и биографиям ученых:

№	Ученый	Тема эссе
1.	Александров Анатолий Петрович	Вклад в атомную и ядерную физику
2.	Андронов Александр Александрович (старший)	Вклад в теорию динамических систем
3.	Аррениус, Сванте Август (<i>Arrhenius, Svante August</i>)	Развитие химии и химической кинетики
4.	Арцимович Лев Андреевич	Вклад в атомную и ядерную физику, физику плазмы
5.	Базыкин Александр Дмитриевич	Математическое моделирование динамики биологических популяций
6.	Баренблатт Григорий	Вклад в теорию горения и взрыва и математику

	Исаакович	
7.	Бекетов Николай Николаевич	Развитие физической химии
8.	Беккерель, Анри Антуан (Becquerel, Antoine Henri)	Вклад в атомную и ядерную физику, радиоактивность
9.	Белоусов Борис Павлович	Математическое моделирование динамики биологических популяций
10.	Боденштейн, Макс Эрнст Август (Bodenstein, Max Ernst August)	Химическая кинетика, теория горения и взрыва, цепные реакции
11.	Агийон П. (Aghion P.)	Модель Агийона – Хоуитта эндогенного экономического роста
12.	Асемоглу Д. (Acemoglu D.)	Вклад в построение эндогенных математических моделей теории экономического роста
13.	Джонс Ч. (Jones C.I.)	Критика Ч. Джонса эндогенных математических моделей теории экономического роста
14.	Доси Дж., Перес Ш.	Концепция циклического развития экономики. Теория Дж. Доси и Ш. Переса технологических укладов
15.	Канторович Л.В.	Л.В. Канторович и его вклад в развитие математической экономики в России
16.	Касс Д. (Cass D.)	Модель Рамси – Купманса – Касса экономического роста

5.2.4.3. Примерная тематика индивидуальных творческих работ:

1. Особенности применения метода математического моделирования в естественнонаучных, инженерных, технических и экономических исследованиях: общее и особенное.
2. Системы математических моделей. Понятие механизма явления. Основные требования к математическим моделям.
3. Общее понятие динамической системы
4. Концепция общей системы как отношения. Структура системы и взаимодействие ее подсистем.
5. Соединение систем. Понятие обратной связи. Исследование систем на основе процедур декомпозиции и агрегирования.
6. Исследование экономических особенностей регионов Российской Федерации (анализ динамики валового регионального продукта).
7. Исследование социально-экономических особенностей и различий регионов федеральных округов.
8. Анализ динамики распространения инновационных технологий в российских регионах.
9. Сравнительный анализ динамики экономического роста российской экономики и экономики стран Европейского союза.
10. Сравнительный анализ динамики экономического роста российской экономики и

5.2.4.4. Методические рекомендации по выполнению учебно-исследовательских работ

Этапы выполнения проектной работы

	Содержание этапа	Формируемые компетенции
1.	Обоснование актуальности темы, её практической значимости	ПК-3, ПК-4
2.	Теоретическая часть, включающая общетеоретический анализ проблемы, а также возможные применения методов математического и компьютерного моделирования	ПК-3, ПК-4
3.	Практическая часть, включающая обоснование выбора методов математического и компьютерного моделирования изучаемой проблемы	ПК-3, ПК-4
4.	Анализ результатов, выводы	ПК-3, ПК-4

Учебно-исследовательские работы в рамках данного курса представляют собой, как правило, изучение некоторого экономического процесса или системы, с помощью методов, изучаемыми в рамках лекционных и практических занятий, а также осваиваемыми студентами самостоятельно, анализ и объяснение полученных результатов, а также возможные прогнозы поведения изучаемой системы в будущем.

Требования к оформлению письменной работы (проекта)

Оптимальный объем творческой работы составляет в среднем 20-30 страниц машинописного текста, А4, Times New Roman, 14 пт, полуторный интервал (1,5 пт), выравнивание по ширине, нумерация страниц внизу от центра, номер 1 на титульном листе не ставится, красная строка – 1,25. Поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 25 мм. Заголовки глав и параграфов отличаются по размеру и выделяются пустыми строками. Каждая глава начинается с новой страницы, после параграфа следует оставлять две пустых строки.

Крупные таблицы, рисунки и схемы выносятся в приложение. Подписи к рисункам располагаются под рисунком по центру; подписи к таблицам располагаются над таблицей по правому краю. Библиографические ссылки оформляются в соответствии с действующим стандартом.

Требования к содержанию доклада:

- четкость и доступность изложения материала;
- соответствие темы работы ее содержанию;
- актуальность и практическая значимость работы;
- эрудиция автора, умелое использование различных точек зрения по теме работы;
- наличие собственных взглядов и выводов по проблеме;
- умение использовать специальную терминологию и литературу по теме.

Оценка	Критерии оценки выступления с докладом
Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями (текст работы соответствует всем предъявляемым требованиям; докладчик превосходно владеет знаниями по теме; речь докладчика последовательна и логична; обстоятельно отвечает на вопросы преподавателя или студентов; подготовлен высококачественный иллюстрирующий материал: плакаты, слайды, раздаточный материал (таблицы, схемы, рисунки)).
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками (текст работы в целом соответствует предъявляемым требованиям; докладчик отлично владеет знаниями по теме; речь докладчика достаточно последовательна и логична; отвечает практически на все вопросы преподавателя или студентов; подготовлен качественный иллюстрирующий материал: плакаты, слайды, раздаточный материал (таблицы, схемы, рисунки)).
Очень хорошо	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок (текст работы в основном соответствует предъявляемым требованиям; докладчик очень хорошо владеет знаниями по теме; речь докладчика достаточной мере последовательна и логична; отвечает на большинство вопросов преподавателя или студентов; подготовлен очень хороший иллюстрирующий материал: плакаты, слайды, раздаточный материал (таблицы, схемы, рисунки)).
Хорошо	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками (текст работы в значительной степени соответствует предъявляемым требованиям; докладчик хорошо владеет знаниями по теме; речь докладчика в достаточной мере последовательна и логична, хотя нарушена схема доклада, не выдержан регламент доклада; отвечает на большинство вопросов преподавателя или студентов; не в полной мере подготовлен иллюстрирующий материал).
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям (текст работы в минимальной степени соответствует предъявляемым требованиям; докладчик удовлетворительно владеет знаниями по теме; речь докладчика не всегда последовательна и логична, нарушена схема доклада, не выдержан регламент доклада; отвечает на минимальное количество вопросов преподавателя или студентов, в ответах на вопросы присутствуют неточности; подготовка иллюстрирующего материала на минимальном уровне).
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания (текст работы фактически не соответствует предъявляемым требованиям; докладчик неудовлетворительно владеет знаниями по теме; речь докладчика не последовательна и не логична, не выдержан регламент доклада; не отвечает на вопросы преподавателя или студентов, в ответах на вопросы присутствуют неточности; подготовка иллюстрирующего

	материала на неудовлетворительном уровне).
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная (текст работы не представлен или полностью не соответствует предъявляемым требованиям; докладчик не владеет знаниями по теме; речь докладчика не последовательна и не логична, не выдержан регламент доклада; практически не отвечает на вопросы преподавателя или студентов, а в ответах на вопросы присутствуют существенные неточности и ошибки; не подготовлен иллюстрирующий материал).

Примечание. Шкала оценивания доклада соответствует Приказу ННГУ № 229 – ОД от 10.10.2002 «О введении европейской системы оценки успеваемости студентов».

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Балдин, К. В. Математические методы и модели в экономике: учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев; под общей редакцией К. В. Балдина. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 328 с. — ISBN 978-5-9765-0313-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/99987> (дата обращения: 11.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Катаргин, Н. В. Экономико-математическое моделирование: учебное пособие / Н. В. Катаргин. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-3075-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107939> (дата обращения: 11.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Плохотников, К. Э. Математическое моделирование глобальной общественной динамики: учебное пособие / К. Э. Плохотников. — Москва: ФЛИНТА, 2018. — 388 с. — ISBN 978-5-9765-3945-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108306> (дата обращения: 11.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Пехтерева, Л. В. Математические методы в гуманитарных исследованиях: учебное пособие / Л. В. Пехтерева, Е. В. Исаева. — Новосибирск: НГТУ, 2018. — 202 с. — ISBN 978-5-7782-3535-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118339> (дата обращения: 11.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Кузнецов Ю.А., Перова В.И., Семенов А.В., Математические методы моделирования в гуманитарных и социально-экономических исследованиях. — Нижний Новгород: Издательство ННГУ. 2014. 153с. — <http://www.unn.ru/books/resources.html/Kuznetsov.rar>
2. Кузнецов Ю.А., Оптимальное управление экономическими системами. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2008. — 449с.¹

¹ В Фундаментальной библиотеке ННГУ имеется 40 экземпляров данной книги ($\frac{517.9}{K-89}$, АБ. № 1, № 6003 – 40 экз.).

3. Кузнецов Ю.А., Семенов А.В., Оптимизация экономических систем. Основы теории и примеры расчетов в системе MatLab. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2007. – 256с. ²
4. Осипов Г. В., Математические методы в современных социальных науках: Уч. пос./ Г.В. Осипов, В.А. Лисичкин; под общ. ред. В.А. Садовниченко. - М.: Норма: ИНФРА-М, 2014. - 384 с.: ил.; 60х90 1/16 <http://znanium.com/bookread2.php?book=448985>
5. Малугин В. А., Количественный анализ в экономике и менеджменте: Учебник / В.А. Малугин, Л.Н. Фадеева. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 615 с.: 60х90 1/16. <http://znanium.com/bookread2.php?book=363305>
6. Кузнецов Ю.А., Семенов А.В., Информационные технологии в предпринимательской деятельности. – Нижний Новгород: Издательство ННГУ. 2014. 136с. – <http://www.unn.ru/e-learning/course/view/php?id=816>
7. Математика и экономико-математические модели: Учебник/С.В.Юдин - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 374 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=491811>
8. Канке В.А., Лукашина Л.В., Концепции современного естествознания. Учебное пособие для академического бакалавриата.
9. Учебное пособие.
14. Издательство: М.: Издательство Юрайт 2015. http://www.biblio-online.ru/thematic/?13&id=urait.content.8EF80736-C052-4769-9645-0D0398B9879E&type=c_pub
9. Гусейханов М.К., Концепции современного естествознания. Учебник и практикум для академического бакалавриата.
14. Издательство: М.: Издательство Юрайт 2016. http://www.biblio-online.ru/thematic/?9&id=urait.content.48AAF881-4556-4E5C-A611-620E4823C8A8&type=c_pub
10. Бондарев В.П., Концепции современного естествознания: Учебник. - 2-е изд., пер. и доп. - М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 512 с. <http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=концепции+современного+естествознания&page=2>
11. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. 4-е изд. Учебное пособие для академического бакалавриата.
12. Учебное пособие.
17. Издательство: М.:Издательство Юрайт. 2015. http://www.biblio-online.ru/thematic/?2&id=urait.content.2CDDEF46-10D3-476D-9194-16B983EE4FEE&type=c_pub
12. Колесин И. Д. Принципы моделирования социальной самоорганизации [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 282 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5709
13. Кузнецов Ю.А., Математическое моделирование биологических процессов (Mathematical modelling of biological processes): Учебное пособие. Для студентов факультета иностранных студентов, обучающихся в ННГУ по направлению подготовки 38.04.02. «Биология» (магистратура). – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 72с. Фонд ЭОР ННГУ. Регистрационный номер 1221.16.07, http://www.unn.ru/books/met_files/Kuznetsov_IuA_IEE_01.pdf, <http://www.unn.ru/books/resources.html>

² В Фундаментальной библиотеке ННГУ имеется 60 экземпляров данной книги ($\frac{004.9}{К-89}$, АБ. № 1, № 5802 – 60 экз.).

14. Марков, Ю.Г. Математические модели химических реакций [Электронный ресурс] : учебник / Ю.Г. Марков, И.В. Маркова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 184 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=30200
15. Красс М.С., Моделирование эколого-экономических систем: Учебное пособие / М.С. Красс. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 272 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). <http://znanium.com/bookread2.php?book=398940>
16. Валянский С.И., Концепции современного естествознания. Учебное пособие для академического бакалавриата.
17. Учебное пособие.
22. Издательство: М.:Издательство Юрайт 2015.http://www.biblio-online.ru/thematic/?15&id=urait.content.1679A407-95E1-493F-B5EC-E4AFC88D07F2&type=c_pub

в) 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

Для проведения лекционных занятий и практических занятий необходим компьютерный класс с мультимедийными средствами обучения и выходом в сеть «Интернет» сети «Интернет».

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 38.03.05 «Бизнес-информатика», профиль «Аналитические методы и информационные технологии поддержки принятия решений в экономике и бизнесе».

Автор:

Заведующий кафедрой математического моделирования экономических процессов Института экономики и предпринимательства ННГУ,
д.ф.-м.н., профессор

Ю.А. Кузнецов

Заведующий кафедрой математического моделирования экономических процессов Института экономики и предпринимательства ННГУ,
д.ф.-м.н., профессор

Ю.А. Кузнецов

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института экономики и предпринимательства от « ____ » _____ 2022 года, протокол № .