

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
О.Н.Здрок
«20» 20 2020 г.
Регистрационный № УД-8878 /уч.



Экономико-математические модели

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

Направление специальности

1-31 03 01-03 Математика (экономическая деятельность)

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2013 и учебного плана № G31-139/уч. от 30.05.2013 по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям) направление специальности 1-31 03 01-03 Математика (экономическая деятельность)

СОСТАВИТЕЛИ:

Забрейко Петр Петрович, профессор кафедры функционального анализа и аналитической экономики механико-математического факультета Белорусского Государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

Пономарева Светлана Владимировна, доцент кафедры функционального анализа и аналитической экономики механико-математического факультета Белорусского Государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ¹:

Пыжкова Ольга Николаевна, заведующий кафедрой высшей математики Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат физико-математических наук, доцент;

Кротов Вениамин Григорьевич, заведующий кафедрой теории функций механико-математического факультета Белорусского Государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой функционального анализа и аналитической экономики протокол № 12 от 04.06.2020;

Научно-методическим Советом БГУ протокол № 5 от 17.06.2020

Заведующий кафедрой, профессор  А.В. Лебедев

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – "Экономико-математические модели" — повышение уровня профессиональной компетентности, дать возможность студентам познакомиться с основными статическими моделями, используемыми в современной математической экономике, в первую очередь, с классической моделью Леонтьева и ее многочисленными обобщениями – как известно, именно модель Леонтьева к настоящему времени наиболее изучена и именно она позволяет достаточно эффективно определять рентабельность как небольших предприятий, так и больших экономических комплексов.

Задачи учебной дисциплины:

1. подготовка квалифицированных специалистов, владеющих теоретическими основами и методами математического моделирования практических задач экономики.
2. формирование у студентов основ математического мышления, овладение методами математического моделирования экономических явлений и процессов, а также умения интерпретировать результаты исследования математических моделей с экономической точки зрения.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин (компонент учреждения образования)

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение дисциплины базируется на знаниях дисциплин «Алгебра», «Математический анализ», «Функциональный анализ».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Экономико-математические модели» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-1. Обладать качествами фажданственности.
СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

профессиональные компетенции:

ПК-2. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. Применять современные методы проектирования информационных систем, использовать веб-сервисы, оформлять техническую документацию.

ПК-3. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности и в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности.

ПК-8. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.

ПК-13. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-14. Анализировать и оценивать собранные данные.

ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- классическую модель Леонтьева;
- основные факты теории неотрицательных матриц;
- основные используемые на практике численные методы анализа модели Леонтьева;

уметь:

- составлять математические модели по экономическим данным технологические матрицы;
- проверять продуктивность технологических матриц, оценивать эффективность соответствующих моделей; определять положительные и неотрицательные собственные векторы технологических матриц;
- вычислять или оценивать основные характеристики технологических матриц;

владеть:

методами математического моделирования экономических задач

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре и 6 семестре дневной формы получения образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Экономико-математические модели» отведено:

– для очной формы получения высшего образования– 148 часов, в том числе 70 аудиторных часов, из них: лекции – 36 часов, лабораторные занятия– 26 часов , управляемая самостоятельная работа – 8 часов:

– в 5 семестре 58 часов, в том числе аудиторных занятий – 36 часов, из них лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 14 часов, УСР – 4 часов.

– в 6 семестре 90 часов, в том числе аудиторных занятий – 34 часов, из них лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 12 часов, УСР – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет в 5 семестре, экзамен в 6 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ТЕОРИЯ НЕОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МАТРИЦ

Тема 1.1 Экономика и математика

Математика и экономика. Пространство благ; основные структуры конечномерного пространства R^n с экономической точки зрения. Координаты в "экономических" пространствах; "допустимые" замены переменных. Дуальное пространство с экономической точки зрения. Вещественные и комплексные пространства. Время в экономике. Дискретное и непрерывное время. Общая схема экономических отношений. Производители и потребители. Рынки. Статические и динамические модели в экономике.

Тема 1.2. Открытая модель Леонтьева ее продуктивность

Открытая модель Леонтьева. Уравнение Леонтьева. Производственная матрица. Экономический смысл элементов, строк и столбцов производственной матрицы. Неразложимые и разложимые матрицы. Экономический смысл. Продуктивные открытые модели Леонтьева. Условия продуктивности. Спектральный радиус, его основные свойства и вычисление. Ряд Неймана. Объемы производства и потребления. Издержки производства. Прямые и косвенные, суммарные издержки. Основные теоремы об издержках производства в случае неразложимой технологической матрицы и в общем случае.

Тема 1.3. Неотрицательные матрицы и спектральный радиус

Положительные и неотрицательные матрицы, граф неотрицательной матрицы. Спектральный радиус матрицы, различные формулы для спектрального радиуса: ряд Неймана, формула Гельфанда, связь спектрального радиуса с эквивалентными нормами

Тема 1.4. Теоремы Перрона-Фробениуса

Спектральные свойства положительных матриц. Существование положительного собственного вектора и положительность спектрального радиуса. Минимаксные формулы для спектрального радиуса положительной матрицы. Неразложимые и разложимые матрицы и их спектральные свойства. Булевы матрицы и их приложения к теории неотрицательных матриц.

Раздел 2. ОСНОВЫ ЭКОНОСТАТИКИ

Тема 2.1 Примитивные и импримитивные матрицы

Примитивные матрицы. Спектральные свойства примитивных матриц. Теорема Виландта. Признаки импримитивности неотрицательных матриц. Острые матрицы и оценки коэффициентов остроты матриц. Импримитивные матрицы и их спектральные свойства. Теорема об итерациях неразложимых матриц.

Тема 2.2. Оценки спектрального радиуса и их экономические приложения

Неотрицательные собственные векторы неразложимых и разложимых матриц; главные собственные. Вычисление главных собственных векторов. Булевы матрицы и их приложения к теории неотрицательных матриц. Итерации разложимых неотрицательных матриц

Тема 2.3. Теоремы о возмущениях равновесия

Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случаи неразложимой и разложимых матриц. Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц.

Тема 2.4. Итерационные методы исследования модели Леонтьева

Пространство Биркгофа-Гильберта. Теорема о полноте пространства Биркгофа-Гильберта и теорема Биркгофа. Вычисления положительного собственного вектора. Спектральный зазор положительных матриц. Осцилляция и теорема Островского. Теорема Бауэра. Геометрический смысл теорем Биркгофа, Островского и Бауэра. Оценки спектрального зазора. Теорема Красносельского-Соболева. Достаточные признаки примитивности матриц. Острые матрицы.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Теория неотрицательных матриц							
1.1	<i>Экономика и математика</i>	2			2			
1.1.1	Математика и экономика. Пространство благ; основные структуры конечномерного пространства R^n с экономической точки зрения. Координаты в "экономических" пространствах; "допустимые" замены переменных. Дуальное пространство с экономической точки зрения.	1						собеседование
1.1.2	Вещественные и комплексные пространства. Время в экономике. Дискретное и непрерывное время. Общая схема экономических отношений. Производители и потребители. Рынки. Статические и динамические модели в экономике.	1			2			собеседование
1.2	<i>Открытая модель Леонтьева ее продуктивность</i>	6			4		2	
1.2.1	Открытая модель Леонтьева. Уравнение Леонтьева. Производственная матрица. Экономический смысл элементов, строк и столбцов производственной матрицы. Неразложимые и разложимые матрицы. Экономический смысл.	2			2			Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
1.2.2	Продуктивные открытые модели Леонтьева. Условия продуктивности. Спектральный радиус, его основные свойства и вычисление. Ряд Неймана.	2			2			Контрольная работа

	Объемы производства и потребления. Издержки производства. Прямые и косвенные, суммарные издержки. Основные теоремы об издержках производства в случае неразложимой технологической матрицы и в общем случае.						
1.2.3	Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случай неразложимой и разложимых матриц. Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц. Затраты внешних ресурсов. Цены и равновесие в открытой модели Леонтьева. Равновесная и неравновесные экономики. Обзор условий продуктивности открытой модели Леонтьева.	2				2	собеседование
1.3	<i>Неотрицательные матрицы и спектральный радиус</i>	6			4	2	
1.3.1	Положительные и неотрицательные матрицы, граф неотрицательной матрицы..	2			2		Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
1.3.2	Спектральный радиус матрицы, различные формулы для спектрального радиуса: ряд Неймана, формула Гельфанда, связь спектрального радиуса с эквивалентными нормами	2			2		Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
1.3.3	Основные свойства спектрального радиуса. Основная теорема о продуктивности.	2				2	Контрольная работа
1.4	<i>Теремы Перрона-Фробениуса</i>	4			4		
1.4.1.	Спектральные свойства положительных матриц. Существование положительного собственного вектора и положительность спектрального радиуса..	2			2		Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
1.4.2	Минимаксные формулы для спектрального радиуса положительной матрицы. Неразложимые и разложимые матрицы и их спектральные свойства	1			2		Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
1.4.3	Булевы матрицы и их приложения к теории неотрицательных матриц.	1					собеседование
	Всего за семестр	18			14	4	
2	Основы эконостатики						
2.1	<i>Примитивные и импримитивные матрицы</i>	4			2	2	
2.1.1	Примитивные матрицы. Спектральные свойства	2			2		Отчёты по аудиторным

	примитивных матриц. Теорема Виландта. Признаки импримитивности неотрицательных матриц.						практическим упражнениям с их устной защитой
2.1.2	Острые матрицы и оценки коэффициентов остроты матриц. Импримитивные матрицы и их спектральные свойства. Теорема об итерациях неразложимых матриц.	2				2	собеседование.
2.2	<i>Оценки спектрального радиуса и их экономические приложения</i>	6		4			
2.2.1.	Неотрицательные собственные векторы неразложимых и разложимых матриц; главные собственные. Вычисление главных собственных векторов. Булевы матрицы и их приложения кв теории неотрицательных матриц. Итерации разложимых неотрицательных матриц.	4		2			Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
2.2.2	Теоремы об оценках сверху и снизу спектрального радиуса неотрицательных матриц. Теорема Хокинса-Саймона и ее экономический смысл.	2		2			Контрольная работа
2.3	<i>Теоремы о возмущениях равновесия</i>	4		2		2	
2.3.1.	Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случай неразложимой и разложимых матриц	2		2			собеседование
2.3.2	Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц.	2				2	собеседование.
2.4	<i>Итерационные методы исследования модели Леонтьева</i>	4		4			
2.4.1	Пространство Биркгофа-Гильберта. Теорема о полноте пространства Биркгофа-Гильберта и теорема Биркгофа. Вычислении положительного собственного вектора.	2		2			Отчёты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой
2.4.2	Спектральный зазор положительных матриц. Осцилляция и теорема Островского. Теорема Бауэра. Геометрический смысл теорем Биркгофа, Островского и Бауэра. Оценки спектрального зазора. Теорема Красносельского-Соболева. Достаточные признаки примитивности матриц. Острые матрицы	2		2			Контрольная работа
	Всего за семестр	18		12		4	
	Всего	36		26		8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Ашманов С.А. Математические модели и методы в экономике. - Москва: Издательство Московского университета, 1980. - 200 с.
2. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. - Москва: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1984. - 294 с.
3. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления (Справочно-математическая библиотека). - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. - 320 с.
4. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. - Москва: Наука, Физматгиз, 1966. - 548 с.
5. Забрейко П.П. Математические Основы Экономики. - Лекции, 2002, 1-54.
6. Фридман, А. А. Лекции по курсу микроэкономики продвинутого уровня . - Москва: ВШЭ, 2018, 375 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Аллен Р. Математическая экономия. - Москва: Издательство иностранной литературы, 1963. - 600 с.
2. Dorfman R., Samuelson P.A., Solow R.M. Linear Programming and Economic Analysis. - New York Toronto London: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1958. - 525 с.
3. Забрейко П.П., Шевелевич К.В. Теоремы Хикса и Ле-Шателье--Самуэльсона для разложимых неотрицательных матриц. - Доклады НАН Беларуси, (2002), No 3, с. 30-34.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «*Экономико-математические модели*» учебным планом предусмотрен зачет и экзамен.

Контроль работы студента проходит в форме собеседования, контрольной работы в аудитории или выполнения самостоятельных работ и практических упражнений в аудитории, а также самостоятельной работы вне аудитории с предоставлением отчета с его устной защитой. Задания к контрольным работам составляются согласно содержанию учебного материала.

Экзамен по дисциплине проходит в устной или письменной форме.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- собеседование – 25 %;
- контрольные работы – 50 %;
- письменные отчеты по практическим упражнениям с их устной защитой – 25 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационной оценки – 70 %.

Итоговая оценка формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29.05.2012 г.).

2. ПОЛОЖЕНИЕ о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете (Приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020

3. Критерии оценки знаний и компетенций студентов по 10-балльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 22.12.2003 г. № 21-04-1/105).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.2.3. *Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случаи неразложимой и разложимых матриц. Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц.*

Студент изучает Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случаи неразложимой и разложимых матриц. Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц. Затраты внешних ресурсов. Цены и равновесие в открытой модели Леонтьева. Равновесная и неравновесные экономики. Обзор условий продуктивности открытой модели Леонтьева.

Форма контроля – отчеты по практическим упражнениям с их устной защитой, собеседование.

Тема 1.3.3. *Основные свойства спектрального радиуса. Основная теорема о продуктивности.*

Студент изучает основные свойства спектрального радиуса. основную теорему о продуктивности.

Форма контроля – контрольная работа.

Тема 2.1.2. *Острые матрицы.*

Студент изучает острые матрицы и оценки коэффициентов остроты матриц. Импримитивные матрицы и их спектральные свойства. Теорему об итерациях неразложимых матриц.

Форма контроля – собеседование.

Тема 2.3.2 *Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева.*

Студент изучает феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц.

Форма контроля – собеседование.

Примерная тематика лабораторных занятий

Лабораторное занятие № 1. Вещественные и комплексные пространства. Время в экономике.

Лабораторное занятие №2 Открытая модель Леонтьева. Уравнение Леонтьева. Производственная матрица.

Лабораторное занятие №3 Продуктивные открытые модели Леонтьева. Условия продуктивности.

Лабораторное занятие №4 Положительные и неотрицательные матрицы

Лабораторное занятие №5 Спектральный радиус матрицы

Лабораторное занятие №6 Спектральные свойства положительных матриц. Существование положительного собственного вектора

Лабораторное занятие №7 Минимаксные формулы для спектрального радиуса положительной матрицы. Неразложимые и разложимые матрицы и их спектральные свойства

Лабораторное занятие №8 Примитивные матрицы. Спектральные свойства примитивных матриц.

Лабораторное занятие №9 Неотрицательные собственные векторы неразложимых и разложимых матриц. Вычисление главных собственных векторов.

Лабораторное занятие №10 Теорема Хокинса—Саймона и ее экономический смысл.

Лабораторное занятие №11 Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева.

Лабораторное занятие №12 Пространство Биркгофа-Гильберта. Вычисления положительного собственного вектора.

Лабораторное занятие №13 Спектральный зазор положительных матриц.
Оценки спектрального зазора.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса могут быть использованы следующие подходы и методы: *эвристический подход, практико-ориентированный подход, метод проектного обучения, метод учебной дискуссии, методы и приемы развития критического мышления, метод группового обучения*, которые предполагают:

- осуществление студентами значимых открытий;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности;
- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций;
- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники;
- способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта;
- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

Все результаты и достижения группируются на основе основных видов деятельности студентов: учебной, научно-исследовательской и иной. Методы обеспечивают появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения. Также они представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления и являются организацией учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых

групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по изучаемой теме;
- выполнение домашнего задания;
- работы, предусматривающие решение задач и выполнение упражнений;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим семинарским занятиям;
- научно-исследовательские работы;
- подготовка и написание рефератов, докладов, эссе и презентаций на заданные темы;
- подготовка к участию в конференциях и конкурсах.

Темы реферативных работ

Модель расширяющейся экономики Неймана
Классическая и кейнсианская модели макроэкономического равновесия
Кратковременные экономические циклы
Экономические циклы Кондратьева
Модель Вальраса-Вальда
Модель гонки вооружений Ричардсона
Модель Мальтуса
Модель Солоу
Паутинообразные модели
Модель Эрроу-Гурвица

Примерный перечень вопросов к экзамену/зачету

5 семестр

1. Открытая модель Леонтьева (описание)
2. Условия продуктивности модели Леонтьева
3. Теорема Перрона для положительных матриц
4. Неразложимые матрицы.
5. Теорема идентификации неразложимых матриц
6. Теорема Фробениуса для неразложимых матриц
7. Издержки производства. Прямые и косвенные, суммарные издержки.
8. Основные теоремы об издержках производства

6 семестр

9. Примитивные матрицы.
10. Спектральные свойства примитивных матриц.

11. Теорема Виландта.
12. Признаки импримитивности неотрицательных матриц.
13. Острые матрицы и оценки коэффициентов остроты матриц.
14. Импримитивные матрицы и их спектральные свойства.
15. Теорема об итерациях неразложимых матриц.
16. Неотрицательные собственные векторы неразложимых и разложимых матриц; главные собственные.
17. Вычисление главных собственных векторов..
18. Булевы матрицы и их приложения к теории неотрицательных матриц. Итерации разложимых неотрицательных матриц.
19. Теоремы об оценках сверху и снизу спектрального радиуса неотрицательных матриц.
20. Теорема Хокинса—Саймона и ее экономический смысл..
- 21.** Феномен Хикса в открытой модели Леонтьева. Случаи неразложимой и разложимых матриц.
22. Феномен Самуэльсона в открытой модели Леонтьева для неразложимых и разложимых матриц.
23. Пространство Биркгофа-Гильберта.
24. Знать формулировки теорем о полноте пространства Биркгофа-Гильберта и теорема Биркгофа..
25. Вычисления положительного собственного вектора.
26. Спектральный зазор положительных матриц.
27. Геометрический смысл теорем Биркгофа, Островского и Бауэра.
28. Оценки спектрального зазора. Теорема Красносельского--Соболева.
29. Достаточные признаки примитивности матриц. Острые матрицы

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Функциональный анализ	Кафедра функционального анализа и аналитической экономики	нет	Изменений не требуется (протокол № 12 от 04.06.2020)
Математические основы теории потребления	Кафедра функционального анализа и аналитической экономики	нет	Изменений не требуется (протокол № 12 от 04.06.2020)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
