



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по НР

Ахметова И.Г.

«28» октября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.02 К-теория $C^*$ -алгебр

(указывается индекс и наименование дисциплины согласно учебному плану в соответствии с ФГОС ВО)

Направление  
подготовки

01.06.01 Математика и механика

Направленность  
подготовки

01.01.01 Вещественный, комплексный и  
функциональный анализ

Уровень высшего  
образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация  
(степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

г. Казань

2020

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «К-теория  $C^*$ -алгебр» является формирование знаний, умений и навыков в области теории операторных алгебр.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Углубленное изучение основных принципов и методов К-теории.
2. Формирование умений в области применения К-теории  $C^*$ -алгебр к решению проблем математической физики и квантовой теории поля.
3. Формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности.
4. Совершенствование математического образования, в том числе ориентированного на профессиональную деятельность.

В результате изучения дисциплины «К-теория  $C^*$ -алгебр» аспирант должен овладеть:

<b>Формируемые компетенции (код и формулировка компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
<b>ПК-1</b> готовностью к исследованию в области теории алгебраических структур (полугрупп, групп, колец, полей, модулей)	<b>З1(ПК-1) Знать:</b> базисные понятия и теоремы К-теории $C^*$ -алгебр; базисные операции над основными понятиями К-теории $C^*$ -алгебр. <b>У1 (ПК-1) Уметь:</b> применять методы К-теории $C^*$ -алгебр при исследовании различных проблем функционального анализа. <b>В1 (ПК-1) Владеть:</b> методами К-теории $C^*$ -алгебр
<b>ПК-2</b> способностью к разработке и совершенствованию теоретических и методологических подходов в теории представлений, теории операторов, теории категорий и функторов	<b>З1(ПК-2) Знать:</b> базисные понятия и теоремы К-теории $C^*$ -алгебр; базисные операции над основными понятиями К-теории $C^*$ -алгебр. <b>У1 (ПК-2) Уметь:</b> применять методы К-теории $C^*$ -алгебр при исследовании различных проблем функционального анализа. <b>В1 (ПК-2) Владеть:</b> методами К-теории $C^*$ -алгебр
<b>ПК-3</b> способностью различным образом представлять и адаптировать математические знания в области профессиональной деятельности с учетом уровня аудитории	<b>З1(ПК-3) Знать:</b> базисные понятия и теоремы К-теории $C^*$ -алгебр; базисные операции над основными понятиями К-теории $C^*$ -алгебр. <b>У1 (ПК-3) Уметь:</b> применять методы К-теории $C^*$ -алгебр при исследовании различных проблем функционального анализа; анализировать полученные результаты и представлять их в виде законченных разработок (отчета, тезисов, докладов, научной статьи и т.п.)

	<b>В1 (ПК-3) Владеть:</b> методами К-теории $C^*$ -алгебр
<b>УК-1</b> способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<b>З1(УК-1) Знать:</b> базисные понятия и теоремы К-теории $C^*$ -алгебр используемые при решении исследовательских и практических задач; <b>У1 (УК-1) Уметь:</b> критически анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>В1 (УК-1) Владеть:</b> способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «К-теория  $C^*$ -алгебр» относится к дисциплинам по выбору учебного плана по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» направленности подготовки 01.01.01 «Вещественный, комплексный и функциональный анализ».

Дисциплина базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении следующих дисциплин подготовки магистров и специалистов:

1. Математический анализ;
2. Функциональный анализ;
3. Алгебра и топология.

Знания, полученные при изучении дисциплины «К-теория  $C^*$ -алгебр», используются при выполнении научно-исследовательской работы аспиранта и написании диссертации на соискание ученой степени физико-математических наук по направлению 01.06.01 «Математика и механика» профиля подготовки 01.01.01 «Вещественный, комплексный и функциональный анализ».

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплин составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 9 часов.

### 3.1. Структура дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	144	144
<b>АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:</b>	36	36
Лекции (Лк)	18	18

Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)		-
и(или) другие виды аудиторных занятий		-
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА:</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
Курсовой проект (работа)		-
Расчетно-графические работы		-
Реферат		-
и (или) другие виды самостоятельной работы	108	108
<b>ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ</b> (ЗаО – зачет с оценкой)	<b>ЗаО</b>	<b>ЗаО</b>

### 3.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	ПЗ	СР	
1	Основы теории $C^*$ -алгебр	20	3	4	4	12	Устный опрос
2	Тензорные произведения	16	3	2	2	12	Устный опрос
3	Алгебра мультипликаторов и точные последовательности	28	3	4	6	18	Устный опрос
4	Проекторы	16	3	2	2	12	Устный опрос
5	$K_0$ -группы	22	3	2	2	18	Устный опрос
6	$K_1$ -группы	24	3	4	2	18	Устный опрос
	Промежуточная аттестация	18				18	Зачет с оценкой
	Итого:	144		18	18	108	-

### 3.3. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Основы теории $C^*$ -алгебр

$C^*$ -алгебры. Спектральная теорема. Идеалы. Операторные алгебры и представления. Положительность элементов  $C^*$ -алгебр. Стабилизация. Некоммутативная топология.

#### Раздел 2. Тензорные произведения

Тензорное произведение векторных пространств. Алгебраическое тензорное произведение. Тензорное произведение гильбертовых пространств. Разные нормы на алгебраическом тензорном произведении. Тензорное произведение  $C^*$ -алгебр. Ядерные  $C^*$ -алгебры.

#### Раздел 3. Алгебра Мультипликаторов и точные последовательности

Унитализация неунитальных  $C^*$ -алгебр. Мультипликаторы и двойные централизаторы. Короткие точные последовательности. Расширения  $C^*$ -алгебр и инвариант Бейсби. Сумма расширений.

#### Раздел 4. Проекторы

Нормализованные матрицы. Гомотопии. Индуктивные пределы. Частичная изометрия и проекции. Эквивалентность проекторов. Разложение проекторов с помощью матричных алгебр.

#### Раздел 5. $K_0$ -группы

Аддитивная полугруппа  $V(A)$ . Группа  $K_0$ . Точные последовательности для  $K$ -групп. Гомотопическая инвариантность. Каталог основных  $K$ -групп.

#### Раздел 6. $K_1$ -группы

$K$ -группа  $K_1$ . Определение связывающих отображений. Длинные точные последовательности. Отображение Ботта. Циклическая шестиэлементная точная последовательность.

### 3.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема практических (семинарских) занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	Описание неприводимых и приводимых представлений заданной $C^*$ -алгебры	3	1	2
2	Описание всех идеалов заданных $C^*$ -алгебр	3	1	2
3	Построение тензорных произведений для заданных $C^*$ -алгебр	3	2	2
4	Унитализировать заданную неунитальную алгебру	3	3	2
5	Построение алгебры мультипликаторов заданной алгебры	3	3	2
6	Расширение заданной $C^*$ -алгебры с помощью коротких точных последовательностей	3	3	2
7	Построение индуктивного предела для заданных алгебр	3	4	2
8	Построение $K_0$ – группы заданной алгебры	3	5	2
9	Построение $K_1$ – группы заданной алгебры	3	6	2
	Итого:	–	–	18

### 3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены

### 3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

№ п/п	Раздел дисциплины, участвующий в формировании компетенций	Часов на раздел	Компетенции				Общее количество компетенций
			УК-1	ПК-1	ПК-2	ПК-3	
1	Основы теории $C^*$ -алгебр	20	З,У,В	З,У,В	З,У	З,У,В	4
2	Тензорные произведения	16	З,У,В	З,У	З,У	З,У,В	4
3	Алгебра мультипликаторов и точные последовательности	28	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4
4	Проекторы	16	З,У,В	З,У	З,У	З,У,В	4
5	$K_0$ -группы	22	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4
6	$K_1$ -группы	24	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4

Условные обозначения: З – знать,  
У – уметь,  
В – владеть.

### 3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Объем академических часов
1	Некоммутативная топология	3	1	12
2	Тензорные произведения для $C^*$ -алгебр, построение тензорных произведений	3	2	12
3	Расширения $C^*$ -алгебр, инвариант Бэйсби	3	3	18
4	Частичная изометрия и проекции	3	4	12
5	Каталог основных $K$ – групп	3	5	18
6	Длинные точные последовательности. Циклическая шестиэлементная точная последовательность	3	6	18
7	Подготовка к зачету	3	1-6	18
	Итого:	-	-	108

#### 4. Образовательные технологии

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
1	Основы теории $C^*$ -алгебр	УК-1зув, ПК-1зув, ПК-2зу, ПК-3зув	Традиционная лекция – 4 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 4 часа.	Контрольные вопросы по разделу
2	Тензорные произведения	УК-1зув, ПК-1зу, ПК-2зу, ПК-3зув	Традиционная лекция – 2 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 2 часа.	Контрольные вопросы по разделу
3	Алгебра мультипликаторов и точные последовательности	УК-1зув, ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционная лекция – 4 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 6 часов.	Контрольные вопросы по разделу
4	Проекторы	УК-1зув, ПК-1зу, ПК-2зу, ПК-3зув	Традиционная лекция – 2 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 2 часа.	Контрольные вопросы по разделу
5	$K_0$ -группы	УК-1зув, ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционная лекция – 2 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 2 часа.	Контрольные вопросы по разделу
6	$K_1$ -группы	УК-1зув, ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционная лекция – 4 часа. Практическое занятие – разбор примеров – 2 часа.	Контрольные вопросы по разделу

Используются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>.

#### 5. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

##### 5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устного опроса. Текущему контролю подлежит посещаемость аспирантами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «К-теория  $C^*$ -алгебр») является промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой, проводимая с учетом результатов текущего контроля в 3 семестре.

## 5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

### Примерный перечень вопросов для устного опроса

#### Вопросы к разделу 1.

1. Определение  $C^*$ -алгебр, примеры.
2. Определение идеалов и максимальных идеалов в алгебре.
3. Определение спектра элемента в  $C^*$ -алгебре.
4. Формулировка спектральной теоремы.
5. Факторы. Привести пример фактора.
6. Пример положительного оператора.
7. Определение слабой и сильной операторной топологии.
8. Привести пример оператора, который непрерывен в слабой непрерывной топологии, а в сильной нет.

#### Вопросы к разделу 2.

1. Определение тензорных произведений.
2. Построить тензорное произведение заданных гильбертовых пространств.
3. С помощью пространственной нормы определить тензорное произведение заданных  $C^*$ -алгебр.
4. Минимальная и максимальная нормы на алгебраическом тензорном произведении.
5. Показать, что минимальная норма на алгебраическом тензорном произведении слабее максимальной нормы.
6. Ядерные алгебры и формулировка фундаментальной леммы о ядерных алгебрах.

#### Вопросы к разделу 3.

1. Определение алгебры мультипликаторов.
2. Определение алгебры мультипликаторов с помощью двойных централизаторов.
3. Короткие точные последовательности.
4. Расширение алгебр с помощью точных последовательностей.
5. Построить расширение алгебры Теплица по идеалу компактных операторов.
6. Доказать, что расширения заданной алгебры определяют аддитивную полугруппу.
7. Определение инварианта Бейсби.
8. Доказать, что между расширениями  $C^*$ -алгебр и инвариантом Бейсби существует взаимно однозначная связь.

#### Вопросы к разделу 4.



1. Определение проекторов и частичных изометрий.
2. Определение эквивалентных проекторов.
3. Определение гомотопно эквивалентных проекторов.
4. Показать, что из гомотопической эквивалентности проекторов следует унитарная эквивалентность.
5. Показать, что из унитарной эквивалентности проекторов следует эквивалентность по Муррею-фон Нейману.
6. Разложение проекторов с помощью матричных алгебр.

Вопросы к разделу 5.

1. Определение группы Гротендика.
2. Построить для заданной полугруппы группу Гротендика.
3. Определение  $K_0$  группы.
4. Построить  $K_0$  группу матричных алгебр.
5. Применение  $K_0$  группы для коротких точных последовательностей.

Вопросы к разделу 6.

1. Определение  $K_1$  группы.
2. Построение отображения Ботта.

### **5.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Примерный перечень теоретических вопросов для зачета

1.  $C^*$ -алгебры.
2. Спектральная теорема.
3. Идеалы.
4. Операторные алгебры и представления.
5. Положительность элементов  $C^*$ -алгебр.
6. Стабилизация.
7. Некоммутативная топология.
8. Тензорное произведение векторных пространств.
9. Алгебраическое тензорное произведение.
10. Тензорное произведение гильбертовых пространств.
11. Разные нормы на алгебраическом тензорном произведении.
12. Тензорное произведение  $C^*$ -алгебр.
13. Ядерные  $C^*$ -алгебры.
14. Унитаризация неунитарных  $C^*$ -алгебр.
15. Мультипликаторы и двойные централизаторы.
16. Короткие точные последовательности.

- 17.Расширения  $C^*$ -алгебр и инвариант Бейсби.
- 18.Сумма расширений.
- 19.Нормализованные матрицы.
- 20.Гомотопии.
- 21.Индуктивные пределы.
- 22.Частичная изометрия и проекции.
- 23.Эквивалентность проекторов.
- 24.Разложение проекторов с помощью матричных алгебр.
- 25.Аддитивная полугруппа  $V(A)$ .
- 26.Группа  $K_0$ .
- 27.Точные последовательности для  $K$ -групп.
- 28.Гомотопическая инвариантность.
- 29.Каталог основных  $K$ -групп.
30. $K$ -группа  $K_1$ .
- 31.Определение связывающих отображений.
- 32.Длинные точные последовательности.
- 33.Отображение Ботта.
- 34.Циклическая шестиэлементная точная последовательность.

#### Типовые задачи для зачета

1. Привести пример короткой точной последовательности, которая не является расщепимой.
2. Доказать, что алгебра компактных идеалов является индуктивным пределом матричных алгебр.
3. Доказать, что для матричных алгебр разные эквивалентности проекторов совпадают.
4. Вычислить  $K_0$  группу алгебры ограниченных операторов.
5. Доказать, что  $K_0$  группа инвариантно относительно индуктивного предела.
6. Доказать, что  $K_1$  группа инвариантна относительно индуктивного предела.
7. Доказать, что  $K_0$  – группа алгебры Теплица изоморфна группе  $\mathbb{Z}$ .
8. Доказать, что полугрупповые  $C^*$ -алгебры являются ядерными.
9. Приведите пример неядерной  $C^*$ -алгебры.
- 10.Опишите представления алгебры Кунца и Кунца-Теплица.
- 11.Опишите расслоения Фелла алгебры Кунца.
- 12.Описать абелевы расширения полугруппы натуральных чисел.
- 13.Найти условие, при котором коммутативный идеал  $C^*$ -алгебры тривиален, при котором совпадает со всей алгеброй.
- 14.Привести пример бесконечномерной  $C^*$ -алгебры с конечным следом.
- 15.Описать связь следа с ядерными операторами.

16. Классифицировать проектора алгебры  $B(H)$ .
17. Описать спектр унитарного оператора.
18. Описать спектр изометрического оператора.
19. Описать спектр частичной изометрии.
20. Построить группу Гротендика по заданной абелевой полугруппе.

#### 5.4. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Оценка результатов обучения по дисциплине «К-теория  $C^*$ -алгебр» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

Оценка	Критерии
«отлично»	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
«хорошо»	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала
«удовлетворительно»	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике
«неудовлетворительно»	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература:

1. Александров, П. С. Введение в теорию множеств и общую топологию: учебное пособие / П. С. Александров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-0981-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/530> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Власова, Е. А. Элементы функционального анализа: учебное пособие / Е. А. Власова, И. К. Марчевский. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1958-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67481> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Каргаполов, М. И. Основы теории групп: учебное пособие / М. И. Каргаполов, Ю. И. Мерзляков. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-0894-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Подран, В. Е. Элементы топологии: учебное пособие / В. Е. Подран. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2008. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-0763-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/315> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Спивак, М. Математический анализ на многообразиях: учебное пособие / М. Спивак. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2005. — 160 с. — ISBN 5-8114-0646-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/377> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Филимоненкова, Н. В. Сборник задач по функциональному анализу: учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1822-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65041> — Режим доступа: для авториз. пользователей

## **6.2. Дополнительная литература:**

1. Григорян, С.А.  $S^*$ -алгебры, порожденные абелевыми полугруппами: монография / С. А. Григорян, Е. В. Липачева. - Казань: КГЭУ, 2016. - 152 с. - ISBN 978-5-89873-465-7 - Текст : непосредственный.

2. Гуревич, А. П. Сборник задач по функциональному анализу: учебное пособие / А. П. Гуревич, В. В. Корнев, А. П. Хромов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-1274-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3175> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Курош, А. Г. Теория групп: справочник / А. Г. Курош. — 4-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2005. — 648 с. — ISBN 5-8114-0616-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/562> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ляпин, Е. С. Упражнения по теории групп: учебное пособие / Е. С. Ляпин, А. Я. Айзенштат, М. М. Лесохин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-1015-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/528> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Люстерник, Л. А. Краткий курс функционального анализа: учебное пособие / Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-0976-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/245> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Филимонова, Н. В. Конспект лекций по функциональному анализу: учебное пособие / Н. В. Филимонова. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1821-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64343> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.3. Электронно-библиотечные системы

1. [ibooks.ru](http://ibooks.ru);
2. [e.lanbook.com](http://e.lanbook.com).

### 6.4. Программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК)	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет- Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 10	Пользовательская операционная система	договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021
3	Office Professional Plus 2007	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	Договор № 225/ 10, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно
4	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии – бессрочно

5	Браузер Chrome	Система поиска и просмотра информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
---	----------------	-------------------------------------------------------	---------------------------------------------

## 6.5. Интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес
1	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Общероссийский математический портал	<a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>
3	Национальная электронная библиоотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>
4	КиберЛенинка	<a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>
7	Springer	<a href="http://www.springer.com">www.springer.com</a>
8	American Mathematical Society	<a href="http://www.ams.org">www.ams.org</a>
9	Russian Science Citation Index (RSCI)	<a href="http://clarivate.ru">clarivate.ru</a>
10	Scopus	<a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>
11	Web of Science	<a href="https://webofknowledge.com/">https://webofknowledge.com/</a>
12	zbMATH	<a href="http://www.zbmath.org">www.zbmath.org</a>

## 6.6. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1.	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	Свободный
2.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	Свободный
3.	Президентская библиотека имени Бориса Николаевича Ельцина	В <a href="http://prlib.ru">http://prlib.ru</a>	Свободный
4.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Свободный
5.	Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации	<a href="https://vak.minobrnauki.gov.ru/main">https://vak.minobrnauki.gov.ru/main</a>	Свободный
6.	Президент России — молодым ученым - Science-ID	<a href="https://scienceid.net/president/">https://scienceid.net/president/</a>	Свободный
7.	МБД Scopus	<a href="https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic">https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic</a>	Свободный с компьютеров университета
8.	МБД Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do">https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do</a>	Свободный с компьютеров

		?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=D6cTknVCLV7j48sfzSo&preferencesSaveId=	университета
9.	Портал РФФИ	<a href="https://www.rfbr.ru/rffi/ru/">https://www.rfbr.ru/rffi/ru/</a>	Свободный

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Помещение для проведения занятий лекционного типа	ноутбук переносной, комплект специализированной мебели
2	Практические занятия	Помещение для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	ноутбук переносной, комплект специализированной мебели
3	Самостоятельная работа обучающихся	Помещение для самостоятельной работы В-600а	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран, комплект специализированной мебели
		Помещение для самостоятельной работы Читальный зал	проектор, переносной экран, компьютеры (5 шт.), тонкие клиенты (13 шт.), комплект специализированной мебели

## 8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

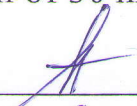

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.



Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 «К-теория  $C^*$ -алгебр» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки аспирантов 01.06.01 «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. №866.

Авторы

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

д-р физ.-мат. н., проф. С.А. Григорян

к.ф.-м.н., доцент Т.А. Григорян

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры ВМ от 14.10.2020 г., протокол № 18.

Зав. кафедрой ВМ

  
\_\_\_\_\_

д-р физ.-мат. н., проф. С.А. Григорян

На заседании методического совета ИЦТЭ от 26.10.2020 г., протокол № 2 программа рекомендована к утверждению.

Директор ИЦТЭ

  
\_\_\_\_\_

д. пед.н., доцент Ю.В. Торкунова

