

*Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»*



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Вариационное исчисление и методы оптимизации»**

Направление подготовки 01.03.01 Математика

Профиль: "Алгебра, теория чисел, математическая логика"

**Форма обучения – очная**

Владикавказ, 2017

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.01 Математика, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.08.2014 г. № 943, учебным планом подготовки бакалавриата по направлению подготовки 01.03.01 Математика, профиль «Алгебра, теория чисел, математическая логика», утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 27.04.2017 г. № 11.

Составитель: профессор Р.Ч. Кулаев

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры математического анализа (протокол №7 от 27.03.2017)

Одобрена советом факультета математики и информационных технологий (протокол №5 от 31.03.2017)

## 1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы. (144 час.).

	Очная Форма обучения
Курс	4
Семестр	7
Лекции	36
Практические занятия	36
Лабораторные занятия	-
Консультации	+
Итого аудиторных занятий	72
Самостоятельная работа	36
Курсовая работа	-
Зачет	-
Экзамен	36
Общее количество часов	144 час.

## 2. Цели освоения дисциплины

Дисциплина является общеобразовательным курсом в фундаментальной подготовке математиков, выпускаемых университетом. Многие практические задачи, представленные в математической форме, состоят в нахождении оптимума (минимума или максимума) некоторой функции (функционала) с учетом ограничений, наложенных на допускаемые значения переменных. Такие задачи принято называть оптимизационными.

Дисциплина (оптимизация интегральных функционалов) изучается в течение одного семестра. Основное внимание уделяется классическим теоремам и методам исследования. Необходимые условия оптимальности излагаются на основе метода Лагранжа - введение числового параметра, дифференцирование по этому параметру. Демонстрируется универсальность этого метода для самых разных задач. Достаточные условия оптимальности базируются на конструкциях теории поля.

## 3. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Вариационное исчисление и методы оптимизации» относится к дисциплинам Блок 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть. Дисциплины по выбору. Б1.В.ДВ.09.01.

Для изучения дисциплины необходимы знания, полученные обучающимися в результате освоения дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения.

## 4. Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (результатами освоения образовательной программы):

ОПК-1 -готовностью использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности ;

ОПК-3 -способностью к самостоятельной научно-исследовательской работе ;  
 ПК-2 -способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики;

ПК-3 -способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата.

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

Компетенции		Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Код	Формулировка			
		Знать:	Уметь	Владеть:
ОПК-1	готовностью использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности	основные понятия теории, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений, современные особенности эффективного проведения научно-исследовательской работы, способы их применения	применять понятия, теоремы и методы при решении прикладных задач; решать конкретные задачи в профессиональной деятельности	современными методами интерпретации процессов, полученных результатов при решении прикладных задач; навыками решения поставленных задач при решении прикладных задач
ОПК-3	способностью к самостоятельной научно-исследовательской работе	основные понятия теории, определения и свойства математических объектов в этой области,	решать задачи вычислительного и теоретического характера в области вариационного	навыками определения практической значимости избранной темы научного исследования,

		формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений, современные особенности эффективного проведения научно-исследовательской работы, способы их применения	исчисления, анализировать эти задачи, и грамотно обосновывать	математическим аппаратом методов оптимизации, методами решения задач и доказательства утверждений в этой области
ПК-2	способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	основной круг проблем, встречающихся в математике, и основные способы (методы) их решения	выбирать наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в математике	Владеет возможностями современных научных методов на уровне, необходимом для постановки и решения задач, имеющих естественно-научное содержание
ПК-3	способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	методы доказательства основных теорем и формул вариационного исчисления, вывод формул.	формулировать и доказывать утверждения и следствия из него, формулировать и доказывать основные свойства, формулировать и доказывать основные теоремы	приемы, использующие строгие логические рассуждения с привлечением очевидных и интуитивно понятных положений; приемами, использующими строгие логические рассуждения.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

## 5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

**Таблица 5.1**

Номер недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа Студентов		Формы контроля	Количество баллов		литература
		л	пр	Содержание	Часы		min	max	
	<b>Текущая работа студентов</b>						0	25	
1.	Линейные функционалы. Непрерывность функционала.	2	2	Нормированное пространство. Норма функционала	2	Рубежная работа.			[1], [2], [3],
2	Основные леммы вариационного исчисления	2	2						[1], [2], [3],
3	Необходимые условия оптимальности первого порядка в простейшей задаче вариационного исчисления. Интегрирование уравнения Эйлера.	2	2	Производная по направлению	2				[1], [2], [3],
4.	Классическая задача о брахистохроне. Задача о брахистохроне в центральном поле тяготения.	2	2	Задача геометрической оптики	2				[1], [2], [3],
5	Задача Больца. Задача о струне подпертой пружинами	2	2			Мини опрос на занятии и решение примеров			[1], [2], [3],
6	Задача о наименьшей поверхности вращения. Глобальный и локальные минимумы, вырожденные решения..	2	2						[1], [2], [3],
7	Необходимые условия в задаче со старшими производными. Задача управления с оптимизацией расхода "энергии"	2	2	Необходимые условия оптимальности в вариационной задаче с функционалом, задаваемым двойным	4				[1], [2], [3],

				интегралом					
8	Уравнение деформации стержня с упругой или шарнирной опорами	2	2						[1], [2], [3],
9	1-я рубежная аттестационная письменная контрольная работа.						0	25	[1], [2], [3],
10	Вариационные задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности.	2	2	Аэродинамическая задача Ньютона.	2	мини-опрос			[1], [2], [3],
11	Оптимальные решения в различных классах допустимых функций. Роль условия трансверсальности в задаче Ньютона.	2	2	Вариационное исчисление и задачи механики.	6				[1], [2], [3],
12	Необходимые условия в вариационной задаче с функционалом, задаваемым двойным интегралом. Задача Плато.	2	2	Принцип Гамильтона	4	Рубежная работа.			[1], [2], [3],
13	Задачи вариационного исчисления с ограничениями.	2	2	Задача о подвешенной цепи	2				[1], [2], [3],
14	Необходимые условия в изопериметрической задаче.	2	2			Опрос на занятиях			[1], [2], [3],
15	Достаточные условия слабого минимума.	2	2						[1], [2], [3],
16	Поле экстремалей. Условия Вейерштрасса, Лежандра,	2	2						[1], [2], [3],
17	Условия Якоби.	2	2			Мини опрос на занятии и решение примеров			[1], [2], [3],
18	2-я рубежная аттестационная письменная контрольная работа.						0	25	
Итого		36	36		36		0	100	

**Примечания:**

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках

индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения.



## 6. Образовательные технологии

В соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования реализация учебного процесса должна предусматривать проведение занятий в интерактивных и активных формах. Внедрение этих форм обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе. Цель – повышение эффективности образовательного процесса, достижение всеми обучающимися высоких результатов обучения.

Интерактивные формы проведения занятий предполагают обучение в сотрудничестве. Все участники образовательного процесса (преподаватель и студенты) взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы, моделируют ситуации. Суть использования активных и интерактивных форм проведения состоит в погружении студентов в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем, оптимальную для выработки навыков и качеств будущего специалиста.

Для решения воспитательных и учебных задач преподавателем могут быть использованы следующие интерактивные формы обучения.

**Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия** с использованием современных интерактивных технологий.

**Лекция-диалог** – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

**Онлайн-семинар** – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника.

**Видеоконференция** – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

**Видео-лекция** – снятая на камеру сокращенная лекция, дополненная фотографиями и схемами, иллюстрирующая подаваемый в лекции материал.

**Технология электронного обучения** (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

**Творческое задание** составляет содержание (основу) любой интерактивной формы проведения занятия. Выполнение творческих заданий требует от студента воспроизведения полученной ранее информации в форме, определяемой преподавателем и требующей творческого подхода: 1) подборка примеров из практики; 2) подборка материала по определенной проблеме;

**Публичная презентация проекта** – самый эффективный способ донесения важной информации при публичных выступлениях. Слайд-презентации позволяют эффектно и наглядно представить содержание, выделить и проиллюстрировать сообщение.

**Интерактивная лекция** представляет собой выступление преподавателя перед аудиторией студентов с применением следующих интерактивных форм обучения: 1. управляемая дискуссия или беседа; 2. демонстрация слайдов или учебных фильмов; 3. мозговой штурм; 4. мотивационная речь и др.

**Разработка проекта** позволяет участникам мысленно выйти за пределы аудитории и составить проект своих действий по обсуждаемому вопросу. Участники могут обратиться за консультацией, дополнительной литературой в специализированные учреждения, библиотеки и т.д.

**Проблемное обучение** – поиск ответов на вопросы по теме.

## **7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относятся: написание докладов, эссе, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

## **8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

*Текущий контроль* – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала.

*Рубежный контроль* осуществляется по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра такие контрольные мероприятия проводятся по графику.

**Контрольные задания (демоверсии) для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Контрольная работа**

1. Установить порядок близости кривых

$$y_n(x) = \frac{\sin(n^2 x)}{n}; \quad y(x) \equiv 0 \text{ на } [0, \pi]$$

Найти допустимые экстремали в следующих задачах

2.  $\Phi(x) = \int_0^1 e^x \cdot x'^2 dt; x(0) = 0; x(1) = \ln 4$

3.  $\Phi(x) = \int_a^b (x + x'') dt; x(a) = A_0; x'(a) = A_1; x(b) = B_0; x'(b) = B_1$

Критерии оценивания представлены в таблице 8.1.

**Примеры тестовых заданий по дисциплине:**

### **Блок №1. Теоретическая часть.**

1. Укажите логические связи между утверждениями  $P$  и  $Q$ .  
 $P$ :  $\Phi: G \rightarrow R$  дифференцируем по Лагранжу в точке  $x_0 \in G$  и  $x_0 \rightarrow \min_G \Phi$ ;  $Q$ :  
вариация функционала в точке  $x_0$  есть нулевой функционал.

### **Блок №2. Расстояние между кривыми.**

1. Найти расстояние в  $\tilde{N}[0,2]$  между кривыми  $x_1(t) = te^{-t}$  и  $x_2(t) = t$

### **Блок №3. Вариация функционала.**

1. Найдите вариацию  $\delta\Phi_x(h)$  функционала  $\Phi(x) = \int_a^b (x'^2 + xt) dt + x^2(0)$ .

### **Блок №4. Основные определения и теоремы.**

1. Выберите из списка ответов заключение, при котором данное утверждение является верным.

Пусть  $A(t)$  – непрерывная на отрезке  $[a, b]$  функция, удовлетворяющая равенству  $\int_a^b A(t)h(t)dt \equiv 0$  для всех  $h \in C^{(k)}[a, b]$ , для которых  $h(a) = h(b) = 0$ ,  
то  $\langle \dots \rangle$

### **Блок №5. Непрерывность функционала**

1. Укажите, какое из данных утверждений является верным.  
а) Функционал  $\Phi(x) = \int_a^b x'(t)dt$  непрерывен в сильной окрестности точки  $x(t) \equiv 0$ .

b) Функционал  $\Phi(x) = \int_a^b x'(t)dt$  разрывен в сильной окрестности точки  $x(t) \equiv 0$ .

c) Функционал  $\Phi(x) = \int_a^b x'(t)dt$  непрерывен в слабой окрестности точки  $x(t) \equiv 0$ .

d) Функционал  $\Phi(x) = \int_a^b x'(t)dt$  непрерывен в сильной окрестности точки  $x(t) \equiv 0$ , но разрывен в ее слабой окрестности.

## Методика формирования результирующей оценки

Таблица 8.1

Этап	Форма контроля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	60–70%	Менее 60%
1. Текущий контроль (max 25 баллов за 1 модуль)					
		7-8 баллов	6–7 баллов	4–5 баллов	0–3 баллов
	Посещение занятий (max 8 б.)	Студент посетил более 85% занятий	Студент посетил 71–85% занятий	Студент посетил 56–70% занятий	Студент посетил менее 56% занятий
		9–10 баллов	7–8 баллов	6–7 баллов	0–5 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 10б.)	Студент активно работает на занятиях, превосходно выполняет все задания преподавателя.	Студент активно работает на занятиях, хорошо выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, удовлетворительно выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, неудовлетворительно выполняет задания преподавателя.
		3/2 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Доклад, презентация (max 3б.) / опорный конспект (max 2б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (25б. за 1 модуль)					
		22–25 баллов	18–21 балл	14–17 баллов	0–13 баллов
	Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные

		применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.
<b>3. Итоговый контроль по дисциплине</b>					
		<b>43–50 баллов</b>	<b>36–42 балла</b>	<b>28–35 баллов</b>	<b>0–27 баллов</b>
	Экзамен/зачет	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают «Зачет» или соответствующую шкале экзаменационную оценку. Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

### **Вопросы для подготовки к экзамену:**

1. Абстрактная теорема Ферма.
2. Лемма Лагранжа.
3. Лемма Дюбуа-Реймона.
4. Уравнение Эйлера.
5. Простейшие первые интегралы уравнения Эйлера.
6. Задача об отыскании геодезических.
7. Задача о брахистохроне.
8. Задача Дидоны.
9. Теорема Дю-Буа-Реймонда.
10. Гладкость экстремалей.
11. Задача Больца.
12. Задача для вектор-функций.
13. Задача Пуассона.
14. Уравнение упругих деформаций стержня.
15. Уравнение Эйлера-Остроградского.
16. Задача с подвижными концами.
17. Локальная линеаризация в задаче с подвижными концами.
18. Условие трансверсальности.
19. Условие Вейерштрасса-Эрдмана.
20. Линеаризация гладкого многообразия.

21. Метод множителей Лагранжа.
22. Вторая вариация.
23. Условие Лежандра для квадратичного функционала.
24. Теорема Якоби для квадратичного функционала.
25. Неосцилляция уравнения Якоби.
26. Усиленная теорема Якоби.
27. Условие Якоби для вариационной задачи.
28. Достаточное условие слабого минимума.
29. Лемма об оценке «хвоста».
30. Поле экстремалей.
31. Функция наклона поля. Ее свойства.
32. Теорема Гильберта.
33. Теорема Вейерштрасса о достаточном условии слабого экстремума.
34. Теорема Вейерштрасса о достаточном условии сильного экстремума.
35. Прямые методы.

**Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

<b>Уровень сформированности компетенций</b>			
<b>«Минимальный уровень не достигнут» (менее 56 баллов)</b>	<b>«Минимальный уровень» (56-70 баллов)</b>	<b>«Средний уровень» (71-85 баллов)</b>	<b>«Высокий уровень» (86-100 баллов)</b>
<p><u>Компетенции не сформированы.</u></p> <p>Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Знания твердые, аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
<b>Описание критериев оценивания</b>			
<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>- допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы,</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знания теоретического материала;</li> <li>- неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- твердые знания теоретического</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>- полное понимание сущности и</li> </ul>

отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности.	понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	материала. - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов, присутствует неуверенность в ответах.	взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
<b>Оценка</b> <b>«неудовлетворительно» / не зачтено</b>	<b>Оценка</b> <b>«удовлетворительно» / «зачтено»</b>	<b>Оценка</b> <b>«хорошо» / «зачтено»</b>	<b>Оценка</b> <b>«отлично» / «зачтено»</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будаков, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 375 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6157-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450435>
2. Методы оптимизации. Задачник : учебное пособие для вузов / В. В. Токарев, А. В. Соколов, Л. Г. Егорова, П. А. Мышкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 292 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10417-

2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456290>
3. Методы оптимизации: теория и алгоритмы : учебное пособие для вузов / А. А. Черняк, Ж. А. Черняк, Ю. М. Метельский, С. А. Богданович. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 357 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04103-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/4535676>) дополнительная литература:

**б) дополнительная литература**

1. Методы оптимизации. Задачник : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Токарев, А. В. Соколов, Л. Г. Егорова, П. А. Мышкис. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 292 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12490-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456303>
2. Кочегурова, Е. А. Теория и методы оптимизации : учебное пособие для вузов / Е. А. Кочегурова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10090-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451213>
3. Токарев, В. В. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / В. В. Токарев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 440 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04712-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454017>

**в) электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор, современные профессиональные базы, информационные справочные системы:**

- eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. — URL: <http://www.elibrary.ru>.
- База данных «ЭБС elibrary»: <http://elibrary.ru>
- Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. — URL: <http://biblio-online.ru>.
- Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. — URL: <http://www.biblioclub.ru>.

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения занятий используются:

– учебные аудитории для проведения лекционных занятий, занятий семинарского типа, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованные аудиторной мебелью, доской (меловой, маркерной или интерактивной), мультимедийным проектором, экраном, компьютером или ноутбуком с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ.

Помещение для самостоятельной работы студентов: Зал электронных ресурсов Научной библиотеки СОГУ (корпус 6, кабинет № 1.8), укомплектован специализированной мебелью (рабочие места студентов), необходимыми техническими средствами обучения: компьютеры, принтер, возможность подключения к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду СОГУ. Комплекты лицензионного ежегодно обновляемого программного обеспечения.

*Лицензионное программное обеспечение:*



1. Windows 10 Pro for Workstations, (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
2. Office Standard 2016 (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
3. Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»;

*Перечень ПО в свободном доступе:* Kaspersky Free; WinRar; Google Chrome; Yandex Browser; Opera Browser; Acrobat Reader; LaTeX; системы компьютерной алгебры SciLab и Maxima.

## **11. Лист обновления/актуализации**

Программа актуализирована.

1. Внесенные изменения рассмотрены и утверждены на заседании кафедры математического анализа (Протокол № 7 от 27.03.2018 г.)

Одобрены на заседании совета факультета математики и информационных технологий (Протокол №5 от 30.03.2018г.)

2. Внесенные изменения рассмотрены и утверждены на заседании кафедры математического анализа (Протокол № 7 от 27.03.2019 г.)

Одобрены на заседании совета факультета математики и информационных технологий (Протокол №5 От 29.03.2019 г.)

3. Внесенные изменения рассмотрены и утверждены на заседании кафедры математического анализа (Протокол № 7 от 23.03.2020 г.)

Одобрены на заседании совета факультета математики и информационных технологий (Протокол № 5 от 27.03.2020 г.)