

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.19	Методы оптимизации

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	ФИО
Доцент	к.т.н., доцент	Харитонов В.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры прикладной математики, Протокол № 12 от 12.05.2017.

Заведующий кафедрой  
(руководитель структурного подразделения)

\_\_\_\_\_ / Осипов Ю.В. /  
*Подпись, ФИО*

Рабочая программа утверждена методической комиссией, Протокол № 5 от 29.05.2017

Председатель (зам. председателя)  
методической комиссии

\_\_\_\_\_ / Широкова О.Л. /  
*Подпись, ФИО*

Согласовано:

ЦОСП

\_\_\_\_\_ /  
*дата*

\_\_\_\_\_ / Беспалов А.Е. /  
*Подпись, ФИО*

### 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы оптимизации» является формирование уровня освоения компетенций обучающегося в области исследования и решения прикладных задач с использованием компьютера, в том числе для решения задач оптимизации :

– изучение аспектов математической теории оптимизации, ее реализация с помощью конкретных методов

– обучение студентов основным численным методам решения задач оптимизации в области строительства;

– формирование навыков и умений при постановке задач вычислительной математики, выборе эффективных алгоритмов, программировании методов, использовании математических пакетов для расчетов, анализе и интерпретации результатов вычислений;

– углубление математического образования, развитие системного восприятия дисциплин, предусмотренных учебным планом направления подготовки 01.03.04 – «Прикладная математика»;

– подготовка студентов к дальнейшему самообразованию и применению полученных знаний в практической и исследовательской деятельности в областях, использующих математические методы и компьютерные технологии, при решении прикладных задач строительной отрасли.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 "Прикладная математика" (уровень образования – бакалавриат).

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования	ОПК-2	<b>Знает</b> современные математические методы и прикладные программные средства	З1
		<b>Умеет</b> применять современные математические методы и современные технологии программирования для решения прикладных задач	У1
		<b>Имеет навыки</b> использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования	Н1

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	ПК-1	<b>Знает</b> стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах	32
		<b>Умеет</b> отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	У2
		<b>Имеет навыки</b> использования стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач численными методами	Н2
готовностью применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов	ПК-10	<b>Знает</b> математические модели, соответствующие рассматриваемым процессам и явлениям	33
		<b>Умеет</b> применять математический аппарат для решения поставленных задач	У3
		<b>Имеет навыки</b> применения соответствующей процессу математической модели и проверки ее адекватности, проведения анализа результатов моделирования, принятия решения на основе полученных результатов	Н3
готовностью применять знания и навыки управления информацией	ПК-11	<b>Знает</b> методы и технологии управления информацией	34
		<b>Умеет</b> применять знания и навыки управления информацией	У4
		<b>Имеет навыки</b> управления информацией	Н4

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к базовой части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению 01.03.04 «Прикладная математика» направленность/профиль «Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач» и является обязательной к изучению.

Дисциплина «Методы оптимизации» базируется на знаниях, умениях и навыках приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Алгоритмы дискретной математики», «Математическое

моделирование», «Численные методы», «Программные и аппаратные средства информатики», «Программирование для ЭВМ».

*Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов.*

Для освоения дисциплины «Методы оптимизации» студент должен:

*Знать:*

– основы математического анализа и линейной алгебры.

– дифференциальные уравнения

– функциональный анализ

*Уметь:*

– решать простейшие дифференциальные уравнения.

– работать на персональном компьютере, пользоваться операционной системой, основными офисными приложениями, средами программирования и графическими пакетами;

*Владеть:*

– элементарными приемами дифференцирования и интегрирования функций;

– элементарными навыками работы с матрицами (умножение, транспонирование, нахождение обратной).

*Дисциплины, для которых дисциплина «Методы оптимизации» является предшествующей:*

— прикладные задачи информатики;

— численно-аналитические методы.

— теория управления

#### **4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

*(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)*

*Структура дисциплины:*

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Контактная работа с обучающимися			Самостоятельная работа			
				Лекции	Практико-ориентированные занятия		в период теор. обучения	в сессии		
					Лабораторный практикум	Практические практикум				
1.	Вариационное	5	1-	20		20		25	15	

	исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.		10							Контрольная работа
2.	Методы решения нелинейных задач математического программирования.	5	11- 15	10		10		15	9	
3.	Линейное программирование	5	16- 18	6		6		5	3	Опрос
	<b>Итого:</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		<b>36</b>		<b>45</b>	<b>27</b>	<b>Экзамен</b>

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

*5.1. Содержание лекционных занятий*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1.	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	Значение методов оптимизации для инженеров. Типичные задачи вариационного исчисления. Классификация и примеры задач математического программирования (МП). Теоретические предпосылки вариационного исчисления. Необходимые и достаточные условия экстремума функционала простейшего вида. Задачи вариационного исчисления для функционалов различного типа с различными граничными условиями. Вариационные задачи на условный экстремум. Оптимальный расчет изгибаемой балки и стержня переменного сечения. Прямые методы вариационного исчисления.	20
2.	Методы решения нелинейных задач математического программирования.	Точные методы решения нелинейных задач математического программирования Численные методы поиска экстремума в одромерных, нелинейных задачах математического программирования. Численные методы поиска экстремума в нелинейных задачах математического программирования	12
3.	Линейное программирование	Постановка задачи линейного программирования. Многогранник решений. Геометрическая интерпретация. Симплекс-алгоритм решения задач линейного программирования. Взаимно	4

		двойственные задачи в ЛП. Экономическая интерпретация. Теоремы двойственности и равновесия. Методы поиска опорных и оптимальных планов в транспортных задачах.	
			Итого 36

### 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

### 5.3. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Теоретические предпосылки вариационного исчисления. Необходимые и достаточные условия экстремума функционала простейшего вида.	Решение задач вариационного исчисления для функционалов простейшего вида.	4
2	Задачи вариационного исчисления для функционалов различного типа с различными граничными условиями.	Решение задач вариационного исчисления для функционалов различного типа с различными граничными условиями	4
3	Вариационные задачи на условный экстремум.	Решение задач вариационного исчисления на условный экстремум.	4
4	Оптимальный расчет изгибаемой балки и стержня переменного сечения.	Оптимальное проектирование балок и стержней переменного сечения.	4
5	Прямые методы вариационного исчисления.	Решение задач вариационного исчисления с помощью метода Ритца, метода Галёркина и др.	2
6	Решения нелинейных задач математического программирования	Решение задач нелинейного программирования в среде Excel, изучение зависимости получаемого решения от выбранной опорной точки.(одномерный случай)	4
7	Точные методы решения нелинейных задач математического программирования	Решение задач нелинейного программирования с уравнениями связи методом множителей Лагранжа, применение теоремы Куна-Таккера для записи систем уравнений в задачах выпуклого программирования, применение метода	4

		штрафных функций.	
8	Численные методы решения нелинейных задач математического программирования	Метод покоординатного спуска и метод Хука-Дживса в решении задач нелинейного программирования. Общая схема градиентного спуска, метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных направлений с использованием матрицы Гессе	6
9	Линейное программирование	Симплекс-алгоритм решения задач ЛП. Методы решения транспортных задач	4
		Итого	36

#### 5.4. Групповые занятия – компьютерные практикумы .

Учебным планом групповые занятия – компьютерные практикумы не предусмотрены.

#### 5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Виды самостоятельной работы	Кол-во акад. часов	
			в период теор. обучения	в сессию
1.	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	25	
		Подготовка к экзамену и сдача экзамена		15
2.	Численные методы решения нелинейных задач математического программирования	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	15	
		Подготовка к экзамену и сдача экзамена		9
3.	Линейное программирование	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	5	
		Подготовка к экзамену и сдача экзамена		3
		Итого	45	27

### 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Основные принципы организации самостоятельной работы обучающихся изложены в Положении об организации самостоятельной работы обучающихся (НИУ МГСУ).

Самостоятельная работа по курсу является залогом усвоения знаний и прохождения промежуточных аттестаций, предусмотренных рабочей программой по дисциплине. Ключевые цели самостоятельных внеаудиторных занятий заключается в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного

умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Выполняемая в процессе изучения дисциплины «*Методы оптимизации*» учащимися самостоятельная работа является по дидактической цели познавательной и обобщающей; по характеру познавательной деятельности и типу решаемых задач – познавательной и исследовательской; по характеру коммуникативного взаимодействия учащихся – индивидуальной; по месту выполнения – домашней; по методам научного познания – теоретической.

В ходе организации самостоятельной работы студентов преподавателем решаются следующие задачи:

- 1) углублять и расширять их профессиональные знания;
- 2) формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
- 3) научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- 4) развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- 5) развивать познавательные способности будущих специалистов

Самостоятельная работа включает как изучение текущих и дополнительных теоретических вопросов, так и совершенствование навыков по решению практических задач. Теоретические знания являются базой для понимания основ численно-аналитических методов решения прикладных задач, в частности, в области строительства.

В разделе «Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Необходимые и достаточные условия экстремума функционалов. Уравнения Эйлера для функционалов 2, 3 и 4 порядков с естественными и главными граничными условиями Изопериметрические задачи и задачи на условный экстремум. Применение вариационного исчисления для расчёта строительных конструкций. Связь вариационного исчисления и МКЭ ».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Теоретические предпосылки вариационного исчисления.
2. Необходимые условия экстремума функционала.
3. Уравнение Эйлера.
4. Частные случаи уравнения Эйлера.
5. Понятие о достаточных условиях экстремума.
6. Условия Якоби и Лежандра.
7. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от двух независимых переменных.
8. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от нескольких функций.
9. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от производных высшего порядка.
10. Главные и естественные граничные условия.
11. Вариационные задачи при отсутствии заданных граничных условий.
12. Условие трансверсальности.
13. Задачи Лагранжа.
14. Изопериметрические задачи.
15. Оптимальный расчет консольной изгибаемой балки переменного сечения.
16. Оптимальный расчет стержня переменного сечения при действии продольной нагрузки и на устойчивость.
17. Прямые методы вариационного исчисления.

В разделе «Методы решения нелинейных задач математического программирования» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Точные методы решения нелинейных задач



математического программирования Задачи выпуклого программирования и их решения.

Численные методы поиска экстремума в нелинейных задачах математического программирования Алгоритмы численных методов поиска экстремума в нелинейных задачах математического программирования. Решение задач».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Оптимизация унимодальных функций
2. Необходимые и достаточные условия существования безусловных экстремумов нелинейных задач математического программирования.
3. Метод множителей Лагранжа для поиска условного экстремума при наличии уравнений связи.
4. Седловые точки функции Лагранжа и теорема Куна-Таккера для решения задач выпуклого программирования.
5. Алгоритмические отображения в численных методах оптимизации.
6. Методы покоординатного спуска и Хука-Дживса.
7. Общая схема градиентного спуска.
8. Метод наискорейшего спуска.
9. Метод сопряженных направлений.
10. Метод Ньютона.
11. Метод проекции градиента.
12. Методы штрафных функций.

В разделе «Линейное программирование» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Постановка задачи линейного программирования. Многогранник решений. Геометрическая интерпретация. Симплекс-алгоритм решения задач линейного программирования. Взаимно двойственные задачи в ЛП. Экономическая интерпретация. Теоремы двойственности и равновесия. Методы поиска опорных и оптимальных планов в транспортных задачах.».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Постановка задачи линейного программирования.
2. Симплекс-алгоритм решения задач линейного программирования.
3. Взаимно двойственные задачи в ЛП. Экономическая интерпретация. Теоремы двойственности и равновесия.

На практических занятиях выполняются лабораторные работы по темам лекционного курса. Часть заданий выносится на самостоятельное решение. Самостоятельное решение задач также необходимо при подготовке к текущей аттестации.

Студент должен владеть навыками решения прикладных задач в области строительства с использованием численно-аналитических методов. При подготовке к сдаче зачета рекомендуется пользоваться записями, сделанными на лекционных и практических занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы. Сначала необходимо повторить теоретическую часть, а затем переходить к решению задач.

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся используют учебники и учебные пособия, указанные в разделе 8.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) для проведения промежуточной аттестации, а также текущего контроля обучающихся является Приложением 1 к рабочей программе дисциплины (модуля).

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации, а также текущего контроля по дисциплине (модуля) хранятся на кафедре, ответственной за преподавание данной дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

- учебно-методическую литературу, имеющуюся в НТБ НИУ МГСУ,
- учебную литературу, размещённую в Электронных библиотечных системах ЭБС АСВ и IPRbooks,
- методическую литературу, размещённую в ЭБС НИУ МГСУ.

Перечень используемой литературы ежегодно обновляется с учётом уровня развития науки и техники и представлен в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля).

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научный журнал «Academia. Архитектура и строительство».	<a href="http://raasn.ru/pub.php?pub=pub1-1">http://raasn.ru/pub.php?pub=pub1-1</a>
Международный научный журнал “International Journal for Computational Civil and Structural Engineering” (IJCCSE)	<a href="http://raasn.ru/pub.php?pub=pub2-1">http://raasn.ru/pub.php?pub=pub2-1</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
Раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Перечень тем по разделам дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения обучающимися приведён в таблице.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Темы для самостоятельного изучения (в период теоретического обучения)
1.	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	Предмет «Методы оптимизации». Виды экстремумов. Необходимые и достаточные условия экстремума функционала простейшего вида. Частные случаи уравнения Эйлера. Решение задач. Уравнения Эйлера для функционалов 3 и 4 порядков с естественными и главными граничными условиями Решение задач. Изопериметрические задачи и задачи на условный экстремум. Решение конкретных задач. Оптимальный расчет изгибаемой балки и стержня переменного сеч. Применение вариационного исчисления для расчёта строительных конструкций.

		Прямые методы вариационного исчисления Связь вариационного исчисления и МКЭ. Решение задач.
2.	Численные методы решения нелинейных задач математического программирования	Точные методы решения нелинейных задач математического программирования Задачи выпуклого программирования и их решения. Численные методы поиска экстремума в нелинейных задачах математического программирования Алгоритмы численных методов поиска экстремума в нелинейных задачах математического программирования. Решение задач.
3.	Линейное программирование	Симплекс-алгоритм решения задач ЛП. Метод потенциалов.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) приведён в п.6.

Организация учебной работы обучающихся на аудиторных занятиях осуществляется в соответствии с п. 4.

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

#### *11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии
1.	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик
2.	Методы решения нелинейных задач математического программирования.	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик
3.	Линейное программирование	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик

#### *11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение, указанное в Приложении 3 к рабочей программе.

#### *11.3. Перечень информационных справочных систем*

## Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):**

Учебные занятия по дисциплине проводятся в оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением. Перечень материально-технического обеспечения дисциплины (модуля) приведён в Приложении 4 к рабочей программе.

## Приложение 1 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.19	Методы оптимизации

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

*1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.*

Формирование компетенций при изучении дисциплины (модуля) происходит поэтапно, по мере освоения обучающимися разделов дисциплины (модуля).

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)		
	1	2	3
ОПК-2	+	+	+
ПК-1	+	+	+
ПК-10	+	-	+
ПК-11	+	+	+

*2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания*

Оценивание формирования компетенций осуществляется посредством прохождения обучающимися форм промежуточной аттестации и текущего контроля.

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей оценивания, указанных в п.2. рабочей программы.

*2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций.*

Формами оценивания компетенций являются мероприятия промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине (модулю), указанные в учебном плане и в п.4 рабочей программы.

Взаимосвязь форм и показателей оценивания компетенций приведена в таблице.

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания		Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль	Промежуточная аттестация	
		Контрольная работа	Экзамен	
1	2	3	5	6
ОПК-2	З1	+	+	+
	У1	+	+	+
	Н1	+	+	+
ПК-1	З2	+	+	+
	У2	+	+	+
	Н2	+	+	+
ПК-10	З3	+	+	+
	У3	+	+	+
	Н3	+	+	+
ПК-11	З4	+	+	+
	У4	+	+	+
	Н4	+	+	+
ИТОГО		+	+	

## 2.2 Описание шкалы и критериев оценивания

При проведении промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачёта, защиты курсовых работ/курсовых проектов используется четырёх балльная шкала оценивания:

Уровень освоения	Оценка
Минимальный	«2» (неудовлетворительно)
Пороговый	«3» (удовлетворительно)
Углубленный	«4» (хорошо)
Продвинутый	«5» (отлично)

Критериями оценивания уровня освоения компетенций являются:

Показатели оценивания	Критерии оценивания
Знания	Знание терминов и определений, понятий
	Знание основных закономерностей и соотношений, принципов
	Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)
	Полнота ответов
	Правильность ответов
	Чёткость изложения и интерпретации знаний
Умения	Освоение методик - умение решать ( типовые) практические задачи, выполнять ( типовые) задания

	Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения задач, выполнения заданий
	Умение проверять решение и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять (презентовать) решение задач и выполнения заданий
Навыки	Навыки решения стандартных/нестандартных задач
	Быстрота выполнения трудовых действий Объём выполненных заданий
	Качество выполнения трудовых действий
	Самостоятельность планирования выполнения трудовых действий

*3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

### *3.1 Промежуточная аттестация*

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

Перечень типовых примерных вопросов/заданий для проведения экзамена в 5 семестре (очная форма обучения):

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вопросы / задания
1.	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теоретические предпосылки вариационного исчисления.</li> <li>2. Необходимые условия экстремума функционала.</li> <li>3. Уравнение Эйлера.</li> <li>4. Частные случаи уравнения Эйлера.</li> <li>5. Понятие о достаточных условиях экстремума.</li> <li>6. Условия Якоби и Лежандра.</li> <li>7. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от двух независимых переменных.</li> <li>8. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от нескольких функций.</li> <li>9. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от производных высшего порядка.</li> <li>10. Главные и естественные граничные условия.</li> <li>11. Вариационные задачи при отсутствии заданных граничных условий.</li> <li>12. Условие трансверсальности.</li> <li>13. Задачи Лагранжа.</li> </ol>

		<p>14. Изопериметрические задачи.</p> <p>15. Оптимальный расчет консольной изгибаемой балки переменного сечения.</p> <p>16. Оптимальный расчет стержня переменного сечения при действии продольной нагрузки и на устойчивость.</p> <p>17. Прямые методы вариационного исчисления.</p>
2.	Методы решения нелинейных задач математического программирования.	<p>1. Оптимизация унимодальных функций</p> <p>2. Необходимые и достаточные условия существования безусловных экстремумов нелинейных задач математического программирования.</p> <p>3. Метод множителей Лагранжа для поиска условного экстремума при наличии уравнений связи.</p> <p>4. Седловые точки функции Лагранжа и теорема Куна-Таккера для решения задач выпуклого программирования.</p> <p>5. Алгоритмические отображения в численных методах оптимизации.</p> <p>6. Методы покоординатного спуска и Хука-Дживса.</p> <p>7. Общая схема градиентного спуска.</p> <p>8. Метод наискорейшего спуска.</p> <p>9. Метод сопряженных направлений.</p> <p>10. Метод Ньютона.</p> <p>11. Метод проекции градиента.</p> <p>12. Методы штрафных функций</p>
3.	Линейное программирование	<p>1. Постановка задачи линейного программирования.</p> <p>2. Матричное представление.</p> <p>3. Графический метод решения задачи линейного программирования для двух переменных.</p> <p>4. Симплекс-алгоритм решения задач линейного программирования.</p> <p>5. Взаимно двойственные задачи в ЛП. Экономическая интерпретация. Теоремы двойственности и равновесия.</p>

### 3.2 Текущий контроль

Контролируется посещение практических занятий, выполнение практических заданий и контрольных работ.

#### Контрольная работа

##### Примерные темы.

1. Решение задач вариационного исчисления для функционалов простейшего вида.
2. Решение задач вариационного исчисления для функционалов различного типа с различными граничными условиями
3. Решение задач вариационного исчисления на условный экстремум.
4. Решение задач вариационного исчисления с помощью метода Ритца, метода Галёркина и др.



5. Решение задач нелинейного программирования с уравнениями связи методом множителей Лагранжа.
6. Решение задач нелинейного программирования методом покоординатного спуска.
7. Решение задач нелинейного программирования методом покоординатного спуска и метод Хука-Дживса
8. Решение задач нелинейного программирования методом . градиентного спуска, метод наискорейшего спуска.

*Примерные вопросы к защите практических работ.*

1. Уравнение Эйлера.
  2. Частные случаи уравнения Эйлера.
  3. Понятие о достаточных условиях экстремума.
  4. Условия Якоби и Лежандра.
  5. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от двух независимых переменных.
  6. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от нескольких функций.
  7. Необходимые условия экстремума для функционалов зависящих от производных высшего порядка.
  8. Необходимые и достаточные условия существования безусловных экстремумов нелинейных задач математического программирования.
  9. Метод множителей Лагранжа для поиска условного экстремума при наличии уравнений связи.
  10. Седловые точки функции Лагранжа и теорема Куна-Таккера для решения задач выпуклого программирования.
  11. Постановка задачи линейного программирования.
  12. Симплекс-алгоритм решения задач линейного программирования.
4. *Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

Процедура промежуточной аттестации регламентируется с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

*4.1. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме дифференцированный зачет.*

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) проводится в форме дифференцированный зачет в 5 семестре.

Используется четырёх балльная шкала оценивания освоения, указанная в п.2.2.

Используются критерии оценивания, указанные п.2.2.

Оценка выставляется преподавателем интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
З1	Обучающийся не имеет представления о современных численных методах и прикладных программных средствах	Обучающийся частично знает современные численные методы и прикладные программные средства	Обучающийся знает сущность современных численных методов и прикладных программных средств	Обучающийся твердо знает сущность современных численных методов и прикладных программных средств, в том числе на основе самостоятельной подготовки
У1	Обучающийся не умеет применять современные численные методы и современные технологии программирования для решения прикладных задач	Обучающийся фрагментарно умеет применять современные численные методы и современные технологии программирования для решения прикладных задач	Обучающийся умеет применять современные численные методы и современные технологии программирования для решения прикладных задач	Обучающийся умеет применять современные численные методы и современные технологии программирования для решения прикладных задач в том числе на основе самостоятельной подготовки
Н1	Обучающийся не имеет навыков использования прикладного программного обеспечения, реализующего численные методы	Обучающийся имеет фрагментарные навыки использования прикладного программного обеспечения, реализующего численные методы безопасности	Обучающийся имеет навыки использования прикладного программного обеспечения, реализующего численные методы	Обучающийся имеет устойчивые навыки использования прикладного программного обеспечения, реализующего численные методы, в том числе на основе самостоятельной подготовки

32	Обучающийся не имеет представления о стандартных пакетах прикладных программ для решения практических задач численными методами на электронных вычислительных машинах	Обучающийся частично знает стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач численными методами на электронных вычислительных машинах	Обучающийся знает основные стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач численными методами на электронных вычислительных машинах	Обучающийся твердо знает стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач численными методами на электронных вычислительных машинах в том числе на основе самостоятельной подготовки
У2	Обучающийся не умеет отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	Обучающийся фрагментарно умеет отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	Обучающийся умеет отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	Обучающийся умеет эффективно отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение на основе самостоятельной подготовки
Н2	Обучающийся не имеет навыков использования стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач численными методами	Обучающийся имеет фрагментарные навыки использования стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач численными методами	Обучающийся имеет навыки использования стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач численными методами	Обучающийся имеет устойчивые навыки использования стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач численными методами
33	Обучающийся не имеет представления о математических моделях, соответствующие рассматриваемым процессам и явлениям	Обучающийся частично знает математические модели, соответствующие рассматриваемым процессам и явлениям	Обучающийся знает математические модели, соответствующие рассматриваемым процессам и явлениям	Обучающийся твердо знает математические модели, соответствующие рассматриваемым процессам и явлениям, в том числе на основе самостоятельной подготовки

У3	Обучающийся не умеет использовать математический аппарат для решения поставленных задач	Обучающийся фрагментарно умеет использовать математический аппарат для решения поставленных задач	Обучающийся умеет использовать математический аппарат для решения поставленных задач	Обучающийся умеет эффективно использовать математический аппарат для решения поставленных задач, в том числе на основе самостоятельной подготовки
Н3	Обучающийся не имеет навыков применения соответствующей процессу математической модели и проверки ее адекватности, проведения анализа результатов моделирования, принятия решения на основе полученных результатов	Обучающийся имеет фрагментарные навыки применения соответствующей процессу математической модели и проверки ее адекватности, проведения анализа результатов моделирования, принятия решения на основе полученных результатов	Обучающийся имеет навыки применения соответствующей процессу математической модели и проверки ее адекватности, проведения анализа результатов моделирования, принятия решения на основе полученных результатов	Обучающийся имеет устойчивые навыки применения соответствующей процессу математической модели и проверки ее адекватности, проведения анализа результатов моделирования, принятия решения на основе полученных результатов, в том числе на основе самостоятельной подготовки
34	Обучающийся не имеет представления о методах и технологиях управления информацией	Обучающийся частично знает методы и технологии управления информацией	Обучающийся знает методы и технологии управления информацией	Обучающийся твердо знает методы и технологии управления информацией, в том числе на основе самостоятельной подготовки
У4	Обучающийся не умеет применять знания и навыки управления информацией	Обучающийся фрагментарно умеет применять знания и навыки управления информацией	Обучающийся умеет применять знания и навыки управления информацией	Обучающийся устойчиво умеет применять знания и навыки управления информацией, в том числе на основе самостоятельной подготовки

Н4	Обучающийся не имеет навыков управления информацией	Обучающийся имеет фрагментарные навыки управления информацией	Обучающийся имеет навыки управления информацией	Обучающийся имеет устойчивые навыки управления информацией, в том числе на основе самостоятельной подготовки
----	---	---	---	--

*4.2 Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета*

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) в форме Зачёта не проводится.

*4.3 Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме защиты курсовой работы/проекта*

Процедура защиты курсовой работы (проекта) определена Положением о курсовом проекте (работе) обучающихся НИУ МГСУ:

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) в форме защиты курсового проекта /курсовой работы не проводится.

## Приложение 2 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.19	Методы оптимизации

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
		НТБ МГСУ		
1.	<i>Методы оптимизации</i>	Аттетков, А. В. Методы оптимизации [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - Москва : РИОР ; ИНФРА-М, 2013. - 269 с.	25	25
2.	<i>Методы оптимизации</i>	Строительная информатика [Текст] : учебное пособие для подготовки бакалавров по направлению - 270800.68 (08.04.01) и для подготовки специалистов по специальности 271101 (08.05.01) - "Строительство уникальных зданий и сооружений" / П. А. Акимов [ и др.]. - Москва : АСВ, 2014. - 432 с.	88	25
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ МГСУ		

3.	<i>Методы оптимизации</i>	Акулич, И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. Л. Акулич. - Изд. 2-е, испр. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 347 с.	50	25
4.	<i>Методы оптимизации</i>	Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 570 с.	20	25

Согласовано:

НТБ

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
дата

Подпись, ФИО

## Приложение 3 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.19	Методы оптимизации

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Вариационное исчисление. Прямые методы вариационного исчисления. Оптимальный расчёт строительных конструкций.	Решение задач вариационного исчисления для функционалов простейшего вида. Решение задач вариационного исчисления для функционалов различного типа с различными граничными условиями.	Операционная система Microsoft Windows	DreamSpark subscription
			MATLAB	Платное ПО
			Intel Parallel Studio XE Composer Edition for Fortran Windows	Платное ПО (в части комп. класса 417)
			Watcom Fortran 77	Свободное ПО
2	Методы решения нелинейных задач математического программирования.	Решение задач вариационного исчисления с помощью метода Ритца, метода Галёркина и др.	Операционная система Microsoft Windows	DreamSpark subscription
			MATLAB	Платное ПО
			Intel Parallel Studio XE Composer Edition for Fortran Windows	Платное ПО (в части комп. класса 417)
			Watcom Fortran 77	Свободное ПО
3	Линейное программирование	Решение задач нелинейного	Операционная система Microsoft Windows	DreamSpark subscription



		программирования в среде Excel, изучение зависимости получаемого решения от выбранной опорной точки.(одномерный случай)	MATLAB	Платное ПО
			Intel Parallel Studio XE Composer Edition for Fortran Windows	Платное ПО (в части комп. класса 417)
			Watcom Fortran 77	Свободное ПО

## Приложение 4 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.19	Методы оптимизации

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекции	Стационарные / мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда.
2	практические занятия	28 персональных компьютеров с конфигурацией: 1,8 ГГц, HDD 240 Гб, RAM 1 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19".	Помещения для компьютерного практикума: 129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, 310,312, 417, 418,420, 421,623 КМК
3	Самостоятельная работа	32 персональных компьютера с конфигурацией: 2,6 ГГц, HDD 160 Гб, RAM 2 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19", 48 персональных компьютеров с конфигурацией: 3 ГГц, HDD 160 Гб, RAM 2 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19", 40 персональных компьютеров с конфигурацией: 2,9 ГГц, HDD 250 Гб, RAM 4 Гб, Video RAM 512 Мб, DVD-R/RW, монитор 19".	Помещение для самостоятельной работы (129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, корп. 2, Учебный корпус (Библиотека), комн. 10, комн. 41)
		29 персональных компьютеров с конфигурацией: 1,6 ГГц, HDD 80 Гб, RAM 1 Гб, Video RAM 128 Мб, DVD-R/RW, монитор 17".	Помещение для самостоятельной работы (129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, корп. 2, Учебный корпус (Библиотека), комн. 10)