

**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.В.ДВ.8.1	Вариационные и численные методы строительной механики

Код направления подготовки	15.03.03
Направление подготовки	Прикладная механика
Наименование ОПОП (профиль)	Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов
Год начала подготовки	2012
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
Профессор кафедры Сопротивления материалов	Кандидат техн. наук, доцент		Леонтьев А.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Сопротивления материалов**

должность	подпись		ученая степень и звание, ФИО	
Зав. кафедрой Сопротивления материалов			Доктор техн. наук, профессор, Андреев Владимир Игоревич	
Год обновления	2014	2015	2016	
Номер протокола	№ 12	№ 1		
Дата заседания кафедры (структурного подразделения)	2.07.2014	31.08.2015		

**Рабочая программа утверждена и согласована:**

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	Председатель	Леонтьев А.Н.		
НТБ	Директор	Ерофеева О.Р.		
ЦОСП	Начальник	Беспалов А.Е.		

## 1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Вариационные и численные методы строительной механики» является подготовка будущего бакалавра к проведению самостоятельных расчетов конструкций и их элементов с проведением необходимых научных исследований, в том числе с использованием ЭВМ, корректного использования вариационных и численных методов, анализа получаемых результатов.

## 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
готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	ПК-3	<b>Знает</b> основные вариационные принципы механики.	31
		<b>Умеет</b> использовать численные методы для решения задач строительной механики.	У1
		<b>Имеет навыки</b> компьютерного моделирования при выполнении расчетно-графических работ	Н1
способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	ПК-5	<b>Умеет</b> составлять описания выполненных расчетно-графических работ, обрабатывать и анализировать полученные результаты.	У2

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

Дисциплина «Вариационные и численные методы строительной механики» относится к вариативной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению 15.03.03 «Прикладная механика» и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Вариационные и численные методы строительной механики» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин "Высшая математика", "Уравнения математической физики", "Физика", "Сопrotивление материалов", "Теория упругости", «Основы вариационного исчисления», разделов дисциплины «Строительная механика».

*Требования к входным знаниям, умениям студентов.*

Для освоения дисциплины «Вариационные и численные методы строительной механики» студент должен:

*Знать:* основы математического анализа и линейной алгебры, основы численных методов, современные средства вычислительной техники, методы решения простейших задач расчета стержневых систем.

*Уметь:* использовать математический аппарат, работать на персональном компьютере, пользоваться основными офисными приложениями, применять при изучении

курса знания, полученные по физике, сопротивлению материалов, теории упругости и строительной механике.

*Владеть:*

- приемами дифференцирования и интегрирования функций;
- элементарными навыками работы с матрицами (умножение, транспонирование, обращение);
- первичными навыками и основными методами практического использования современных компьютеров для выполнения математических расчетов и оформления результатов расчета.

Дисциплины, для которых дисциплина «Вариационные и численные методы строительной механики» является предшествующей:

- «Вычислительная механика»,
- «Теория пластин и оболочек»,
- «Математические основы теории колебаний»,
- «Методы вычислительной механики».

**4. Объем дисциплины (модуля) 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 3 зачетные единицы 108 акад. 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)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися						
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КСР			
1	Основные понятия и методы вариационного исчисления.	6	1,2	4				2	2	
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.	6	2-6	8		4		4	12	Выдача РГР №1 – 2 неделя.
3	Матричная форма метода перемещений.	6	6-10	8		4		4	16	Выдача РГР №2 – 6 неделя.
4	Численные методы строительной механики.	6	10-12	4		4		4	6	
5	Метод конечных элементов	6	13-	8		4		4	6	

	(МКЭ) расчета конструкций.		16							
	<b>Итого:</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>32</b>		<b>16</b>		<b>18</b>	<b>42</b>	<b>Зачет</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	Основные понятия и методы вариационного исчисления.	Предмет и задачи дисциплины "Вариационные и численные методы строительной механики". Понятие о функционале и необходимое условие экстремума. Уравнение Эйлера-Лагранжа. Задача о траектории луча света. Принцип Ферма.	4
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.	Теорема Клапейрона о работе статически приложенной внешней нагрузки. Работа внутренних сил. Потенциальная энергия упругой системы. Принцип Лагранжа. Принцип Кастильяно. Принцип Дирихле. Принцип Даламбера. Метод Ритца. Метод Бубнова-Галеркина.	8
3	Матричная форма метода перемещений.	Основная система метода перемещений. Известные и внешние силы. Внутренние усилия и деформации. Приведение внешних воздействий к узловой нагрузке. Уравнения равновесия, статическая матрица. Связь деформаций и перемещений. Физическая сторона задачи, матрицы внутренней и внешней жесткости. Расчетные формулы метода перемещений в матричной форме.	8
4	Численные методы строительной механики.	Сведение решения задач теории упругости к решению задач линейной алгебры. Метод конечных разностей. Метод последовательных аппроксимаций.	4
5	Метод конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций.	Методы расчета конструкций с помощью ЭВМ. Идея МКЭ. Расчет стержневых систем. Матрица жесткости элемента и совокупности элементов. Определение усилий в элементах. Метод конечных элементов для континуальных систем.	8

### 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

### 5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.	2.1. Задача о балке, расположенной на упругом основании. Операторный и вариационный подходы. Выдача РГР №1. 2.2. Изгиб прямоугольной пластины. Операторный и вариационный подходы. Примеры сведения плоской задачи теории упругости к одномерной.	4
3	Матричная форма метода	3.1. Приведение внешних воздействий к узловой нагрузке. Матрица внешних сил. Примеры построения статической	4

	перемещений.	матрицы. Примеры построения матриц внутренней и внешней жесткости. Выдача РГР №2. 3.2. Расчет рам в матричной форме на действие температуры и смещение опор.	
4	Численные методы строительной механики.	4.1. Примеры решения краевых задач методом конечных разностей. 4.2. Примеры решения краевых задач методом последовательных аппроксимаций.	4
5	Метод конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций.	5.1. Пример расчета стержневой системы методом конечных элементов. 5.2. Пример расчета плоской задачи методом конечных элементов.	4

*5.4. Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам (при наличии выделенных часов контактной работы в учебном плане)*

Учебным планом курсовые работы и курсовые проекты не предусмотрены.

*5.5. Самостоятельная работа*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Основные понятия и методы вариационного исчисления.	Задача о брахистохроне. Принцип наименьшего действия. Принцип Гамильтона-Остроградского.	2
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.	Определение перемещений от нагрузки, теплового воздействия и осадки опор. Определение перемещений в статически неопределимых системах. Работа по выполнению РГР №1.	12
3	Матричная форма метода перемещений.	Работа по выполнению РГР №2. Подготовка к мероприятиям текущего контроля.	16
4	Численные методы строительной механики.	Решение краевых задач методом последовательных аппроксимаций.	6
5	Метод конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций.	Работа с литературой по теме. Подготовка к зачету.	6

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

Самостоятельная работа по курсу является залогом усвоения знаний и прохождения промежуточных аттестаций, предусмотренных рабочей программой по дисциплине. Ключевые цели самостоятельных внеаудиторных занятий заключаются в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Выполняемая в процессе изучения дисциплины «Вариационные и численные методы строительной механики» 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 принципов построения математических моделей, математической формализации задач расчетного проектирования.

На практических занятиях решаются задачи по темам лекционного курса. Часть задач выносятся на самостоятельное решение. Самостоятельное решение задач также необходимо при подготовке к текущей аттестации.

Студент должен владеть основными методами исследования и решения задач сопротивления материалов и строительной механики с позиций вариационного исчисления. Необходима выработка первичных навыков перевода реальной задачи на язык вариационного исчисления, построение соответствующей математической модели, выбор нужного метода ее решения, интерпретация и оценка полученного результата.

При подготовке к сдаче зачета рекомендуется пользоваться записями, сделанными на практических и лекционных занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы. Сначала необходимо повторить теоретическую часть, а затем переходить к решению задач.

Большое значение для активизации самостоятельной работы студентов имеет выполнение расчетно-графических работ (РГР) в аудитории под руководством преподавателя. Это – элемент обучения студента, преподаватель отмечает ошибки и дает рекомендации студенту.

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)**

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

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)				
	1	2	3	4	5
ПК-3	+	+	+	+	+
ПК-5		+	+	+	

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

*7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций*

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания			Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
		Расчетно- графическая работа №1	Расчетно- графическая работа №2	Зачет	
1	2	3	4	5	6
ПК-3	31			+	+
	У1	+	+		+
	Н1	+	+		+
ПК-5	У2	+	+		+
ИТОГО		+	+	+	+

7.2.2. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена/Дифференцированного зачета*

Учебным планом экзамен и дифференцированный зачет не предусмотрены.

7.2.3. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы/проекта*

Учебным планом курсовые работы и курсовые проекты не предусмотрены.

7.2.4. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета*

Код показателя оценивания	Оценка	
	Не зачтено	Зачтено
31	Обучающийся не знает суть основных вариационных принципов механики, допускает существенные ошибки при использовании терминов, относящихся к проблеме.	Теоретическое содержание курса освоено полностью, обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
У1	Не умеет самостоятельно использовать алгоритмические приёмы решения стандартных задач сопротивления материалов и строительной механики, допускает существенные ошибки при их решении, необходимые практические компетенции не сформированы.	Обучающийся твердо знает алгоритмические приёмы решения стандартных задач сопротивления материалов и строительной механики, не допуская существенных неточностей в решении. Все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. необходимые практические компетенции в основном сформированы.

Н1	Обучающийся не владеет значительной частью программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы, или не выполняет совсем. Не продемонстрировал навыки самостоятельной работы.	Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.
----	--	---

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

7.3.1. *Текущий контроль*

Контролируется посещение лекций и практических занятий, выполнение и защита расчетно-графических работ.

*Назначение расчетно-графических работ.*

Расчетно-графические работы составляют часть самостоятельной работы студентов. Они состоят из нескольких задач и предназначены для закрепления учебного материала, излагаемого на лекциях и практических занятиях.

Расчетно-графические работы способствуют развитию у студентов навыков самостоятельного решения задач, поиску оптимальных решений, научного подхода к решению поставленных задач с привлечением INTERNET-ресурсов, умению пользоваться учебной и справочной литературой.

Расчетно-графические работы выдаются преподавателем, проводящим практические занятия в группе, индивидуально каждому студенту. Варианты работ могут быть также получены студентами через сайт кафедры при распечатке титульного листа каждой работы.

*Защита расчетно-графических работ.*

Защита расчетно-графических работ проходит в виде компьютерного или устного тестирования. Для проведения компьютерного тестирования на кафедре имеется компьютерный класс и большое количество тестов по проверке знаний студентов. Тест по каждой расчетно-графической работе содержит пять вопросов. Для успешной защиты работы студент должен правильно ответить на три вопроса.

*Последовательность выполнения расчетно-графических работ:*

– проработка учебного материала по теме конкретной задачи по конспекту лекций и практических занятий, а также по учебнику, учебному пособию и методическим указаниям.

– решение задач, входящих в расчетно-графические работы, на черновике с достаточно аккуратным его оформлением.

– проведение консультаций с преподавателем (1-3 консультации на каждую задачу – консультации проводятся во внеаудиторное время);

– исправление ошибок (если они имеются), указанных преподавателем во время консультаций.

– оформление каждой расчетно-графической работы в виде пояснительной записки, содержащей расчетный и графический материал. Работы аккуратно оформляются от руки или в виде компьютерного набора на листах формата А-4;

– получение подписи преподавателя с указанием даты.

Ниже приведено содержание расчетно-графических работ.

*Расчетно – графическая работа № 1 (РГР №1)*

**«Расчет балки методом тригонометрических рядов».**

**Задача 1**



Для балки по схеме № \_\_\_\_ при числовых значениях нагрузок и размеров по строке № \_\_\_\_ таблицы 1, требуется:

- построить эпюры поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ ;
- подобрать сечение балки в виде стального прокатного двутавра из условия прочности по методу предельных состояний. Заданную нагрузку считать расчетной. В расчётах принять расчётное сопротивление стали по пределу текучести  $R = 210 \text{ МПа} = 21 \text{ кН/см}^2$ , коэффициент условий работы  $\gamma_c = 1.0$ ;
- определить с помощью метода Мора или метода начальных параметров значение прогиба  $\nu$  в центре балки;
- определить с помощью тригонометрических рядов значения  $\nu$  и  $M$  в центре балки и сравнить полученные результаты.

### Задача 2 Расчет балки на упругом основании

Для балки по схеме № \_\_\_\_ , расположенной на упругом основании, при числовых значениях размеров балки, нагрузки и коэффициента жесткости основания (коэффициента постели) по строке № \_\_\_\_ таблицы 1. требуется

- записать с помощью метода начальных параметров выражения для прогибов  $\nu$ , углов поворота поперечных сечений  $\varphi$ , изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$  на всех участках балки. Поставить граничные условия. Момент инерции поперечного сечения балки  $J = J_z$  и ширину полки  $b$  взять из сортамента для стального прокатного двутавра, подобранного из условия прочности в Задаче 1. Модуль упругости принять равным  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$ ;
- произвести расчет балки с использованием программы для ПК, по результатам которого построить эпюры  $Q, M, \varphi$  и  $\nu$ ;
- определить с помощью тригонометрических рядов значения  $\nu$  и  $M$  в центре балки и сравнить полученные результаты.

Таблица 1

№ п/п	$a$ , м	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q_1$ , кН/м	$k$ , Н/см <sup>3</sup>
1	2,0	40	30	16	20
2	2,1	30	42	24	30
3	2,2	32	18	20	40
4	2,4	20	34	18	50
5	2,0	16	32	22	60
6	2,1	28	24	14	70
7	2,2	24	30	20	80
8	2,4	30	28	22	90

Таблица 1 (Продолжение)

№ п/п	$a$ , м	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q_1$ , кН/м	$k$ , Н/см <sup>3</sup>
9	2,0	30	28	24	20
10	2,1	32	18	12	30
11	2,2	20	35	18	40
12	2,4	20	32	20	50
13	2,0	16	30	14	60
14	2,1	18	40	15	70
15	2,2	24	16	22	80
16	2,4	36	24	26	90

### Расчетно-графическая работа № 2 (РГР №2)

#### «Расчет рамы матричным методом на различные воздействия».

Произвести расчет заданной рамы матричным методом с использованием программы, составленной в Excel:

- а) на заданную поперечную нагрузку;
- б) на заданное изменение температуры (понижение температуры “внутри помещения” на 60 градусов);
- в) на заданное кинематическое воздействие (смещение одной из опор и поворот жестко защемленной опоры).

Во всех случаях:

- построить эпюры внутренних усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$ ;
- определить опорные реакции;
- проверить равновесие рамы в целом;
- выполнить кинематическую проверку: определить перемещения рамы по направлению “временно установленных связей”.

Примечание:

Принять жесткость горизонтальных стержней в 2 раза больше жесткости вертикальных  $EJ_{\Gamma} = 2EJ_{\text{в}}$ .

### 7.3.2. Промежуточная аттестация

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

Промежуточная аттестация осуществляется в конце шестого семестра в виде зачета и завершает изучение данной дисциплины.

Промежуточная аттестация, как комплексное мероприятие, представляет сумму положительных результатов по выполнению и защите расчетно-графических работ и сдаче зачета в устной форме.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины.

*Вопросы к зачету:*

1. Цели и задачи курса “Вариационные и численные методы строительной механики”.
2. Понятие о функционале и необходимое условие экстремума.
3. Уравнение Эйлера-Лагранжа.
4. Задача о траектории луча света. Принцип Ферма.
5. Постановка и решение задачи о брахистохроне. Принцип наименьшего действия.
6. Теорема Клапейрона. Работа внешних и внутренних сил.
7. Потенциальная энергия упругой деформации. Одномерные, двумерные и трехмерные задачи теории упругости и строительной механики.
8. Принцип Лагранжа.
9. Принцип Кастильяно.
10. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Принцип Дирихле.
11. Принцип Даламбера. Принцип Гамильтона-Остроградского.
12. Метод Ритца.
13. Метод Бубнова-Галеркина.
14. Сведение решения задач теории упругости к решению задач линейной алгебры.
15. Метод конечных разностей.
16. Метод последовательных аппроксимаций.
17. Формула Мора для определения перемещений от нагрузки, теплового воздействия и осадки опор.
18. Определение перемещений в статически неопределимых системах.
19. Метод перемещений расчета статически неопределимых систем. Основная система.
20. Метод перемещений при температурном воздействии и смещении опор.
21. Матричная форма метода перемещений. Приведение нагрузки к узловой.
22. Три стороны задачи расчета упругих стержневых систем.
23. Построение статической матрицы.
24. Двойственность статических и кинематических соотношений.
25. Физические матрицы для отдельных элементов стержневой системы. Матрица жесткости стержневой системы.
26. Методы расчета конструкций с помощью ЭВМ. Идея метода конечных элементов.
27. Расчет стержневых систем методом конечных элементов.

28. Особенности расчета континуальных систем методом конечных элементов на примере плоской задачи теории упругости.

7.4. *Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

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

Аттестационные испытания проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя, справочной литературой и калькуляторами.

Время подготовки ответа при сдаче зачета в устной форме должно составлять не менее 30 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

При подготовке к устному зачету студент, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который затем по окончании зачета сдается преподавателю.

Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.

Результаты выполнения аттестационного испытания должны быть объявлены обучающимся в день его проведения и выставлены в зачетные книжки не позднее следующего рабочего дня после проведения.

## 8. 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 НИУ МГСУ		
1	Вариационные и численные методы строительной механики	Варданян, Г. С. Сопротивление материалов (с основами строительной механики) [Текст] : учеб. для вузов / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна. - М. : ИНФРА-М, 2011. - 478 с	224	20

2	Вариационные и численные методы строительной механики	Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 240 с.	30	20
3	Вариационные и численные методы строительной механики	Акимов, П. А. Многоуровневые дискретные и дискретно-континуальные методы локального расчета строительных конструкций [Текст] : монография / П. А. Акимов, М. Л. Мозгалева ; Моск. гос. строит. ун-т. - Москва : МГСУ, 2014. - 630 с.	78	20
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ НИУ МГСУ		
1	Вариационные и численные методы строительной механики	Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем. – М.: АСВ, 1996. – 541 с.	1192	20
2	Вариационные и численные методы строительной механики	Габбасов Р.Ф. Численное построение разрывных решений задач строительной механики: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2008. – 277 с.	50	20
3	Вариационные и численные методы строительной механики	Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова; под ред. Б. П. Демидовича. - Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2010. - 400 с.	100	20
4	Вариационные и численные методы строительной механики	Атаров, Н. М. Сопротивление материалов в примерах и задачах [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. М. Атаров ; [рец.: Н. Н. Атаров]. - Москва : ИНФРА-М, 2011. - 406 с	100	20
5	Вариационные и численные методы строительной механики	Дискретно-континуальный метод конечных элементов. Приложения в строительстве [Текст] : монография / А. Б. Золотов [и др.]; [рец.: В. И. Сливкер, С. Б. Косицын]. - М. : Изд-во АСВ, 2010. - 336 с.	500	20
6	Вариационные и численные методы строительной механики	Сливкер В.И. Строительная механика. Вариационные основы: учеб. пособие для вузов. – М.: АСВ, 2005. – 708 с.	156	20
7	Вариационные и численные методы строительной механики	Овчинцев, М. П. Вариационное исчисление в строительном университете [Текст] : учебное пособие для вузов / М. П. Овчинцев, В. С. Ленев ; Моск. гос. строит. ун-т. - Москва : МГСУ, 2010. - 79 с.	36	20

## 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>
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
Раздел «Кафедры» на официальном сайте НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>
Информационный предметный сайт	<a href="http://mysopromat.ru">mysopromat.ru</a>
Сайт кафедры	<a href="http://sopromat-mgsu.ru">sopromat-mgsu.ru</a>

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

Курс по дисциплине предполагает изучение теории на лекционных занятиях. В ходе лекции студент ведет конспект лекций в свободной форме. Рекомендуется использовать тетрадь, разлинованную «в клетку» формата А5-А4, имеющую от 48 до 96 листов. Восприятие информации улучшается при использовании различных способов выделения текста и рисунков: подчеркивание, выделений цветным маркером, отметки на полях. Рекомендуется выбрать единую систему ведения конспекта лекций. Для закрепления знаний после лекции до следующей лекции по предмету (желательно не позднее следующего дня) рекомендуется перечитать лекционный материал и записать вопросы, которые не ясны из прочитанного. По этим вопросам необходимо обратиться к учебному пособию, если в результате работы с учебным пособием остались вопросы - следует обратиться за разъяснениями к лектору. После самостоятельной работы над лекцией, студент должен четко понимать изложенный в ней материал и ориентироваться в нем.

Вопросы, отнесенные на самостоятельное изучение, даются преподавателем в ходе лекций или практических занятий. Студенту рекомендуется:

- 1) Уяснить и записать вопрос;
- 2) Просмотреть рекомендованную литературу и наметить общую структуру изучения вопроса в виде плана или схемы;
- 3) Изучить информацию по вопросу. При изучении рекомендуется вести конспект (возможно, использовать лекционную тетрадь), куда вносится ключевая информация, формулы и рисунки.
- 4) Перечитать сделанные в конспекте записи. Убедиться в ясности записанного. При необходимости дополнить записи, изучить дополнительные источники. После работы над вопросами для самостоятельного изучения студент должен четко понимать материал по вопросу и ориентироваться в нем. В случае необходимости предполагается консультация с преподавателем.

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

## 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*

Организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты:

- консультации по конкретным вопросам,
- проверка решенных задач.

Использование кафедрального сайта:

- размещение заданий по РГР,
- размещение расписания консультаций,
- размещение типовых задач, вопросов к зачету.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
1	Основные понятия и методы вариационного исчисления.		Слайд - презентация	80%
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.		Слайд - презентация	80%
3	Матричная форма метода перемещений.		Демонстрация программы в среде Excel	100%
4	Численные методы строительной механики.		Слайд - презентация	80%
5	Метод конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций.		Слайд - презентация	80%

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Основные понятия и методы вариационного исчисления.		Microsoft Office	Open License
2	Энергия упругой деформации. Вариационные методы строительной механики.		Microsoft Office	Open License
3	Матричная форма метода перемещений.		Microsoft Office	Open License
4	Численные методы строительной механики.		Microsoft Office	Open License
5	Метод конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций.		Microsoft Office	Open License

*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 НИУ 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 «Вариационные и численные методы строительной механики» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекция	Проектор/тип № 3, интерактивная доска IQBoard PS S100, компьютер/тип № 2.	104г УЛБ, Компьютерный класс №1.
2	Практическое занятие	Проектор/тип № 3, интерактивная доска IQBoard PS S100, компьютер/тип № 2.	104г УЛБ, Компьютерный класс №1.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению 15.03.03 «Прикладная механика».