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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1.1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций

Код направления подготовки	08.06.01
Направление подготовки	Техника и технологии строительства
Наименование ОПОП (программа аспирантуры)	Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства
Год начала подготовки	2016
Уровень образования	подготовка кадров высшей квалификации
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2017

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	ФИО
Профессор	д.т.н., академик РААСН, профессор	Акимов П.А.
Профессор	д.т.н.,, чл.-корр. РААСН, профессор	Белостоцкий А.М.
Профессор	д.т.н., доцент	Мозгалева М.Л.

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 _____ _____ / Беспалов А.Е. /
дата *Подпись, ФИО*

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» является углубление уровня освоения компетенций обучающегося в области решения прикладных технических задач

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и с учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки Техника и технологии строительства по направлению «Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства» .

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

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели оценивания (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства	ОПК-1	**Знает** многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	З1
		Умеет корректно применять многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	У1
		Имеет навыки анализа корректности, достоверности и точности получаемых решений.	Н1
способностью к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов	ОПК-4	**Знает** алгоритмы реализации многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	З2
		Умеет создавать реализующее программно-алгоритмическое обеспечение для многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	У2
		Имеет навыки верификации и анализа результатов расчета строительных конструкций, полученные с использованием созданного программно-алгоритмического обеспечения.	Н2

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели оценивания (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства	ОПК-6	**Знает** преимущества и недостатки многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	З3
		Умеет формулировать корректные постановки краевых задач расчета строительных конструкций, определять эффективные методы и алгоритмы для их решения.	У3
		Имеет навыки исследования и верификации многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	Н3
обладанием знаниями аналитических, численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций, зданий и сооружений на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях, навыками корректного использования универсальных и специализированных программно-алгоритмических комплексов и систем автоматизированного проектирования	ПК-1.1	**Знает** теоретические основы многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций и реализующего программно-алгоритмического обеспечения.	З4
		Умеет применять многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета строительных конструкций и реализующее программно-алгоритмическое обеспечение.	У4
		Имеет навыки корректного использования многоуровневых численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций и реализующего программно-алгоритмического обеспечения.	Н4
способностью ставить задачи, разрабатывать программу исследований, применять и развивать адекватные методы	ПК-1.2	**Знает** традиционные, вариационные и операторные постановки краевых задач расчета строительных конструкций.	З5

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели оценивания (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
решения профессиональных задач, в том числе в части расчетного обоснования и мониторинга безопасности строительных объектов, на основе знания современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий		**Умеет** обоснованно выбирать эффективные численные и численно-аналитические методы решения профессиональных задач в области расчета строительных конструкций, в том числе на основе знания современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий.	У5
		Имеет навыки разработки программы исследований, исследования и развития численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	Н5
способностью разрабатывать, исследовать и верифицировать математические и компьютерные модели явлений, процессов, объектов, систем и технологий, относящихся к профилю профессиональной деятельности, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-1.3	**Знает** технологии верификации математических и компьютерных моделей.	З6
		Умеет исследовать и верифицировать численные и численно-аналитические методы расчета строительных конструкций, а также реализующего программно-алгоритмического обеспечения.	У6
		Имеет навыки анализа, интерпретации, представления и применения результатов решения задач расчета строительных конструкций.	Н6
способностью самостоятельно осваивать, исследовать и применять современные теории, алгоритмы, аналитические, численные и численно-аналитические	ПК-1.4	**Знает** основные направления исследований, актуальные проблемы и приоритетные задачи математического (компьютерного) моделирования объектов строительства.	З7

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели оценивания (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
методы, критически анализировать современные проблемы математического и компьютерного моделирования в прикладных задачах строительства с учетом потребностей отрасли		**Умеет** самостоятельно осваивать, исследовать и применять аналитические и численные методы решения задач математического (компьютерного) моделирования объектов строительства	У7
		Имеет навыки работы с российскими и зарубежными печатными и электронными источниками, отражающими результаты научных исследований в математического (компьютерного) моделирования объектов строительства.	Н7

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

Дисциплина «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» относится к дисциплинам по выбору Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства» и является обязательной дисциплиной.

Дисциплина «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» базируется на знаниях, умениях и навыках полученных обучающимися в ходе изучения дисциплин:

- Введение в научную специальность;
- Основы научных исследований и интеллектуальной собственности.

Требования к входным знаниям, умениям обучающихся.

Для освоения дисциплины «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» обучающийся должен:

Знать: сопротивление материалов, линейную алгебру; математический анализ.

Уметь: применять аналитические и численные методы для решения математических и технических задач.

Владеть: прикладным программным обеспечением.

Дисциплина «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» является завершающей дисциплиной цикла.

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 5 зачетных единиц, 180 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	КСР	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия					
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	4	1-4	4		6		32	4	
2.	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	4	5-8	4		6		30	4	Письменный опрос
3.	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	4	9-12	4		6		30	4	
4.	Численные методы расчета строительных конструкций	4	13-16	4		6		30	6	
	Итого:	*4*		*16*		*24*		*122*	*18*	*Зачет*

Форма обучения - заочная

№ 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					КСР	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			Самостоятельная работа		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	4	1-4	2		2		37	4	
2.	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	4	5-8	2		4		35	4	Письменный опрос
3.	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	4	9-12	2		2		35	4	
4.	Численные методы расчета строительных конструкций	4	13-16	2		4		35	6	
	Итого:	*4*		*8*		*12*		*142*	*18*	*Зачет*

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

Форма обучения – очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов

	(модуля)		
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Виды постановок краевых задач. Краткий обзор исследований в области постановок краевых задач строительной механики и математической физики. Понятие о фундаментальной функции и функции Грина краевой задачи. Об одном способе вычисления степеней и функций от оператора теории упругости. Общий подход для операторных формулировок. Характеристическая функция области. Постановка задачи для эллиптической системы второго порядка. Основные операторные соотношения. Вариационная постановка. Замена переменных.	4
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Некоторые предварительные сведения и замечания. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.	4
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Обзор и характеристика некоторых традиционных численно-аналитических методов решения задач расчета конструкций. Понятие о дискретно-континуальных методах расчета строительных конструкций, зданий и сооружений.	4
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Сеточные методы аппроксимации краевых задач расчета строительных конструкций на расширенной области. Метод базисных вариаций для численного решения краевых задач расчета конструкций.	4

Форма обучения – заочная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Виды постановок краевых задач. Краткий обзор исследований в области постановок краевых задач строительной механики и математической физики. Понятие о фундаментальной функции и функции Грина краевой задачи. Об одном способе вычисления степеней и функций от оператора теории упругости. Общий подход для операторных формулировок. Характеристическая функция области. Постановка задачи для эллиптической системы второго порядка. Основные операторные соотношения. Вариационная постановка. Замена переменных.	2
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Некоторые предварительные сведения и замечания. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.	2
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Обзор и характеристика некоторых традиционных численно-аналитических методов решения задач расчета конструкций. Понятие о дискретно-континуальных методах расчета строительных конструкций, зданий и сооружений.	2
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Сеточные методы аппроксимации краевых задач расчета строительных конструкций на расширенной области. Метод базисных вариаций для численного решения краевых задач расчета конструкций.	2

5.2. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен

5.3. Практические занятия

Форма обучения – очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Практическая работа № 1 Операторные постановки краевых задач расчета конструкций	6
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Практическая работа № 2 Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций.	6
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Практическая работа № 3 Апробация численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	6
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Практическая работа № 4 Апробация численных методов расчета строительных конструкций.	6

Форма обучения – заочная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Практическая работа № 1 Операторные постановки краевых задач расчета конструкций	2
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Практическая работа № 2 Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций.	4
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Практическая работа № 3 Апробация численно-аналитических методов расчета строительных конструкций.	2
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Практическая работа № 4 Апробация численных методов расчета строительных конструкций.	4

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

Учебным планом курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены.

5.5. Самостоятельная работа

Форма обучения – очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Нестационарные задачи. Некоторые примеры постановок краевых задач расчета строительных конструкций. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи о поперечном изгибе балки Бернулли. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи об изгибе плиты. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи теории упругости. Граничные уравнения. Формулировка граничных интегральных уравнений смешанной краевой задачи теории упругости с использованием граничной системы координат и обобщенных функций. Регуляризация сингулярных обобщенных функций в задачах расчета строительных конструкций.	32
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.	30
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Дискретно-континуальный метод конечных элементов для расчета для расчета строительных конструкций, зданий и сооружений. Дискретно-континуальный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный вариационно-разностный метод для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный метод определения собственных значений и собственных функций краевых задач расчета строительных конструкций. Дискретно-аналитический метод расчета строительных объектов регулярной структуры.	30
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Полуитерационный многосеточный метод для решения многомерных краевых задач расчета конструкций. Метод дискретных граничных интегральных уравнений для расчета конструкций. Методы локализации, фрагментации и техника вейвлет-анализа в применении к расчетам строительных конструкций. О расчете	30

		строительных конструкций с односторонними связями. Универсальные формулы построения матриц жесткости конечных элементов при решении некоторых задач расчета строительных конструкций. Спектральный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций.	

Форма обучения – заочная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Нестационарные задачи. Некоторые примеры постановок краевых задач расчета строительных конструкций. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи о поперечном изгибе балки Бернулли. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи об изгибе плиты. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи теории упругости. Граничные уравнения. Формулировка граничных интегральных уравнений смешанной краевой задачи теории упругости с использованием граничной системы координат и обобщенных функций. Регуляризация сингулярных обобщенных функций в задачах расчета строительных конструкций.	37
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.	35
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Дискретно-континуальный метод конечных элементов для расчета для расчета строительных конструкций, зданий и сооружений. Дискретно-континуальный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный вариационно-разностный метод для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный метод определения собственных значений и собственных функций краевых задач расчета строительных конструкций. Дискретно-аналитический метод расчета строительных объектов регулярной структуры.	35
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Полуитерационный многосеточный метод для решения многомерных краевых задач расчета конструкций. Метод дискретных граничных интегральных уравнений для расчета конструкций. Методы локализации, фрагментации и техника вейвлет-анализа в применении к расчетам строительных конструкций. О расчете строительных конструкций с односторонними связями.	35

		Универсальные формулы построения матриц жесткости конечных элементов при решении некоторых задач расчета строительных конструкций. Спектральный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций.	

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 заключается в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Выполняемая в процессе изучения дисциплины «Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций» 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 обучающихся преподавателем решаются следующие задачи:

1) углублять и расширять их профессиональные знания;
2) формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
3) научить обучающихся 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 современных аналитических и численных методов решения задач строительной механики.

В разделе «Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Нестационарные задачи. Некоторые примеры постановок краевых задач расчета строительных конструкций. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи о поперечном изгибе балки Бернулли. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи об изгибе плиты. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи теории упругости. Граничные уравнения. Формулировка граничных интегральных уравнений смешанной краевой задачи теории упругости с использованием граничной системы координат и обобщенных функций. Регуляризация сингулярных обобщенных функций в задачах расчета строительных конструкций».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Нестационарные задачи.
2. Некоторые примеры постановок краевых задач расчета строительных конструкций.
3. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи о поперечном изгибе балки Бернулли.

4. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи об изгибе плиты.
5. Общая операторная постановка и безусловная вариационная постановка краевой задачи теории упругости.
6. Граничные уравнения.
7. Формулировка граничных интегральных уравнений смешанной краевой задачи теории упругости с использованием граничной системы координат и обобщенных функций.
8. Регуляризация сингулярных обобщенных функций в задачах расчета строительных конструкций.

В разделе «Аналитические методы расчета строительных конструкций» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка.
2. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.

В разделе «Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Дискретно-континуальный метод конечных элементов для расчета для расчета строительных конструкций, зданий и сооружений. Дискретно-континуальный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный вариационно-разностный метод для расчета строительных конструкций. Дискретно-континуальный метод определения собственных значений и собственных функций краевых задач расчета строительных конструкций. Дискретно-аналитический метод расчета строительных объектов регулярной структуры».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Дискретно-континуальный метод конечных элементов для расчета для расчета строительных конструкций, зданий и сооружений.
2. Дискретно-континуальный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций.
3. Дискретно-континуальный вариационно-разностный метод для расчета строительных конструкций.
4. Дискретно-континуальный метод определения собственных значений и собственных функций краевых задач расчета строительных конструкций.
5. Дискретно-аналитический метод расчета строительных объектов регулярной структуры.

В разделе «Численные методы расчета строительных конструкций» темы, выносимые для самостоятельного изучения: «Полуитерационный многосеточный метод для решения многомерных краевых задач расчета конструкций. Метод дискретных граничных интегральных уравнений для расчета конструкций. Методы локализации,

фрагментации и техника вейвлет-анализа в применении к расчетам строительных конструкций. О расчете строительных конструкций с односторонними связями. Универсальные формулы построения матриц жесткости конечных элементов при решении некоторых задач расчета строительных конструкций. Спектральный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Полуитерационный многосеточный метод для решения многомерных краевых задач расчета конструкций.
2. Метод дискретных граничных интегральных уравнений для расчета конструкций.
3. Методы локализации, фрагментации и техника вейвлет-анализа в применении к расчетам строительных конструкций.
4. Расчет строительных конструкций с односторонними связями.
5. Универсальные формулы построения матриц жесткости конечных элементов при решении некоторых задач расчета строительных конструкций.
6. Спектральный метод граничных элементов для расчета строительных конструкций.

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

Аспирант должен владеть многоуровневыми численными и численно-аналитическими методами расчета конструкций. Необходима выработка формулировки корректных постановок и выбор эффективных методов расчета строительных конструкций.

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

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.	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)
2.	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)
4.	Численные методы расчета строительных конструкций	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)

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)	Информационные технологии
1.	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Визуализация примеров, апробация методик
2.	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Визуализация примеров, апробация методик
3.	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Визуализация примеров, апробация методик
4.	Численные методы расчета строительных конструкций	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	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/

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.В.ДВ.1.1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций

Код направления подготовки	08.06.01
Направление подготовки	Техника и технологии строительства
Наименование ОПОП (программа аспирантуры)	Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства
Год начала подготовки	2016
Уровень образования	подготовка кадров высшей квалификации
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2017

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля 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	4
ОПК-1	+	+	+	+
ОПК-4	+	+	+	+
ОПК-6	+	+	+	+
ПК-1.1	+	+	+	+
ПК-1.2	+	+	+	+
ПК-1.3	+	+	+	+
ПК-1.4	+	+	+	+

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	
		Письменный опрос	Зачет	
1	2	3	4	5
ОПК-1	З1	+	+	+
	У1	+	+	+
	Н1	+	+	+
ОПК-4	З2	+	+	+
	У2	+	+	+
	Н2	+	+	+
ОПК-6	З3	+	+	+
	У3	+	+	+
	Н3	+	+	+
ПК-1.1	З4	+	+	+
	У4	+	+	+
	Н4	+	+	+
ПК-1.2	З5	+	+	+
	У5	+	+	+
	Н5	+	+	+
ПК-1.3	З6	+	+	+
	У6	+	+	+
	Н6	+	+	+
ПК-1.4	З7	+	+	+
	У7	+	+	+
	Н7	+	+	+
ИТОГО		+	+	

2.2. Описание шкалы и критериев оценивания

При проведении промежуточной аттестации в форме зачёта используется бинарная шкала:

Уровень освоения	Оценка
Ниже порогового	Не зачтено
Пороговый	Зачтено

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 вопросов/заданий для проведения зачёта в 4 семестре (очная /заочная форма обучения):

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вопросы/задания
1.	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	1. Виды постановок краевых задач. 2. Понятие о фундаментальной функции и функции Грина краевой задачи. 3. Способ вычисления степеней и функций от оператора теории упругости. 4. Общий подход для операторных формулировок. 5. Характеристическая функция области. 6. Постановка задачи для эллиптической системы второго порядка. 7. Основные операторные соотношения. 8. Вариационная постановка. Замена переменных.
2.	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	1. Универсальные корректные методы точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.

3.	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	1. Обзор и характеристика некоторых традиционных численно-аналитических методов решения задач расчета конструкций. 2. Понятие о дискретно-континуальных методах расчета строительных конструкций, зданий и сооружений.
4.	Численные методы расчета строительных конструкций	1. Сеточные методы аппроксимации краевых задач расчета строительных конструкций на расширенной области. 2. Метод базисных вариаций для численного решения краевых задач расчета конструкций.

3.2. Текущий контроль

Контролируется посещение практических занятий, выполнение лабораторных и контрольных работ.

Контролируется посещение лекционных и практических занятий, выполнение расчетных работ.

Письменный опрос

Примерные темы.

1. Традиционные, операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций.
2. Фундаментальные функции и функции Грина краевых задач расчета строительных конструкций.
3. Апробация универсальных корректных методов точного аналитического решения многоточечных краевых задач расчета строительных конструкций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.
4. Традиционные численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.
5. Дискретно-континуальные методы расчета строительных конструкций.
6. Численные методы расчета строительных конструкций.
7. Метод базисных вариаций для численного решения краевых задач расчета конструкций.

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

3.3. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме экзамена/дифференцированного зачета

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) проводится в форме экзамена (дифференцированного зачёта) в 4 семестре.

Учебным планом Экзамен / Дифференцированный зачет не предусмотрен.

3.4. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета

Код показателя оценивания	Оценка	
	Не зачтено	Зачтено

З1 З2 З3 З4 З5 З6 З7	не знает терминов и определений	знает термины и определения
	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен их интерпретировать и использовать
	не знает значительной части материала дисциплины	знает материал дисциплины в запланированном объёме
	Ответ не дан	ответ не полон, некоторые моменты в ответе не отражены
	допускает грубые ошибки при изложении ответа на вопрос	В ответе имеются несущественные неточности
	Неверно излагает и интерпретирует знания. Изложение материала логически не выстроено. Не способен проиллюстрировать изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Грамотно и по существу излагает материал. Логическая последовательность изложения не нарушена. Поясняющие рисунки, схемы и примеры корректны и понятны.
У1 У2 У3 У4 У5 У6 У7	Не умеет выполнять поставленные практические задания, выбрать типовой алгоритм решения	Умеет выполнять типовые практические задания, предусмотренные программой
	Не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы по выполнению заданий, не может обосновать выбор метода решения задач	Правильно применяет полученные знания при выполнении заданий и обосновании решения. Грамотно обосновывает ход решения задач
	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения	Допускает некоторые ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения. Делает выводы по результатам решения
	Не способен проиллюстрировать решение поясняющими схемами, рисунками	Поясняющие рисунки и схемы корректны и понятны.
Н1 Н2 Н3 Н4 Н5 Н6 Н7	Не обладает навыками выполнения поставленных задач	Не испытывает затруднений при выполнении стандартных задач. Решение нестандартных задач представляет для него сложности.
	Не выполняет трудовые действия или выполняет очень медленно, не достигая поставленных задач	Выполняет трудовые действия, выполняет все поставленные задания.
	Выполняет трудовые действия некачественно	Выполняет трудовые действия качественно

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

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

Приложение 2 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1.1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций

Код направления подготовки	08.06.01
Направление подготовки	Техника и технологии строительства
Наименование ОПОП (программа аспирантуры)	Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства
Год начала подготовки	2016
Уровень образования	подготовка кадров высшей квалификации
Форма обучения	очная, заочная
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
Основная литература:				
		НТБ МГСУ		
1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	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.	77	5
Дополнительная литература:				
		НТБ МГСУ		
1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	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	5
2.	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	Информатика [Текст] : учебник для вузов / А. Б. Золотов [и др.] ; [рец.: Г. Г. Кашеварова, П. П. Гайджуров]. - Москва : Изд-во АСВ, 2010. - 336 с.	613	5

2.	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	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	5
3.	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций [Текст] : монография / А. Б. Золотов [и др.]. - М. : МГСУ : Изд-во АСВ, 2009. - 336 с.	305	5
4.	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций [Текст] : монография / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. - М. : Изд-во АСВ, 2009. - 357 с.	25	5
5.	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций.	Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Текст] : [учеб.] / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Изд. 7-е. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 570 с.	20	5

Согласовано:

НТБ _____ _____ /_____/

дата *Подпись, ФИО*

Приложение 3 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1.1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций

Код направления подготовки	08.06.01
Направление подготовки	Техника и технологии строительства
Наименование ОПОП (программа аспирантуры)	Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства
Год начала подготовки	2016
Уровень образования	подготовка кадров высшей квалификации
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2017

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций с использованием метода расширенной области.	Операционная система Microsoft Windows;	DreamSpark subscription
		ANSYS Mechanical (	Платное ПО
		SCAD Office (актуальная версия)	Учебная бесплатная версия
		Лира (актуальная версия)	Платное ПО
		MATLAB	Платное ПО
2	Аналитические методы расчета строительных конструкций.	Операционная система Microsoft Windows;	DreamSpark subscription
		ANSYS Mechanical	Платное ПО
		SCAD Office (актуальная версия)	Учебная бесплатная версия
		Лира (актуальная версия)	Платное ПО
		MATLAB	Платное ПО
3	Численно-аналитические методы расчета строительных конструкций.	Операционная система Microsoft Windows;	DreamSpark subscription
		ANSYS Mechanical (	Платное ПО
		SCAD Office (актуальная версия)	Учебная бесплатная версия
		Лира (актуальная версия)	Платное ПО
		MATLAB	Платное ПО
4	Численные методы расчета строительных конструкций	Операционная система Microsoft Windows;	DreamSpark subscription
		ANSYS Mechanical	Платное ПО
		SCAD Office (актуальная версия)	Учебная бесплатная версия
		Лира (актуальная версия)	Платное ПО
		MATLAB	Платное ПО

,

Приложение 4 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1.1	Многоуровневые численные и численно-аналитические методы расчета конструкций

Код направления подготовки	08.06.01
Направление подготовки	Техника и технологии строительства
Наименование ОПОП (программа аспирантуры)	Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства
Год начала подготовки	2016
Уровень образования	подготовка кадров высшей квалификации
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2017

Перечень материально-технического обеспечения по дисциплине (модулю):

№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 / аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
2	Практические занятия	Мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории / аудитория для проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
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)