

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

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

_____ А.А. Волков

« ____ » _____ 2016 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена
по научной специальности

<u>05.23.17</u> <i>Шифр</i>	<u>Строительная механика</u> <i>Название специальности</i>
<u>08.06.01</u> <i>Код</i>	<u>Техника и технологии строительства</u> <i>Направление подготовки</i>
<u>Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства</u> <i>Наименование основной профессиональной образовательной программы</i>	

Программа одобрена на заседании методической комиссии ИФО-2 «Прикладная математика»

Протокол № 4 от 10 мая 2016 г.

Председатель экзаменационной
комиссии

Осипов Ю.В.

_____ *Фамилия И.О.*

Председатель методической
комиссии

Широкова О.Л.

_____ *Фамилия И.О.*

Разработчик программы:

профессор

Акимов П.А.

_____ *Должность*

_____ *Фамилия И.О.*

профессор

Белостоцкий А.М.

_____ *Должность*

_____ *Фамилия И.О.*

Москва 2016

Оглавление

Введение	3
Раздел 1. Методические и экспериментальные основы строительной механики	4
Раздел 2. Основы теории упругости, пластичности и ползучести.....	4
Раздел 3. Строительная механика стержней и стержневых систем	5
Раздел 4. Строительная механика тонкостенных конструкций	6
Раздел 5. Динамика конструкций	6
Раздел 6. Устойчивость конструкций.....	6
Раздел 7. Основы механики разрушений.....	7
Раздел 8. Теория надежности конструкций.....	7
Раздел 9. Теория и методы оптимизации сооружений	7
Раздел 10. Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций.....	8
Перечень вопросов к кандидатскому экзамену, осваиваемых на специальной дисциплине в рамках программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.....	8
Литература	11

Введение

Настоящая программа разработана для сдачи кандидатских экзаменов по направлению подготовки высшего образования - подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - направление подготовки),

Программа соответствует научной специальности, предусмотренной номенклатурой научных специальностей, утверждаемой Министерством образования и науки Российской Федерации (далее соответственно - специальность).

Программа разработана на основе примерной программы (программы – минимума) кандидатского экзамена по специальности 05.23.17 «Строительная механика» экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России, а также сотрудниками НИУ МГСУ.

Кандидатский экзамен является формой промежуточной аттестации при освоении программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Кандидатский экзамен должен соответствовать теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Программа ориентирована на выявление профессионального уровня соискателей специальности 05.23.17 «Строительная механика» по технической отрасли наук, степени их готовности к научной работе, широты диапазона аналитического и ассоциативного мышления.

Программа соответствует содержанию специальной дисциплин «Строительная механика», «Математическое и компьютерное моделирование», реализуемых НИУ МГСУ по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства» профилю «Математическое и компьютерное моделирование в прикладных задачах строительства»

Раздел 1. Методические и экспериментальные основы строительной механики

1. Предмет и объекты строительной механики.
2. Место строительной механики в системе естественных наук.
3. Основные этапы развития строительной механики.
4. Механические свойства материалов.
5. Назначение и основные типы механических испытаний.
6. Испытательные машины и установки.
7. Диаграммы растяжения-сжатия.
8. Изменение объема и формы.
9. Упругая и пластическая деформация.
10. Влияние фактора времени.
11. Упрочнение.
12. Влияние скорости деформации.
13. Ползучесть и длительная прочность.
14. Хрупкое и вязкое разрушение.
15. Усталость материалов.
16. Экспериментальные методы строительной механики.
17. Метод тензометрии, поляризационно-оптический метод.
18. Применение фотоупругих покрытий, метод Муаровых полос.
19. Метод голографической тензометрии.

Раздел 2. Основы теории упругости, пластичности и ползучести

1. Тензор напряжений.
2. Главные напряжения и главные площадки.
3. Инварианты тензора напряжений.
4. Дифференциальные уравнения равновесия.
5. Граничные условия.
6. Тензор деформаций.
- 7.
8. Главные оси деформаций и главные деформации.
9. Инварианты тензора деформаций.
10. Уравнения, связывающие перемещение и деформации.
11. Уравнения совместности деформаций.
12. Закон Гука для анизотропного тела.
13. Тензор упругих деформаций и его свойства.
14. Закон Гука для изотропного тела.
15. Гипотезы прочности и критерии пластичности материалов при сложном напряженном строении.
- 16.
17. Полная система уравнений теории упругости.
18. Уравнения теории упругости в перемещениях и напряжениях.
19. Уравнение Бельтрами-Митчелла.

20. Постановка основных краевых задач теории упругости.
21. Теорема единственности.
22. Принцип Сен-Венана.
23. Вариационные принципы теории упругости.
24. Принцип Лагранжа.
25. Принцип Кастильяно.
26. Вариационные методы решения задач теории упругости.
27. Плоское напряженное и плоское деформированное состояния.
28. Обобщенное плоское напряженное состояние.
29. Функция напряжений, Бигармоническое уравнение и граничные условия для функций напряжений.
30. Плоская задача в полярных координатах.
31. Кручение призматических стержней.
32. Основы теории пластичности.
33. Модель упругопластического тела.
34. Деформационная теория пластичности.
35. Теория пластического течения.
36. Теория предельного равновесия Экстремальные принципы теории предельного равновесия и их применение для определения предельных нагрузок.
37. Экстремальные принципы динамики идеально пластического тела, определение остаточных перемещений.
38. Элементы теории ползучести.
39. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть.
40. Основы теории линейной вязко упругости.

Раздел 3. Строительная механика стержней и стержневых систем

1. Напряжения и перемещения в упругом стержне в общем случае нагружения. Изгиб прямолинейных стержней.
2. Расчет балок на упругом основании.
3. Особенности работы на изгиб кривых стержней.
4. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля.
5. Секториальные характеристики сечения.
6. Свободное и стесненное кручение тонкостенных стержней.
- 7.
8. Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем.
9. Методы определения усилий в элементах стержневых систем.
- 10.
11. Общие теоремы строительной механики: теорема Клайперона, теорема взаимности возможных работ (теорема Бетти), теорема Максвелла.
12. Потенциальная энергия деформаций стержневой системы.
13. Метод определения перемещений.
14. Метод Максвелла-Мора.
15. Расчет статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений.

16. Смешанный метод.
17. Расчет на температурные воздействия.
18. Понятие о расчете систем с односторонними связями.

Раздел 4. Строительная механика тонкостенных конструкций

1. Теория изгиба пластинок.
2. Основные гипотезы и уравнения.
3. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки.
4. Изгиб круглых и кольцевых пластинок.
5. Допущения классической теории тонких упругих оболочек.
6. Полная система уравнений теории оболочек.
7. Основы теории пологих тонких оболочек В.З. Власова.
8. Уравнение теории пологих оболочек и область их применения.
9. Безмоментная теория оболочек, область применения.
10. Осесимметричный изгиб оболочек вращения.
11. Краевой эффект в круговой цилиндрической оболочке.
12. Основные понятия нелинейной теории пластинок и оболочек.
13. Применение вариационных принципов строительной механики к расчету тонкостенных систем.
14. Расчет призматических складчатых систем.

Раздел 5. Динамика конструкций

1. Вариационные принципы динамики.
2. Собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
3. Учет диссипации энергии.
4. Нестационарные режимы в линейных системах.
5. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях.
- 6.
7. Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней.
8. Уравнения колебаний пластинок и оболочек.
9. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем.
10. Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластинок и оболочек.
11. Распространение волн и ударные явления в упругих телах.
12. Основные понятия о расчетах сооружений на сейсмические воздействия.
13. Спектральный метод и метод расчета на воздействия, заданные акселерограммами.

Раздел 6. Устойчивость конструкций

1. Понятие устойчивости по Ляпунову.
2. Методы решения задач устойчивости: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод.
3. Предельные точки и точки бифуркации.

4. Устойчивость физически и геометрически нелинейных систем.
5. Понятие о динамической устойчивости.
6. Продольный изгиб центрально сжатых стержней.
7. Устойчивость рам и стрелневых систем.
8. Устойчивость прямоугольных пластинок при сжатии, изгибе и чистом сдвиге.
9. Устойчивость круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии и гидродинамическом давлении.
10. Устойчивость конструкций за пределом упругости.
11. Приведенно-модульная и касательно-модульная критические силы.
12. Концепция Шенли.

Раздел 7. Основы механики разрушений

1. Напряжения у конца трещины.
2. Коэффициент интенсивности напряжений и критической равновесие трещины.
3. Учет пластических деформаций у конца трещины.
4. Численные и экспериментальные методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений.
5. Влияние толщины образцов на результаты экспериментального определения вязкости разрушения.

Раздел 8. Теория надежности конструкций

1. Основные понятия теории надежности.
2. Виды отказов и предельных состояний.
3. Вероятность безотказной работы сооружения как основная характеристика надежности.
4. Статистический анализ механических свойств материалов.
5. Вероятностное истолкование коэффициента запаса.
6. Учет фактора времени в расчетах на надежность.
7. Понятие о расчетах конструкций на долговечность.

Раздел 9. Теория и методы оптимизации сооружений

1. Постановка задачи оптимизации. Варьируемые параметры. Выбор критериев оптимизации. Функция цели. Ограничения. Соотношения количества варьируемых параметров и числа ограничений.
2. Активные и пассивные ограничения.
3. Особенности оптимизации в задачах устойчивости и динамики.
4. Проблема оптимизации как задача нелинейного математического программирования.
5. Прямая и обратная постановка задачи оптимизации.
6. Основные методы оптимизации.

Раздел 10. Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций

1. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности.
2. Численное интегрирование систем дифференциальных уравнений и решение краевых задач на ЭВМ.
3. Проблема собственных значений на ЭВМ.
4. Проблемы вычислительной устойчивости.
5. Вариационные основы метода конечных элементов и его реализация на ЭВМ.
6. Метод граничных элементов.
7. Разностные методы.
8. Вычислительный эксперимент и его роль в решении задач проектирования сооружений.
9. Статистическое моделирование и расчет конструкций на надежность и долговечность.
10. Основные численные методы оптимизации.
11. Применение ЭВМ для оптимального проектирования конструкций.
12. Понятие о системах автоматизированного проектирования.

Перечень вопросов к кандидатскому экзамену, осваиваемых на специальной дисциплине в рамках программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

1. Понятие расчетной модели.
2. Статические и кинематические уравнения. Свойства решений.
3. Статические определимые и статически неопределимые системы.
4. Метод сил и метод перемещений.
5. Предварительное напряжение системы.
6. Вариационные принципы.
7. Идея метода конечных элементов.
8. Граничные условия и условия связи при использовании метода конечных элементов.
9. Параметры сеточного разбиения при использовании метода конечных элементов.
10. Сходимость метода конечных элементов.
11. Типы конечных элементов.
12. Конечноеэлементная аппроксимация. Анализ результатов расчета.
13. Первоначальные сведения о нелинейных задачах.
14. Проблемы физической нелинейности.
15. Работа упругопластической системы при росте нагрузки.
16. Экстремальные свойства предельного состояния текучести.
17. Понятие о геометрической нелинейности.
18. Понятие о конструктивной нелинейности.
19. Понятие о генетической нелинейности.

20. Основные понятия теории устойчивости.
21. Устойчивость системы с одной степенью свободы.
22. Роль начальных несовершенств при анализе устойчивости строительных конструкций.
23. Понятие об устойчивости в большом.
24. Понятие о верхней и нижней критической нагрузках.
25. Устойчивость системы с несколькими степенями свободы.
26. Многопараметрическое нагружение.
27. Понятие о расчетных длинах элементов конструкций при решении задач устойчивости сооружений.
28. Колебания системы с одной степенью свободы.
29. Понятие резонанса.
30. Уравнения движения системы с несколькими степенями свободы.
31. Свойства форм собственных колебаний.
32. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.

I. Метод конечных разностей и вариационно-разностный метод.

1. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Численное решение для систем дифференциальных уравнений.
3. Численное решение краевых задач для уравнений в частных производных:
 - задача Пуассона,
 - бигармоническая задача (расчет пластины),
 - задача теории упругости.
4. Вариационно-разностные методы (ВРМ):
 - общий подход,
 - решение краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения 2-го порядка,
 - решение задачи Пуассона,
 - решение задачи теории упругости,
 - решение задачи изгиба плиты.

II. Задачи начальными условиями (Задача Коши).

1. Методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (метод Рунге-Кутты).
2. Методы решения задачи теплопроводности: метод конечных разностей, шаговый метод (явные и неявные схемы), метод Фурье.
3. Методы решения задачи динамики: метод конечных разностей, шаговый метод (явные и неявные схемы), метод Фурье.

III. Решение интегральных уравнений.

1. Сеточные методы.
2. Решение сингулярных интегральных уравнений.
3. Методы регуляризации.

IV. Метод конечных элементов.

1. Вариационные постановки задач.
2. Понятие метода конечных элементов.
3. Основные конечные элементы и их матрицы жесткости для задачи Пуассона.

4. Основные конечные элементы и их матрицы жесткости для задачи теории упругости.
5. Основные конечные элементы и их матрицы жесткости для расчета плиты.
6. Составление общей матрицы жесткости для конструкции.
7. Метод конечных элементов для задачи теплопроводности на примере брусковой конструкции.
- V. Метод граничных интегральных уравнений (МГИУ).
 1. Общий подход.
 2. Решение задачи теории упругости.
 3. Решение задачи изгиба плиты.
 4. Граничный элемент и составление общей разрешающей системы уравнений.
- I. Построение основных физико-математических моделей в строительстве.
 1. Основные математические модели механики сплошной среды.
 2. Основные математические модели теплопроводности.
 3. Основные математические модели теории упругости, пластичности, вязкоупругости.
 4. Математическое моделирование, связанное с техническими теориями (балочные и плитные конструкции, теория оболочек, стержневых конструкций).
 5. Общие подходы к построению математических моделей сложных систем, связанных с расчетом конструкций (здания, фрагменты сооружений).
 6. Построение аппроксимационных математических моделей для задач сложной конфигурации.
 7. Алгоритмы формирования больших разрешающих систем дискретных уравнений (окончательные расчетные модели сложных сооружений).
 8. Суперэлементная техника для анализа и расчета сложных конструкций и ее численная реализация.
 9. Структурная автоматизация дискретизации конструкций и общий анализ разрешающих систем.
- I. Основные характеристики программного комплекса «Лира».
 1. Программные возможности.
 2. Библиотека элементов и материалов.
 3. Виды учитываемых воздействий.
 4. Пре- и пост-процессорные средства.
- II. Основные характеристики программного комплекса «Cosmos».
 1. Программные возможности.
 2. Библиотека элементов и материалов.
 3. Виды учитываемых воздействий.
 4. Пре- и пост-процессорные средства.
- III. Математическое, программное и информационное обеспечение вычислительных систем анализа и синтеза конструкций на базе МКЭ.
- IV. Интерактивная система для выполнения инженерных и научных расчетов «MatLab».
 1. Операционная среда.
 2. Управляющие команды.
 3. Программирование и отладка.

Литература.

№ 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.	Строительная механика	Смирнов В.А., Городецкий А.С. Строительная механика. – М.: Юрайт, 2014. – 433 с.	30	5
2.	Строительная механика	Ступишин Л.Ю., Трушин С.И. Строительная механика плоских стержневых систем. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 272 с.	30	5
3	Математическое и компьютерное моделирование.	Строительная информатика/ П. А. Акимов [и др.]. - Москва : АСВ, 2014. - 432 с.	88	5
		ЭСБ АСВ		
4	Математическое и компьютерное моделирование.	Карпов В.В. Математическое моделирование и расчет элементов строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Карпов В.В., Панин А.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 176 с.	http://www.i-prbookshop.ru/19335	5
5	Математическое и компьютерное моделирование.	Саталкина Л.В. Математическое моделирование [Электронный ресурс]: задачи и методы механики. Учебное пособие/ Саталкина Л.В., Пеньков В.Б.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 97 с.	http://www.i-prbookshop.ru/22880	5
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ МГСУ		
6.	Строительная механика	Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 357 с.	25	5
7.	Строительная механика	Карпиловский В.С. и др. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 590 с.	25	5

8.	Строительная механика	Константинов И.А., Лалин В.В., Лалина И.И. Строительная механика. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т.; – М.: Проспект, 2011. – 425 с.	30	5
9.	Строительная механика	Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н., Мозгалева М.Л. Информатика. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 336 с.	616	5
10.	Строительная механика	Золотов А.Б., Сидоров В.Н. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 336 с.	305	5
11.	Строительная механика	Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н., Мозгалева М.Л. Дискретно-континуальный метод конечных элементов. Приложения в строительстве. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 336 с.	500	5
12.	Строительная механика	Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 637 с.	205	5
13.	Строительная механика	Варданян Г.С., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов (с основами строительной механики). – М.: ИНФРА-М, 2011. – 478 с.	224	5
14.	Строительная механика	Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Часть 1: Статически определимые системы. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 333 с.	11	5
15.	Строительная механика	Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Часть 2: Статически неопределимые системы. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 464 с.	17	5
16.	Математическое и компьютерное моделирование.	Информатика / А. Б. Золотов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во АСВ, 2013. - 400 с.	73	5
17.	Математическое и компьютерное моделирование.	Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 357 с.	25	5
18.	Математическое и компьютерное моделирование.	Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 570 с.	20	5

19	Математическое и компьютерное моделирование.	Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н., Мозгалева М.Л. Дискретно-континуальный метод конечных элементов. Приложения в строительстве. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 336 с.	500	5
20	Математическое и компьютерное моделирование.	Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 191 с.	51	5
21	Математическое и компьютерное моделирование.	Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 366 с.	10	5
22	Математическое и компьютерное моделирование.	Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 495 с.	40	5
23	Математическое и компьютерное моделирование.	Карпиловский В.С. и др. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 590 с.	25	5