

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

А.В. Германенко
«_____» _____ 2022 г.



ПРОГРАММА

**вступительных испытаний в аспирантуру по научной
специальности**

2.1.9 – Строительная механика

Содержание

1. Назначение и область применения	3
2. Содержание программы	3
3. Вопросы для вступительного испытания	6
4. Критерии оценки знаний претендентов па поступление в аспирантуру	10
5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)	11
6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы	13
Лист согласования.....	15

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 2.1.9 – Строительная механика.

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), в соответствии с федеральными государственными требованиями (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951), выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

Форма проведения вступительного экзамена

Вступительные испытания проводятся в форме устного собеседования по билетам. В состав билета входит два вопроса, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации программ вступительных испытаний на официальном сайте.

При необходимости вступительные испытания могут быть проведены в дистанционном формате. Перед началом дистанционных вступительных испытаний члены экзаменационных комиссий идентифицируют поступающего путем визуальной сверки предъявляемой через видеосвязь фотографии в паспорте с абитуриентом, вышедшим на связь. В случае не прохождения (отказа от прохождения) абитуриентом идентификации, вступительное испытание для данного абитуриента прекращается с оформлением документов о выбытии абитуриента из конкурса.

Требования к процедуре вступительного экзамена

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации определены Правилами приема поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Содержание программы

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины:
теория упругости;
динамика и устойчивость сооружений
сопротивление материалов;
строительная механика;
строительная физика;
материаловедение.

Методические и экспериментальные основы строительной механики.

Механические свойства материалов. Назначение и основные типы механических испытаний.

Испытательные машины и установки. Диаграммы растяжения (сжатия). Изменение объема и формы. Упругая и пластическая деформации. Влияние фактора времени. Упрочнение.

Влияние скорости деформации. Ползучесть и длительная прочность. Хрупкое и вязкое разрушение. Усталость материалов.

Экспериментальные методы строительной механики. Метод тензометрии. Поляризационно-оптический метод. Применение фотоупругих покрытий. Метод лаковых покрытий, метод муаровых полос.

Строительная механика стержней и стержневых систем

Напряжения и перемещения в упругом стержне в общем случае нагружения. Изгиб прямолинейных стержней. Расчет балок на упругом основании. Особенности работы на изгиб кривых стержней. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля. Секториальные характеристики сечения. Свободное и стесненное кручение тонкостенных стержней.

Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем. Методы определения усилий в элементах стержневых систем.

Общие теоремы строительной механики: теорема Клапейрона, теорема взаимности возможных работ (теорема Бетти), теорема Максвелла. Потенциальная энергия деформаций стержневой системы. Метод определения перемещений. Метод Максвелла—Мора.

Расчет статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений. Смешанный метод. Расчет на температурные воздействия. Понятие о расчете систем с односторонними связями.

Строительная механика тонкостенных упругих систем.

Теория изгиба пластин. Основные гипотезы и уравнения. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластины. Изгиб круглых и кольцевых пластин.

Допущения классической теории оболочек. Безмоментная теория оболочек, область применения. Осесимметричный изгиб вращения. Краевой эффект в круговой цилиндрической оболочке. Уравнения теории пологих оболочек и область их применения. Основные понятия нелинейной теории пластин и оболочек.

Применение вариационных принципов строительной механики к расчету тонкостенных систем.

Динамика упругих систем.

Вариационные принципы динамики. Собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Учет диссипации. Нестационарные режимы в линейных системах. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях.

Уравнения продольных, крутильных, изгибных колебаний стержней. Уравнения колебаний пластин и оболочек. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем. Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластин и оболочек. Распространение волн и ударные явления в упругих телах.

Устойчивость систем.

Понятие устойчивости по Ляпунову. Методы решения задач устойчивости: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод. Предельные точки и точки бифуркации. Понятие о задачах динамической устойчивости.

Продольный изгиб сжатых стержней. Устойчивость прямоугольных пластин при сжатии, изгибе и чистом сдвиге. Устойчивость круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии и гидростатическом давлении.

Устойчивость конструкций за пределами упругости. Приведено -модульная и касательная -модульная критическая силы.

Теория надежности конструкций.

Основные понятия надежности конструкций. Виды отказов и предельных состояний. Вероятность безотказной работы сооружений как основная характеристика надежности. Статический анализ нагрузок, действующих на сооружения. Статический анализ механических свойств материалов. Вероятное истолкование коэффициентов запаса.

Алгоритмизация и численные методы расчета конструкций.

Роль ЭВМ для решения задач строительной механики. Требования, предъявляемые к алгоритмам. Проблемы ввода и вывода информации для ЭВМ. Понятие о проблемах автоматизированного

проектирования.

Основные способы дискретизации при решении задач строительной механики. Матричная формулировка задач. Этапы решения задач для статически неопределимых стержневых систем и их автоматизация. Матричные алгоритмы. Особенности решения на ЭВМ задач динамики и устойчивости стержневых систем.

Реализация на ЭВМ метода конечных элементов применительно к задачам строительной механики. Алгоритмизация метода конечных разностей (метода сеток). Реализация на ЭВМ методов линейной алгебры. Численное интегрирование систем дифференциальных уравнений и решение краевых задач. Проблема устойчивости численного решения. Применение ЭВМ для оптимального проектирования конструкций. Основные численные методы оптимизации.

3. Вопросы для вступительного испытания

1. Понятие о расчетной схеме сооружений. Классификация расчетных схем сооружений. Кинематический и статический анализы расчетных схем. Принципы образования геометрически неизменяемых систем.
2. Расчет составных балок на неподвижную нагрузку. Схема взаимодействия частей балок. Методика расчета. Рациональное размещение шарниров.
3. Понятие о подвижных нагрузках. Линии влияния реакций и усилий. Определение усилий в балках по линиям влияния от неподвижных и подвижных нагрузок.
4. Расчет плоских ферм. Образование ферм. Расчетные схемы ферм. Определение усилий в стержнях ферм при неподвижных нагрузках. Программа вступительных испытаний в аспирантуру
5. Построение линий влияния усилий в стержнях ферм. Определение усилий по линиям влияния.
6. Образование трехшарнирных систем. Расчет простейших трехшарнирных рам. Образование и расчет составных рам.
7. Расчет трехшарнирных арок. Рациональное очертание оси арки. Особенности расчета арок с затяжкой.
8. Перемещения и их обозначения. Работа внешних и внутренних сил. Потенциальная энергия упругой системы. Принцип возможных перемещений. Теоремы о взаимности работ и взаимности перемещений.
9. Общий метод определения перемещений. Способы вычисления интеграла Мора. Определение перемещений от изменения температуры и перемещений опор. Матричная форма определения перемещений.
10. Свойства статически неопределимых систем. Степень статической неопределимости. Сущность метода сил. Основная система. Канонические уравнения метода сил.
11. Расчет неразрезных балок методом сил. Рациональная основная система. Построение эпюр M и Q . Проверки расчета.
12. Порядок расчета статически неопределимых рам методом сил. Построение эпюр M , Q , N . Деформационная и статическая проверки. Определение перемещений в статически неопределимых системах.
13. Матричная форма метода сил. Расчет цеховых рам с использованием ЭВМ.
14. Расчет статически неопределимых плоских ферм методом сил в обычной и матричной формах.
15. Расчет статически неопределимых шпренгельных балок методом сил в обычной и матричной формах.
16. Расчет двухшарнирных арок методом сил в обычной форме. Роль затяжки в распределении усилий в арке.
17. Расчет бесшарнирных арок методом сил в обычной форме. Использование симметрии.

20. Сущность метода перемещений и основные допущения. Неизвестные и степень кинематической неопределимости. Основная система. Канонические уравнения метода перемещений.
21. Особенности расчета рам с наклонными стойками и ломаными ригелями. Диаграмма перемещений узлов рамы.
22. Определение реакций в связях путем перемножения эпюр.
23. Использование симметрии при расчете балок и рам методом перемещений.
24. Матричная форма метода перемещений.
25. Расчет балок и рам на перемещения опор и температурные воздействия. Равномерный и неравномерный нагрев элементов плоских стержневых систем.
26. Метод распределения неуравновешенных моментов.
27. Сущность смешанного метода. Основная система, неизвестные, канонические уравнения. Теорема о взаимности реакций и перемещений.
28. Сущность метода конечных элементов. Основные понятия и обозначения. Матрица жесткости конечного элемента.
29. Вектор реакций от внешних нагрузок. Преобразование векторов и матриц в общую систему координат.
30. Реализация МКЭ на ЭВМ при расчете плоских рам.
31. Расчет прямоугольных плит МКЭ. Матрица моментов. Матрица жесткости. Вектор реакций от нагрузок.
32. Понятие об устойчивости сооружений. Методы исследования устойчивости. Критическая сила. Устойчивость систем с одной и несколькими степенями свободы. Устойчивость прямых стержней.
33. Решение задачи о сжато-изогнутом стержне.
34. Устойчивость плоских рам. Методика решения задач методом перемещений.
35. Устойчивость сложных рам с линейно неподвижными узлами. Приближенное решение задач.
36. Устойчивость сложных рам с линейно подвижными узлами. Приближенное решение задач.
37. Динамические нагрузки. Степень свободы сооружений. Виды колебаний. Методы решения динамических задач.
38. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Динамический коэффициент. Явление резонанса.
39. Свободные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Спектр частот и главные формы свободных колебаний. Построение динамических эпюр.
40. Свободные колебания балок и рам с распределенной массой. Дифференциальное уравнение движения и его интегрирование. Применение специальных функций. Метод начальных параметров.
41. Вынужденные колебания балок и рам с распределенной массой стержней. Расчет методом перемещений. Таблицы специальных функций. Проверки расчета.
42. Экспериментальные методы строительной механики. Метод тензометрии.
43. Экспериментальные методы строительной механики. Поляризациино-оптический метод.
44. Экспериментальные методы строительной механики. Применение фотоупругих покрытий, метод муаровых полос. Метод голографической интерферометрии.

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
80-100 баллов	<ol style="list-style-type: none">1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине.3. Делаются обоснованные выводы.4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
60-79 баллов	<ol style="list-style-type: none">1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно.2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
30-59 баллов	<ol style="list-style-type: none">1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины.3. Имеются затруднения с выводами.4. Определения и понятия даны не чётко.
0-29 баллов	<ol style="list-style-type: none">1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине.2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)

Основная литература

1. Варданян Г.С. Сопроотивление материалов с элементами теории упругости и пластичности. Москва Инфра-М, 2013, 637 с.
2. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Учеб. пос. – М.: Издво Кно-Рус, 2013, 441 с.
3. Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. II. Статически неопределимые системы. Учеб. пос. – М.: Изд-во АСВ, 2010.
4. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. Учеб. пос. – М.: Изд-во АСВ, 2010. 383 с.
5. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. СПб.: Лань, 2004. 655 с.
6. Александров А.В., Потапов В.Д., Зылев В.Б. Строительная механика. Часть 1. М: Высш, шк., 2007. 703 с.
7. Александров А.В., Потапов В.Д., Зылев В.Б. Строительная механика. Кн. 2. М: Высш, шк., 2008. 384 с.
8. Саргсян А.Е., Демченко А.Т., Дворянчиков Н.В., Джинчвелашвили Г.А. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов. / Под ред. А.Е. Саргсяна. М.: Высш, шк., 2009. 475 с.
9. Потапов В.Д., Александров А.В. Строительная механика. Кн. 1. Статика упругих систем. М: Высш, шк., 2007. 511 с.
10. Смирнов А.Ф. Александров А.В. и др. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. / Под ред. А.Ф. Смирнова. - М.: Сгройиздат, 1984. 416 с.
11. Киселев В.А. Строительная механика. Общий курс. М.: Стройиздаг, 1986. 520 с.
12. Смирнов А.Ф. Александров А.В. и др. Строительная механика. Стержневые системы. / Под ред. А.Ф. Смирнова. М.: Стройиздат, 1981. 512 с.
13. Снитко Н.К. Строительная механика. М.: Высш, шк., 1980. 432 с.
14. Клейн Г.К., Леонтьев Н.П. и др. Руководство к практическим занятиям по курсу строи тельной механики. / Под общ. ред. Г.К. Клейна. М.: Высш, шк., 1980. 384 с.
15. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. М.: Academia, 2008.
16. Касаткин Б.С, Кудрин А.Б. и др. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений: Справочное пособие. Киев: «Наукова думка», 1981.
17. Александров А. Я., Ахметзянов М. Х., Поляризациино-оптические методы механики деформируемого тела. М., 1973.
18. Сухарев И.П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности. М. Машиностроение, 1987.

Дополнительная литература

1. Кривошапко С.Н. Строительная механика. Учеб, пособие для вузов. М.: Высш, шк., 2008.
2. Саргсян А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций. Учеб, для вузов. М.: Высш, шк., 2008.
3. Рабинович И.М. Курс строительной механики. М., 1960.
4. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. М.: Физматгиз, 1959.

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека России URL:
<http://www.gpntb.ru/>.
2. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>.
3. Национальный открытый интернет-университет «ИНТУИТ» [сайт]. URL: www.intuit.ru;
4. Российская Государственная библиотека URL:<http://www.rsl.ru/>.
5. Российская национальная библиотека URL: <http://www.nlr.ru/>.
6. Российский портал открытого образования [сайт]. URL: www.openet.edu.ru
7. <https://mathworld.wolfram.com/topics/DiscreteMathematics.html>
8. <https://www.wolframalpha.com/>
9. <https://mathoverflow.net/>



Уральский
федеральный
университет
имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (УрФУ)

Программа вступительных испытаний в аспирантуру
2.1.9 – Строительная механика
стр. 10 из 11

Программу вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 2.1.9 –
Строительная механика разработали:

Профессор кафедры Строительная механика
д.т.н., проф.

В.В. Чупин

Лист согласования

Зам. директора по науке и инновациям
Института строительства и архитектуры
к.т.н.



З.В. Беляева

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина