

высшего образования

имени Гагарина Ю.А.»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

А.И. Землянухин

«22» декабря 2025 г.



ПРОГРАММА-МИНИМУМ

КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

2.1.9 «Строительная механика»

Саратов 2025

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: основы теории упругости, пластичности и ползучести, строительная механика стержневых и тонкостенных конструкций; динамика конструкций; устойчивость конструкций; основы механики разрушения; теория надежности конструкций; теория и методы оптимизации сооружений; численные методы в расчетах конструкций.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России по строительству и архитектуре.

1. Методические и экспериментальные основы строительной механики

Предмет и объекты строительной механики. Место строительной механики в системе естественных наук. Основные этапы развития 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 деформация. 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 Муаровых полос. Метод голографической тензометрии.

2. Основы теории упругости, пластичности и ползучести

Тензор напряжений. Главные напряжения и главные площадки. Инварианты тензора напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Граничные условия. Тензор деформаций. Главные оси деформаций и главные деформации. Инварианты тензора деформаций. Уравнения, связывающие перемещение и деформации. Уравнения

совместности деформаций. Закон Гука для анизотропного тела. Тензор упругих деформаций и его свойства. Закон Гука для изотропного тела. Гипотезы прочности и критерии пластичности материалов при сложном напряженном строении.

Полная система уравнений теории упругости. Уравнения теории упругости в перемещениях и напряжениях. Уравнение Бельтрами-Митчелла. Постановка основных краевых задач теории упругости. Теорема единственности. Принцип Сен-Венана. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Принцип Кастильяно. Вариационные методы решения задач теории упругости.

Плоское напряженное и плоское деформированное состояния. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений, Бигармоническое уравнение и граничные условия для функций напряжений. Плоская задача в полярных координатах. Кручение призматических стержней.

Основы теории пластичности. Модель упругопластического тела. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения. Теория предельного равновесия Экстремальные принципы теории предельного равновесия и их применение для определения предельных нагрузок. Экстремальные принципы динамики идеально пластического тела, определение остаточных перемещений.

Элементы теории ползучести. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть. Основы теории линейной вязко упругости.

3. 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 Клайперона, 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.

4. Строительная механика тонкостенных конструкций

Теория изгиба пластинок. Основные гипотезы и уравнения. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки. Изгиб круглых и кольцевых пластинок.

Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Полная система уравнений теории оболочек. Основы теории пологих тонких оболочек В.З. Власова. Уравнение теории пологих оболочек и область их применения. Безмоментная теория оболочек, область применения. Осесимметричный изгиб оболочек вращения. Краевой эффект в круговой цилиндрической оболочке. Основные понятия нелинейной теории пластинок и оболочек.

Применение вариационных принципов строительной механики к расчету тонкостенных систем. Расчет призматических складчатых систем.

5. Динамика конструкций

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

Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней. Уравнения колебаний пластинок и оболочек. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем. Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластинок и оболочек. Распространение волн и ударные явления в упругих телах. Основные понятия о расчетах сооружений на сейсмические воздействия. Спектральный метод и метод расчета на воздействия, заданные акселерограммами.

6. Устойчивость конструкций

Понятие устойчивости по Ляпунову. Методы решения задач устойчивости: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод. Предельные точки и точки бифуркации. Устойчивость физически и геометрически нелинейных систем. Понятие о динамической устойчивости.

Продольный изгиб центрально сжатых стержней. Устойчивость рам и стержневых систем. Устойчивость прямоугольных пластинок при сжатии, изгибе и чистом сдвиге. Устойчивость круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии и гидродинамическом давлении.

Устойчивость конструкций за пределом упругости. Приведенно-модульная и касательно-модульная критические силы. Концепция Шенли.

7. Основы механики разрушений

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

8. Теория надежности конструкций

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

9. Теория и методы оптимизации сооружений

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

10. Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций

Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности. Численное интегрирование систем дифференциальных уравнений и решение краевых задач на ЭВМ. Проблема собственных значений на ЭВМ. Проблемы вычислительной устойчивости.

Вариационные основы метода конечных элементов и его реализация на ЭВМ. Метод граничных элементов. Разностные методы. Вычислительный эксперимент и его роль в решении задач проектирования сооружений. Статистическое моделирование и расчет конструкций на надежность и долговечность.

Основные численные методы оптимизации. Применение ЭВМ для оптимального проектирования конструкций. Понятие о системах автоматизированного проектирования.

Основная литература

1. Агапов, В. П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. :Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>

2. Бабанов, В.В. Строительная механика: в 2 т. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство»/В.В. Бабанов.- М.: ИЦ «Академия». Т.1, 2011.-304 с.

3. Бабанов, В.В. Строительная механика: в 2 т. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» /В.В. Бабанов.- М.: ИЦ «Академия». Т.2, 2011 - 288 с.

4 Бабанов, В.В. Строительная механика [Электронный ресурс]: в 2 т. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство»/В.В. Бабанов - Электрон.текст. дан. - М.: ИЦ «Академия». Т.1.- 2011 – 1 эл. опт.диск (CD-ROM)-(Высшее проф. образование). Режим доступа: [http:// lib.sstu.ru/books/ld.203.pdf/](http://lib.sstu.ru/books/ld.203.pdf/).

5. Ганджунцев, М. И. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. И. Ганджунцев, Петраков А.А.. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с. — 978-5-7264-1513-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64535.html>

Дополнительная литература

1. Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек. М.: Высшая школа, 1972.

2. Малинин Н.Н. прикладная теория пластичности и ползучести. Учебник для студентов вузов. М.: Машиностроение, 1968.-400 с.

3. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судпромизд, 1962Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1974.-416 с.

4. Рабинович И.М. Курс строительной механики. М., 1960.
5. Работнов Ю. Н. Динамика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1962.
6. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1984.-416 с.
7. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1975.

Интернет-ресурсы:

8. <http://window.edu.ru/> Электронная библиотека учебно-методической литературы для общего и профессионального образования.
9. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека.
10. <http://www.scholar.ru/> Научные статьи, диссертации и
11. авторефераты из электронных научных библиотек.
- a. <http://www.gost.ru/> - сайт Росстандарт
12. <http://www.books.totalarch.com/> - сайт «Библиотека: книги по строительству и архитектуре».

Заведующий кафедрой
СМКТ к.т.н., доцент

Тимохин Д.К.