

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Тюменский индустриальный университет»**

Строительный институт кафедра строительной механики

УТВЕРЖДАЮ

Директор СТРОИН

 А.В. Набоков

« 02 » 12 2024 г.

**ПРОГРАММА**  
**кандидатского экзамена**

**«Специальная дисциплина Строительная механика»**  
**(технические науки)**

Научная специальность 2.1.9. Строительная механика

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры строительной механики  
(наименование кафедры)

Протокол № 4/1 от «28» ноября 2024 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ П.В. Чепур  
(подпись)

**Программу разработал(и):**

Огороднова Ю.В., доцент, канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рассмотрена на заседании кафедры гуманитарных наук

Протокол № 1 от 30 августа 2016 г.



## 1. Цель экзамена

Цель кандидатского экзамена – проверить научно-теоретический уровень профессиональных знаний аспиранта/соискателя ученой степени кандидата наук (далее - соискатель), степень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе; выявить степень готовности аспиранта (соискателя) к осуществлению научно-исследовательской деятельности в международных исследовательских коллективах с использованием современных методов и технологий научной коммуникации; определить уровень владения аспиранта (соискателя) терминологией и математическим аппаратом строительной механики; определить уровень реализации коммуникативных намерений в научном дискурсе в условиях диверсификации точек зрения и готовности выработать общие позиции.

Экзаменуемый должен продемонстрировать/показать:

- владение вопросами, связанными с темой диссертационной работы; методологией научного познания; общенаучными методами системного, функционального и статистического анализа; методами выбора и расчёта сооружений;

- знание современных методов математического анализа и моделирования различных механических и физико-механических процессов и явлений при решении задач строительной механики; методов исследования, используемых в научной деятельности в области строительной механики; методов эффективного решения задач строительной механики;

- навыки применения изученного материала для решения новых экспериментальных и теоретических задач строительной механики;

- умения создавать и исследовать новые математические модели физических процессов, понимать теорию и практику эксперимента.

От аспиранта (соискателя) требуется быть подготовленным к решению профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью указанной программы и видами профессиональной деятельности: организационно-управленческой деятельности; научно-исследовательской деятельности.



## 2. Содержание программы

### **Раздел 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.

### **Раздел 2. Основы теории упругости, пластичности и ползучести**

Полная система уравнений теории упругости. Плоское напряженное и плоское деформированное состояния. Обобщенное плоское напряженное состояние.

Основы теории пластичности. Экстремальные принципы динамики идеально пластического тела, определение остаточных перемещений.

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

### **Раздел 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. 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.

### **Раздел 4. Строительная механика тонкостенных конструкций**

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.

### **Раздел 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.

### **Раздел 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.

### **Раздел 7. Основы механики разрушений**

Учет пластических деформаций у конца трещины. Численные и экспериментальные методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений.

### **Раздел 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.

### **Раздел 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.

### **3. Примерный перечень вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену**

1. Плоская задача теории упругости в полярной системе координат. Общее решение бигармонического уравнения. Решение частных задач.
2. Дифференциальные уравнения равновесия. Статические граничные условия.
3. Плоская задача теории упругости в полярной системе координат. Случай, когда функция напряжений не зависит от полярного угла.
4. Полная система соотношений теории упругости. Уравнения Ламе. Уравнения Ламе для задач термоупругости. Принцип Сен Венана.
5. Решение плоской задачи теории упругости с использованием интегрального преобразования Фурье.
6. Плоская деформация. Обобщённое плоское напряжённое состояние. Функция напряжений плоской задачи теории упругости.
7. Различные случаи упругой симметрии твёрдого тела. Закон Гука для ортотропного и изотропного материалов.
8. Механические свойства твердых тел за пределом упругости.
9. Методы расчета стержней, пластин и оболочек, применяемые в теории пластичности.
10. Задачи, решаемые с помощью оптических методов. Некоторые примеры решения задач.
11. Свойства статически неопределимых систем. Степень статической неопределимости. Идея метода сил. Система канонических уравнений. Выбор основных систем метода сил. Общая последовательность расчёта.
12. Предельные состояния статически неопределимых систем.
13. Расчёт по предельному состоянию. Основные положения. Понятие о предельных нагрузках и механизмах разрушения. Методы определения предельной нагрузки для статически неопределимых систем.
14. Расчёт методом сил при наличии начальных деформаций. Упрощения при расчёте симметричных систем.
15. Расчёт пространственных рам методом сил.
16. Матричная форма метода сил.
17. Применение метода сил к расчёту на подвижную нагрузку.
18. Основные положения метода перемещений. Степень кинематической неопределимости. Идея метода перемещений. Система канонических уравнений. Последовательность расчёта при действии внешней нагрузки.



19. Расчёт методом перемещений при наличии начальных деформаций. Упрощения при использовании метода перемещений (использование основной системы без постановки линейных связей; учёт симметрии).

20. Расчёт пространственных рам методом перемещений.

21. Матричная форма метода перемещений (общие положения; зависимости между деформациями и перемещениями; матрицы жёсткости прямолинейных стержней постоянного сечения; определение усилий в расчётных сечениях и реакций в дополнительных связях; последовательность расчёта на действие внешней нагрузки; расчёт при наличии начальных деформаций).

22. Применение метода перемещений к расчёту на подвижную нагрузку. Принципы определения перемещений в статически неопределимых системах.

23. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля.

24. Свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля.

25. Касательные напряжения при изгибе тонкостенных балок открытого профиля.

26. Центр изгиба.

27. Определение положения центра изгиба.

28. Определение положения главной нулевой секторальной точки.

29. Уравнение трёх моментов для неразрезных стержней.

30. Расчёт тонкостенных рам на кручение методом сил.

31. Колебания упругих систем с несколькими степенями свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; учёт симметрии в задачах динамики).

32. Динамика сооружений. Общие положения. Колебания упругих систем с одной степенью свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; действие ударной нагрузки).

33. Приближённые способы определения частот свободных колебаний (энергетический способ; способ приведённых масс). Понятие о расчёте сооружений на сейсмическое воздействие. Меры защиты от динамических воздействий.

34. Устойчивость сооружений. Основные положения. Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней.

35. Применение метода перемещений к расчёту устойчивости плоских рам (общие принципы использования метода; упрощения при расчёте рам на устойчивость).

36. Понятие о деформационном расчёте рам. Энергетический способ определения критических сил.

37. Прямоугольные плиты на упругом основании (Общие положения и составление системы разрешающих уравнений, матрица жёсткости прямоугольного элемента плиты; учёт односторонней связи с основанием).



38. Рамы и балки на упругом основании (общие положения; матрица жёсткости КЭ; выбор рационального размера КЭ; учёт односторонней связи с основанием).

3.1. Форма проведения кандидатского экзамена: устно, по билетам (в билете три вопроса).

3.2. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения программы

Оценка	Критерии оценки
«Отлично»	выставляется экзаменуемому если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач
«Хорошо»	если аспирант (соискатель) хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения
«Удовлетворительно»	если аспирант (соискатель) имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ
«Неудовлетворительно»	если ответ аспиранта (соискателя), показывает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области



#### 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

- 4.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 1.
- 4.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
- Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ (<http://webirbis.tsogu.ru/>);
  - База данных «ЭБС ЛАНЬ» ([www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com));
  - «Образовательная платформа ЮРАЙТ» «Электронного издательства ЮРАЙТ» ([www.urait.ru](http://www.urait.ru));
  - Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» (<http://elibrary.ru/>);
  - Цифровой образовательный ресурс IPRsmart (<http://www.iprbookshop.ru/>);
  - Научно-техническая библиотека ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» (<http://elib.gubkin.ru/>);
  - Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (<http://bibl.rusoil.net>);
  - Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» (<http://lib.ugtu.net/books>);
  - Электронно-библиотечная система «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru>);
  - Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru/>).



## Список рекомендуемой литературы

Программа кандидатского экзамена «Специальная дисциплина  
Строительная механика» (технические науки)

Шифр и наименование научной специальности 2.1.9. Строительная механика

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	2	3	6
1	Смирнов, В. А. Строительная механика : учебник для вузов / В. А. Смирнов, А. С. Городецкий ; под редакцией В. А. Смирнова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 423 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03317-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/535661">https://urait.ru/bcode/535661</a> . -	ЭР*	+
2	Шапошников, Н. Н. Строительная механика : учебник / Н. Н. Шапошников, Р. Х. Кристалинский, А. В. Дарков. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 692 с. — ISBN 978-5-8114-0576-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/212861">https://e.lanbook.com/book/212861</a>	ЭР*	+
3	Черепанов, Г. П. Механика разрушения / Г. П. Черепанов. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2012. — 874 с. — ISBN 978-5-4344-0036-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/92378.html">https://www.iprbookshop.ru/92378.html</a>	ЭР*	+
4	Мкртычев, О. В. Теория надежности в проектировании строительных конструкций : монография / Мкртычев О. В. , Райзер В. Д. - Москва : Издательство АСВ, 2016. - 908 с. - ISBN 978-5-4323-0189-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301895.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301895.html</a>	ЭР*	+

\*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ  
<http://webirbis.tsogu.ru/>

Согласовано:

Библиотечно-издательский комплекс



*М.И. Вайнбергер*