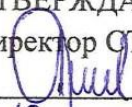


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 25.04.2024 14:03:58  
Уникальный программный идентификатор:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**


УТВЕРЖДАЮ  
Директор СТРОИН  
  
А.В. Набоков  
« 10 » июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Строительная механика  
научная специальность: 2.1.9 Строительная механика

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 04. 04. 2022 г. и требованиями программы аспирантуры 2.1.9 Строительная механика к результатам освоения дисциплины

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры строительной механики  
Протокол № 11 от «9» июня 2022 г.

Заведующий кафедрой Строительной механики  И.О. Разов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

 И.О. Разов

«09» июня 2022 г.

Начальник УНИиР  Д.В. Пяльченков

«10» июня 2022 г.

Начальник ОПНиНПК  Е.Г. Ишкина

«10» июня 2022 г.

Рабочую программу разработал:

В.Г. Соколов, д.т.н., профессор



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является овладение научно-техническим языком и освоение основных методов решения задач строительной механики стержневых систем, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования, а также воспитание общенаучных и профессиональных компетенций, нацеленных на развитие личностных и профессиональных качеств, формирования мировоззрения, развития интеллекта, инженерной эрудиции.

Задачи дисциплины:

- дать обучающемуся представления о постановке инженерных и технических задач, их формализации, выборе модели изучаемого механического явления;
- привить навыки использования математического аппарата для решения инженерных задач в области строительной механики;
- освоить основы методов статического и динамического расчёта конструкций и их элементов;
- освоить основы кинематического и динамического исследования элементов строительных конструкций;
- формировать знания и навыки, необходимые для изучения ряда профессиональных дисциплин;
- развивать логическое мышление и творческий подход к решению профессиональных задач.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области строительства;
- способность разрабатывать стратегии проведения научных исследований и разработок, осуществлять организацию и выполнение специализированных расчетов, анализировать полученные результаты.

## 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа.

Таблица 1

Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практические занятия		
2/3	36	92	268	экзамен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1 Структура дисциплины.

Таблица 2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.		СРО, час.	Всего, час.	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.			
1	1	Метод сил	4	10	32	46	Перечень вопросов для опроса
2	2	Метод перемещений	4	8	32	44	Перечень вопросов для опроса
3	3	Смешанный метод	4	8	32	44	Перечень вопросов для опроса
4	4	Метод конечных элементов	4	10	32	46	Перечень вопросов для опроса
5	5	Расчёт по предельному состоянию	4	8	32	44	Перечень вопросов для опроса
6	6	Динамика сооружений	6	16	36	58	Перечень вопросов для опроса
7	7	Устойчивость сооружений	6	16	36	58	Перечень вопросов для опроса
8	8	Теория пластин и оболочек	4	16	36	56	Перечень вопросов для опроса
	Экзамен		-	-	-	36	
Итого:			36	92	268	432	

### 5.2 Содержание дисциплины.

#### 5.2.1 Содержание разделов дисциплины.

**Раздел 1.** «Метод сил». Свойства статически неопределимых систем. Степень статической неопределимости. Идея метода сил. Система канонических уравнений. Выбор основных систем метода сил. Общая последовательность расчёта. Расчёт при наличии начальных деформаций. Упрощения при расчёте симметричных систем. Расчёт пространственных рам. Матричная форма метода сил. Применение метода сил к расчёту на подвижную нагрузку.

**Раздел 2.** «Метод перемещений». Основные положения. Степень кинематической неопределимости. Идея метода перемещений. Система канонических уравнений. Последовательность расчёта при действии внешней нагрузки. Расчёт при наличии начальных деформаций. Упрощения при использовании метода перемещений (использование основной системы без постановки линейных связей; учёт симметрии). Расчёт пространственных рам. Матричная форма метода перемещений (общие положения; зависимости между де-

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

**Раздел 3.** «Смешанный метод». Общие положения. Система канонических уравнений. Общий порядок расчёта. Матричная форма смешанного метода

**Раздел 4.** «Метод конечных элементов». Общие положения и идея метода. Общие принципы расчёта на действие внешней нагрузки (матрица жёсткости произвольного конечного элемента; общий ход расчёта). Рамы и балки на упругом основании (общие положения; матрица жёсткости КЭ; выбор рационального размера КЭ; учёт односторонней связи с основанием). Прямоугольные плиты на упругом основании (Общие положения и составление системы разрешающих уравнений, матрица жёсткости прямоугольного элемента плиты; учёт односторонней связи с основанием).

**Раздел 5.** «Расчёт по предельному состоянию». Основные положения. Понятие о предельных нагрузках и механизмах разрушения. Методы определения предельной нагрузки для статически неопределимых систем. Предельные состояния статически неопределимых систем.

**Раздел 6.** «Динамика сооружений». Общие положения. Колебания упругих систем с одной степенью свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; действие ударной нагрузки). Колебания упругих систем с несколькими степенями свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; учёт симметрии в задачах динамики). Приближённые способы определения частот свободных колебаний (энергетический способ; способ приведённых масс). Понятие о расчёте сооружений на сейсмическое воздействие. Меры защиты от динамических воздействий.

**Раздел 7.** «Устойчивость сооружений». Основные положения. Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней. Применение метода перемещений к расчёту устойчивости плоских рам (общие принципы использования метода; упрощения при расчёте рам на устойчивость). Понятие о деформационном расчёте рам. Энергетический способ определения критических сил.

**Раздел 8.** Основные положения и понятия теории оболочек. Сведения из дифференциальной геометрии поверхностей. Моментная теория расчета тонких оболочек. Безмоментная теория расчета оболочек. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек. Линейная теория пологих оболочек. Моментные оболочки вращения.

### 5.2.2 Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

#### Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
1	1	4	Свойства статически неопределимых систем. Степень статической неопределимости. Идея метода сил. Система канонических уравнений. Выбор основных систем метода сил. Общая последо-

			<p>вательность расчёта. Расчёт при наличии начальных деформаций. Упрощения при расчёте симметричных систем. Расчёт пространственных рам. Матричная форма метода сил. Применение метода сил к расчёту на подвижную нагрузку.</p>
2	2	4	<p>Основные положения. Степень кинематической неопределимости. Идея метода перемещений. Система канонических уравнений. Последовательность расчёта при действии внешней нагрузки. Расчёт при наличии начальных деформаций. Упрощения при использовании метода перемещений (использование основной системы без постановки линейных связей; учёт симметрии). Расчёт пространственных рам. 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). Применение метода перемещений к расчёту на подвижную нагрузку. Принципы определения перемещений в статически неопределимых системах.</p>
3	3	4	<p>Общие положения. Система канонических уравнений. Общий порядок расчёта. Матричная форма смешанного метода.</p>
4	4	4	<p>Общие положения и идея метода. Общие принципы расчёта на действие внешней нагрузки (матрица жёсткости произвольного конечного элемента; общий ход расчёта). Рамы и балки на упругом основании (общие положения; матрица жёсткости КЭ; выбор рационального размера КЭ; учёт односторонней связи с основанием). Прямоугольные плиты на упругом основании (Общие положения и составление системы разрешающих уравнений, матрица жёсткости прямоугольного элемента плиты; учёт односторонней связи с основанием).</p>
5	5	4	<p>Основные положения. Понятие о предельных нагрузках и механизмах разрушения. Методы определения предельной нагрузки для статически неопределимых систем. Предельные состояния статически неопределимых систем.</p>
6	6	6	<p>Общие положения. Колебания упругих систем с одной степенью свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; действие ударной нагрузки). Колебания упругих систем с несколькими степенями свободы (свободные колебания; вынужденные колебания при действии вибрационной нагрузки; учёт симметрии в задачах динамики). Приближённые способы определения частот свободных колебаний (энергетический способ; способ приведённых масс). Понятие о расчёте сооружений на сейсмическое воздействие. Меры защиты от динамических воздействий.</p>

7	7	6	Основные положения. Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней. Применение метода перемещений к расчёту устойчивости плоских рам (общие принципы использования метода; упрощения при расчёте рам на устойчивость). Понятие о деформационном расчёте рам. Энергетический способ определения критических сил.
8	8	4	Основные положения и понятия теории оболочек. Сведения из дифференциальной геометрии поверхностей. Моментная теория расчета тонких оболочек. Безмоментная теория расчета оболочек. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек. Линейная теория пологих оболочек. Моментные оболочки вращения.
Итого:		36	

### Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема занятия
1	1	10	Расчёт плоских рам. Расчёт плоских рам при наличии начальных деформаций. Применение упрощений при расчёте симметричных систем. Расчёт пространственных рам. Применение при расчётах матричной формы метода сил. Расчёт методом сил на подвижную нагрузку.
2	2	8	Расчёт стержневых систем при наличии начальных деформаций. Использование упрощений при расчёте методом перемещений. Расчёт пространственных рам. Применение метода перемещений к расчёту на подвижную нагрузку. Определение перемещений в статически неопределимых системах.
3	3	8	Расчёт стержневых систем в матричной форме смешанного метода.
4	4	10	Расчёт рамы и балки на упругом основании. Расчёт прямоугольных плит на упругом основании.
5	5	8	Определение предельной нагрузки для статически неопределимых систем.
6	6	16	Колебания упругих систем с одной степенью свободы. Колебания упругих систем с несколькими степенями свободы.
7	7	16	Применение метода перемещений к расчёту устойчивости плоских рам. Деформационный расчёт рам. Определение критических сил.
8	8	16	Пример расчёта тонкостенной оболочки, с учётом геометрически линейной и нелинейной теорий. Примеры

			расчёта тонкостенных оболочек основных квадратичных форм поверхности. Решение дифференциальных уравнений равновесия. Составление физических соотношений теории оболочек Учёт краевых условий. Примеры расчета оболочки вращения и безмоментной цилиндрической оболочки. Расчёт замкнутых и открытых цилиндрических оболочек. Решение уравнений прямоугольной в плане полой оболочки с шарнирным опиранием всех 4-х сторон при помощи двойных тригонометрических рядов.
Итого:		92	

### Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 5

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СРО
1	1	32	Метод сил	Устный опрос
2	2	32	Метод перемещений	Устный опрос
3	3	32	Смешанный метод	Устный опрос
4	4	32	Метод конечных элементов	Устный опрос
5	5	32	Расчёт по предельному состоянию	Устный опрос
6	6	36	Динамика сооружений	Устный опрос
7	7	36	Устойчивость сооружений	Устный опрос
8	8	36	Теория пластин и оболочек	Устный опрос
Итого:		268		

5.2.3 Преподавание дисциплины/модуля ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- Информационные технологии: используются электронные образовательные ресурсы (документы в электронном виде, размещенные в локальной сети ТИУ) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям.
- Проблемное обучение - стимулирование к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.
- Индивидуальное обучение - выстраивание собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной образовательной программы с учетом интересов студента.
- Мультимедийные презентации с целью наглядного изучения и зрительного восприятия понятий, классификаций, задач и функций данной дисциплины.
- Групповое обсуждение области применения информационных и коммуникационных технологий и контексте специфических задач, решаемых преподавателем и обучающимся.



Групповое обсуждение происходит посредством устных ответов на практических занятиях. Дает наиболее всесторонний и объемный характер изучения данной дисциплины, а также обмен мнениями и информацией между студентами.

## **6. Перечень тем рефератов. Перечень вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену**

### 6.1 Методические указания для выполнения.

Реферат состоит из теоретического вопроса, на который необходимо дать полный, развёрнутый ответ. Изложение должно носить систематизированный характер, при необходимости возможно использование схем, таблиц. При написании реферата обучающийся должен использовать учебную и научную литературу. Список использованной литературы обязателен.

### 6.2 Тематика рефератов.

1. Кинематический анализ сооружений;
2. Расчет статически определимых стержневых систем (балки, рамы, фермы);
3. Определение перемещений в упругих системах;
4. Расчет статически неопределимых систем методом сил;
5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений и смешанным методом;
6. Расчет стержневых систем и использованием ЭВМ;
7. Метод конечных элементов в расчете стержневых и оболочечных систем;
8. Основы динамики сооружений;
9. Расчет балок и пластин на упругом основании;
10. Колебания деформируемых систем;
11. Применение метода конечных элементов для решения задач динамики;
12. Устойчивость упругих систем.

6.3 Требования к оформлению реферата. Реферат оформляется в текстовом редакторе Microsoft Word, шрифт Times New Roman, кегль 14, интервал одинарный, поля – все по 2 см.; объем –10-20 стр.

### 6.4 Перечень вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену.

1. Предмет и объекты строительной механики. Диаграммы растяжения-сжатия. Изменение объема и формы. Упругая и пластическая деформация. Влияние фактора времени. Упрочнение. Влияние скорости деформации. Хрупкое и вязкое разрушение. Усталость материалов.
2. Экспериментальные методы строительной механики. Метод тензометрии, поляризационно-оптический метод. Применение фотоупругих покрытий, метод Муаровых полос. Метод голографической тензометрии.
3. Тензор напряжений. Главные напряжения и главные площадки. Инварианты тензора напряжений.
4. Дифференциальные уравнения равновесия. Граничные условия. Уравнения, связывающие перемещение и деформации. Уравнения совместности деформаций.
5. Закон Гука для анизотропного тела. Тензор упругих деформаций и его свойства. Закон Гука для изотропного тела.

6. Гипотезы прочности и критерии пластичности материалов при сложном напряженном строении.
7. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения теории упругости в перемещениях и напряжениях.
8. Постановка основных краевых задач теории упругости. Теорема единственности. Принцип Сен-Венана.
9. Плоское напряженное и плоское деформированное состояния. Обобщенное плоское напряженное состояние.
10. Функция напряжений, Бигармоническое уравнение и граничные условия для функций напряжений.
11. Основы теории пластичности. Модель упругопластического тела.
12. Напряжения и перемещения в упругом стержне в общем случае нагружения. Изгиб прямолинейных стержней.
13. Расчет балок на упругом основании.
14. Особенности работы на изгиб кривых стержней.
15. Секториальные характеристики сечения.
16. Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем. Методы определения усилий в элементах стержневых систем.
17. Общие теоремы строительной механики: теорема Клайперона, теорема взаимности возможных работ (теорема Бетти), теорема Максвелла.
18. Потенциальная энергия деформаций стержневой системы.
19. Метод определения перемещений. Метод Максвелла-Мора.
20. Расчет статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений.
21. Теория изгиба пластинок. Основные гипотезы и уравнения.
22. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки.
23. Изгиб круглых и кольцевых пластинок.
24. Допущения классической теории тонких упругих оболочек.
25. Полная система уравнений теории оболочек.
26. Основы теории пологих тонких оболочек В.З. Власова. Уравнение теории пологих оболочек и область их применения.
27. Основные понятия нелинейной теории пластинок и оболочек.
28. Собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
29. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях.
30. Уравнения колебаний пластинок и оболочек.
31. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем.
32. Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластинок и оболочек.
33. Понятие устойчивости по Ляпунову. Методы решения задач устойчивости: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод. Предельные точки и точки бифуркации.
34. Устойчивость физически и геометрически нелинейных систем. Понятие о динамической устойчивости.
35. Продольный изгиб центрально сжатых стержней. Устойчивость рам и стержневых систем.
36. Устойчивость прямоугольных пластинок при сжатии, изгибе и чистом сдвиге.

37. Устойчивость круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии и гидродинамическом давлении.

Устная форма проведения экзамена.

## 7. Оценка результатов освоения дисциплины

7.1 Критерии оценивания степени полноты и качества освоения в соответствии с планируемыми результатами обучения.

Таблица 6

Оценка	Критерии оценки
«Отлично»	Выставляется обучающемуся, глубоко и прочно усвоившему материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающего. Представлена схема (если в ответе на вопросе есть конструктивные элементы) Соответствующие знание, умения и владение сформированы полностью.
«Хорошо»	Выставляется обучающемуся, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающего его. Обучающийся не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы. Соответствующие знание, умения и владение сформированы в целом полностью, но содержат отдельные пробелы.
«Удовлетворительно»	Выставляется обучающемуся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала. Обучающийся показывает общее, но не структурированное знание, в целом успешное, но не систематическое умение и владение соответствующих компетенций.
«Неудовлетворительно»	Выставляется обучающемуся, который не усвоил значительной части материала, допускает существенные ошибки. Обучающийся показывает фрагментарные знания (или их отсутствие), частично освоенное умение (или его отсутствие), фрагментарное применение навыка (или его отсутствие) соответствующих компетенций.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 1.

8.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- ЭБС «Издательства Лань»;
- ЭБС «Электронного издательства ЮРАЙТ»;
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ;

- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»;
- ЭБС «IPRbooks»;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ (г. Уфа);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГТУ (г. Ухта);
- ЭБС «Проспект»;
- ЭБС «Консультант студент».

8.3 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- Microsoft Office Professional Plus;
- Windows.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 7

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование)
1	2	3
1	-	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть

## **10. Методические указания по организации СРО**

10.1 Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки, к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно.

10.2 Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы, обучающиеся должны изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплины/модуля: Строительная механикаНаучная специальность: 2.1.9 Строительная механика

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент аспирантов, использующих указанную литературу	Обеспеченность аспирантов литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Строительная механика: лекции, семинары, расчетно-графические работы [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / С. Н. Кривошапко. - М.: Высшая школа, 2008. - 391 с.	40	2	100	
2	Строительная механика [Текст]: учебник / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - 9-е изд., испр. - СПб. [и др.]: Лань, 2004. - 656 с	47	2	100	
3	Строительная механика [Электронный ресурс]: учеб. / А.В. Дарков, В.А. Шапошников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 656 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/121">https://e.lanbook.com/book/121</a> .	Неограниченный доступ	2	100	<a href="https://e.lanbook.com/book/121">https://e.lanbook.com/book/121</a>
4	Изгиб прямоугольных пластин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иванов С.П.— Электрон. текстовые данные.— Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011.— 96 с.	Неограниченный доступ	2	100	<a href="https://e.lanbook.com/book/121">https://e.lanbook.com/book/121</a>