


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
Г.Г. Кашчеварова  
д.т.н., профессор кафедры СКИВМ

« 16 » « май » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Строительная механика»**

Научная специальность	2.1.9 Строительная механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Строительная механика
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Строительные конструкции и вычислительная механика
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачет:
	Диф.зачет

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Строительная механика» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков о методах расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Строительная механика» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.1.9. – Строительная механика.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- типы строительных конструкций, принципы построения их расчетных схем и основные методы расчета;
- принципы и методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания.

### **Уметь:**

- создавать расчетные модели зданий и сооружений при расчете их на ЭВМ;
- создавать и развивать эффективные методы расчета прочных и надежных конструкций; разрабатывать физико-математических модели конструкций и сооружений.

### **Владеть:**

- навыками проведения теоретических исследований прочности, надежности и безопасности строительных конструкций, зданий и сооружений
- навыками проведения экспериментальных исследований строительных конструкций, зданий и сооружений.

## **3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы**

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен

#### 4. Содержание учебной дисциплины

##### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Строительная механика, теории упругости, пластичности и ползучести (Л – 2, ПР – нет, СР – 22)

Тема 1. Методические и экспериментальные основы строительной механики. Ключевые слова по разделу: механические свойства материалов, упругая и пластическая деформация, упрочнение, хрупкое и вязкое разрушение, усталость материалов, ползучесть и длительная прочность.

Тема 2. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. Ключевые слова по разделу: тензор напряжений, главные напряжения и главные площадки, инварианты тензора напряжений, дифференциальные уравнения равновесия, граничные условия, тензор деформаций, инварианты тензора деформаций, закон Гука для изотропного и анизотропного тела, тензор упругих деформаций и его свойства, полная система уравнений теории упругости.

Раздел 2. Строительная механика стержней и стержневых систем (Л – 2, ПР - нет, СР – 22)

Тема 3. Напряжения и перемещения в упругом стержне. Ключевые слова по разделу: изгиб прямолинейных стержней, балки на упругом основании, изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля, секториальные характеристики сечения.

Тема 4. Расчет статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений. Ключевые слова по разделу: общие теоремы строительной механики, расчет на температурные воздействия, расчет систем с односторонними связями.

Раздел 3. Строительная механика тонкостенных конструкций (Л – 1, ПР - нет, СР – 22)

Тема 5. Классическая теория изгиба пластинок и тонких упругих оболочек. Ключевые слова по разделу: основные гипотезы и уравнения, решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки, допущения классической теории тонких упругих оболочек, безмоментная теория оболочек, краевой эффект, вариационные принципы строительной механики.

Раздел 4. Динамика и устойчивость конструкций (Л – нет, ПР – 3, СР – 11)

Тема 6. Динамика конструкций. Ключевые слова по разделу: собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы диссипация энергии, нестационарные режимы в линейных системах, параметрические колебания и автоколебания, уравнения колебаний стержней, пластинок и оболочек, распространение волн и ударные явления в упругих телах, расчет сооружений на сейсмические воздействия.

Тема 7. Методы решения задач устойчивости. Ключевые слова по разделу: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод, предельные точки и точки бифуркации, устойчивость физически и геометрически нелинейных систем, понятие о динамической устойчивости.

Раздел 5. Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций  
(Л – нет, ПР – 3, СР – 11)

Тема 8. Вариационные основы метода конечных элементов и его реализация на ЭВМ. Ключевые слова по разделу: численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности, численное интегрирование систем дифференциальных уравнений и решение краевых задач на ЭВМ, проблемы вычислительной устойчивости.

Тема 9. Вычислительный эксперимент и его роль в решении задач проектирования сооружений. Ключевые слова по разделу: понятие о системах автоматизированного проектирования, применение ЭВМ для оптимального проектирования конструкций.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	7	Решение задачи устойчивости конструкции.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	9	Компьютерное моделирование и расчет конструкции (здания) на статические и динамические нагрузки.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Усталость, ползучесть и длительная прочность материалов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	6	Расчет строительных конструкций на сейсмические воздействия	Творческое задание	Темы творческих заданий

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Строительная механика» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

**6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине**

**6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Васильков Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений : учебное пособие для вузов / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013.	22
2	Дарков А. В. Строительная механика : учебник для вузов / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.	6
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Шейн А. И. Краткий курс строительной механики : учебник для вузов / А. И. Шейн. - Москва: БАСТЕТ, 2011.	13
2	Старцева Л. В. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие / Л. В. Старцева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. - Москва: Изд-во АСВ, 2014.	6
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Журнал «Промышленное и гражданское строительство»	
2	Вестник ПНИПУ. «Строительство и архитектура»	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Свод правил СП 16.13330. 2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция к СНиП-II-23-81*. - М.: Министерство регионального развития РФ, 2011 г. - 172 с.	<i>Консультант Плюс</i>
2	СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. - М.: Минрегион России, 2011. - 81 с.	<i>Консультант Плюс</i>
3	ГОСТ Р 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. - М.: Стандартинформ, 2014. - 23с.	<i>Техэксперт</i>
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Конституция Российской Федерации	<i>Консультант Плюс</i>
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	<i>Консультант Плюс</i>

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
3	Федеральный закон РФ 190-ФЗ «Градостроительный кодекс»	Консультант Плюс

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. Сайт ВАК РФ - <http://vak.ed.gov.ru/>

### 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

#### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	40	Оперативное управление	301, 305, 306 к. 4

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### • Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### • Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

#### • Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на **зачета**

Оценка	Критерии оценивания
5	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.</p>
4	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи экзамена по дисциплине «Строительная механика» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.



Типовые творческие задания:

1. Постановка и решение краевых задач теории упругости для стержневых систем.
2. Постановка и решение плоской задачи теории упругости.
3. Влияние фактора времени на механические свойства строительных материалов (на примере бетона).
4. Применение экстремальных принципов теории предельного равновесия для определения предельных нагрузок.
5. Постановка и решение плоской задачи теории упругости в полярных координатах.

Типовые контрольные вопросы:

1. Основные положения теории упругости. Полная система уравнений теории упругости.
2. Постановка основных краевых задач теории упругости
3. Плоское напряженное и плоское деформированное состояния.
4. Основы теории пластичности. Модель упругопластического тела.
5. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения.
6. Экстремальные принципы теории предельного равновесия и их применение для определения предельных нагрузок.
7. Механические свойства материалов. Диаграммы растяжения-сжатия.
8. Элементы теории ползучести. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть. Основы теории линейной вязко упругости.
9. Напряжения и перемещения в упругом стержне в общем случае нагружения.
10. Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем.
11. Методы определения усилий в элементах стержневых систем.
12. Теория изгиба пластинок. Основные гипотезы и уравнения.
13. Полная система уравнений теории оболочек. Основы теории пологих тонких оболочек В.З. Власова.
14. Применение вариационных принципов строительной механики к расчету тонкостенных систем.

Типовые контрольные задания:

1. Оценить прочность строительной конструкции при простом и сложном напряженных состояниях.
2. Выполнить расчет балки на упругом основании.
3. Выполнить кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем.
4. Выполнить расчет на изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «СКиВМ».

**Программа**  
Строительная механика

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Кафедра**  
Строительные конструкции и вычислительная  
механика

«Строительная механика»

**БИЛЕТ № 1**

1. Устойчивость физически и геометрически нелинейных систем.
2. Определить частоты и формы собственных колебаний упругой системы.
3. Построить компьютерную модель и выполнить расчет строительной конструкции МКЭ на ЭВМ на статические нагрузки.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Фамилия И.О.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_\_ г.