

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


А.М. Белостоцкий
д.т.н., профессор кафедры СКИВМ

« 16 » « май » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры
«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»**

Научная специальность	2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Строительные конструкции, здания и сооружения
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Строительные конструкции и вычислительная механика
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра: Экзамен: - Зачет: 4	Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» 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 в области вычислительной механики и компьютерного инжиниринга в строительстве.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные методы численного моделирования объектов и процессов в строительстве и программные средства их реализации;
- принципы компьютерного моделирования процессов жизненного цикла объектов строительства.

Уметь:

- создавать расчетные модели строительных объектов для расчета их на ЭВМ, исходя из функциональных и технико-экономических требований;
- создавать и развивать эффективные методы расчета прочных и надежных конструкций.

Владеть:

- методами проведения вычислительных экспериментов в системах компьютерного инжиниринга.
- навыками эффективного решения сложных научно-технических задач прочности, надежности и безопасности строительных объектов с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр

1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	15
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Численные методы решения краевых задач

(Л – нет, ПР – 6, СР – 21)

Тема 1. Основы численного анализа в механике сплошных сред. Ключевые слова по разделу: проекционные методы, типы уравнений в частных производных, методы численного решения уравнений в частных производных, вариационные задачи о минимальности или стационарности функционалов, методы поиска экстремальных точек функционалов, основные классические разностные схемы и приемы их исследования.

Тема 2. Вычислительная механика в задачах статики, динамики сооружений, гидрогазодинамики, нелинейной механики. Ключевые слова по разделу: метод конечных элементов, сходимости, генерация и использование сеток, устойчивость, точность решений МКЭ, метод конечных объемов.

Раздел 2. Компьютерный инжиниринг как инструмент инженерной деятельности

(Л – нет, ПР - 9, СР – 30)

Тема 3. Компьютерное моделирование объектов строительства с учетом процесса возведения. Ключевые слова по разделу: компьютерное моделирование высотных зданий, подземных конструкций, большепролетных конструкций.

Тема 4. Компьютерное моделирование эксплуатационного этапа жизненного цикла строительного объекта. Ключевые слова по разделу: компьютерные модели зданий и сооружений для исследования несущей способности, процессов приспособляемости строительных конструкций, усиления, реконструкции, влияния проектируемых зданий на существующие объекты, на прогрессирующее обрушение.

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	1, 2	Методы численного решения уравнений в частных производных, МКЭ.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	3	Особенности компьютерного моделирования объектов строительства с учетом процесса возведения.	Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	4	Компьютерное моделирование	Собеседование.	Вопросы по

		эксплуатационного этапа жизненного цикла строительных объектов	Творческое задание.	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, 2	Основные положения МКЭ; расчетные конечно-элементные модели системы «здание-фундамент-основание»	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	3	Компьютерное моделирование и расчет уникальных строительных объектов (высотного, большепролетного)	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	4	Компьютерное моделирование и расчет сооружения на прогрессирующее обрушение	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» 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
1 Основная литература		
1	Трушин С. И. Строительная механика: метод конечных элементов : учебное пособие / С. И. Трушин. - Москва: ИНФРА-М, 2016.	4

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Рылько М. А. Компьютерные методы проектирования зданий : учебное пособие для бакалавров и магистров / М. А. Рылько. - Москва: Изд-во АСВ, 2012.	6
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Баженов В. А. Строительная механика. Компьютерные технологии и моделирование : учебник для вузов / В. А. Баженов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов. - Москва: СКАД СОФТ, Изд-во АСВ, 2014.	4
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Промышленное и гражданское строительство»	
2	Вестник ПНИПУ. «Строительство и архитектура»	
2.3 Нормативно-технические издания		
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.	Консультант Плюс
2	СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* / Минрегион России. – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 78 с.	Консультант Плюс
3	СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Минрегион России, 2011. – 81 с.	Консультант Плюс
4	СП 28.13330.2011. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85/ Минрегион России. – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 93 с.	Консультант Плюс
5	СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 / Минрегион России. – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 155 с.	Консультант Плюс
6	СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М.: Минрегион России, 2011. – 88 с.	Консультант Плюс
7	ГОСТ Р 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 23с.	Техэксперт
2.4 Официальные издания		
1	Конституция Российской Федерации	Консультант Плюс
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	Консультант Плюс
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 зачет, 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
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.

Оценка	Критерии оценивания
	Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

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 кандидатского экзамена по научной специальности 2.1.1. «Строительные конструкции, здания и сооружения» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Разработка технико-экономических обоснований проектов нового строительства зданий и сооружений с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.
2. Разработка технико-экономических обоснований проектов усиления строительных конструкций при реконструкции зданий и сооружений.
3. Разработка технико-экономических обоснований конструктивных решений зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах / (на просадочных грунтах, над горными выработками, в суровых условиях Севера при вечной мерзлоте, в сухом и жарком климате и в отдаленных неосвоенных труднодоступных районах).
4. Оценка конструктивной безопасности строительных объектов.
5. Расчет остаточного силового сопротивления строительных конструкций.

Типовые контрольные вопросы:

1. Теория проекционных методов.
2. Вариационные задачи о минимальности или стационарности функционалов
3. Методы поиска экстремальных точек функционалов в соответствии с теорией математического программирования.
4. Законы сохранения массы, количества движения (импульса) и энергии.
5. Основные разностные схемы эйлеровой гидрогазодинамики и приемы их исследования.

6. Лагранжевы методы для задач упругопластичности с большими деформациями.
7. Генерация сеток и управление физически и геометрически адаптивными сетками.
8. Метод конечных объемов.
9. Метод конечных элементов.
10. Типы уравнений в частных производных.
11. Методы численного решения краевых задач.
12. Сходимость, устойчивость, точность решений численных методов.
13. Компьютерный инжиниринг как инструмент инженерной деятельности.
14. Анализ рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга в области строительства.
15. Компьютерный инжиниринг, как совокупности CAD/CAM/CAE/PDM/PLM-технологий.

Типовые контрольные задания:

1. Создание расчетных моделей строительных объектов для расчета их на ЭВМ.
2. Оценка прочности несущих строительных конструкций с применением новейших информационно-коммуникационных технологий.
- 3.
4. Планирование и обработка результатов многофакторного эксперимента..
5. Способы выявления и методы оценки влияния наиболее распространенных дефектов конструкций на их несущую способность и долговечность.
6. Расчет конструкций и композитных материалов с применением ЭВМ.
7. Решения сложных научно-технических задач прочности, надежности и безопасности строительных объектов с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

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

Программа
Строительные конструкции, здания и
сооружения

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

Кафедра
Строительные конструкции и вычислительная
механика

«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

БИЛЕТ № 1

1. Классификация конструкций по методам возведения; влияние методов возведения зданий на их конструктивные решения.
2. Оценить огнестойкость промышленного здания.
3. Выбрать тип и материалы конструкций промышленного здания для хранения готовой продукции, возводимого в условиях вечной мерзлоты.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		