

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»



УТВЕРЖДАЮ

Декан/Директор

/ Соболев В.В.

23.06. 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Прикладное программное обеспечение в механике сплошных сред
наименование – полностью 10/020(2023)

направление (специальность) 01.04.04 Прикладная математика
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) Разработка программного обеспечения и
математических методов решения задач с использованием
искусственного интеллекта
наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 8 зачетных единиц(ы)

Кафедра Прикладная математика и информационные технологии
полное наименование кафедры, представляющей рабочую программу

Составитель Королев Станислав Анатольевич, д.т.н., доцент
Ф.И.О.(полностью), степень, звание

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от 27.06 2023 г. № 5

Заведующий кафедрой

И.Г. Русяк
27.06 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану 01.04.04 «Прикладная математика» (программа «Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта»)

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН
010000 «Математика и механика» от 11.06 2023 г. № 3
код и наименование – полностью

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН
010000 «Математика и механика»
код и наименование – полностью

В.Г. Суфиянов
11.06 2023 г.

Руководитель образовательной программы

К.В. Кетова
11.06 2023 г.

Аннотация к дисциплине

Название дисциплины	Прикладное программное обеспечение в механике сплошных сред
Направление подготовки (специальность)	01.04.04 Прикладная математика
Направленность (профиль/программа/специализация)	Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта
Место дисциплины	Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули)
Трудоемкость (з.е. / часы)	8 з. е. / 288 часов
Цель изучения дисциплины	Развитие методологической культуры решения прикладных задач механики сплошных сред с использованием современного прикладного программного обеспечения
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	ПК-3. Способен организовывать процессы управления разработкой наукоемкого программного обеспечения ПК-4. Способен разрабатывать и исследовать математические модели технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий
Содержание дисциплины (основные разделы и темы)	Обзор задач МСС и ППО вычислительной гидромеханики. Система уравнений движения сплошной среды. Модели турбулентности. Решение задач аэрогидромеханики. Процессы тепломассообмена. Решение сопряженных задач. Геометрическое моделирование и построение сеток. Метод конечных элементов. Модели деформации материалов. Метод сглаженных гидродинамических частиц.
Форма промежуточной аттестации	Зачет, Экзамен

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является развитие методологической культуры решения прикладных задач механики сплошных сред с использованием современного прикладного программного обеспечения.

Задачи дисциплины:

- обучить магистрантов методам решения различных задач механики сплошной среды в прикладном программном обеспечении (ППО) вычислительной аэрогидромеханики и механики твердого деформируемого тела.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Знания
1	математические модели процессов аэрогидромеханики, деформации материалов и тепломассообмена
2	численные методы решения задач механики сплошных сред
3	принципы работы с прикладным программным обеспечением в области механики сплошных сред

Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Умения
1	выбирать адекватные математические модели и методы решения практических задач механики сплошных сред
2	проводить вычислительный эксперимент, обрабатывать и анализировать результаты расчетов

Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Навыки
1	работы в системах инженерного компьютерного моделирования: построение геометрии расчетной области и генерация конечно-объемной сетки
2	использования прикладного программного обеспечения для решения задач механики сплошных сред

Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ПК-3. Способен организовывать процессы управления разработкой наукоемкого программного обеспечения	ПК-3.1 Знать: методологию управления разработкой наукоемкого программного обеспечения	1-3		
	ПК-3.2 Уметь: применять методологию и средства управления разработкой наукоемкого программного обеспечения		1,2	
	ПК-3.3 Владеть: практически-			1,2

	ми навыками управления разработкой наукоемкого программного обеспечения			
ПК-4. Способен разрабатывать и исследовать математические модели технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий	ПК-4.1 Знать: основные принципы построения математических моделей технических и социально-экономических систем	1-3		
	ПК-4.2 Уметь: разрабатывать методы и алгоритмы решения инженерных и экономических задач на основе математического моделирования с использованием современных информационных технологий		1,2	
	ПК-4.3 Владеть: практически-ми навыками исследования математических моделей технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий			1,2

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП.

Дисциплина изучается на 1, 2 курсе в 2, 3 семестрах.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей): Принципы построения математических моделей, Теория тепло и массообмена.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): –

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплин

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточ- ной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учеб- ной работы					СРС	Содержание самостоятельной работы
				контактная						
				лек	пр	лаб	КЧА			
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	
1	Обзор задач МСС и ППО вычислитель- ной гидромеханики.	26	2	4	4	4	–	14	работа на прак- тических заня- тиях: текущий контроль вы- полнения зада- ний	
2	Система уравнений движения сплошной среды.	26	2	4	4	4	–	14	защита лабора- торных работ	
3	Модели турбулент- ности. Решение задач гидрогазоди- намики.	27	2	4	4	4	–	15	работа на прак- тических заня- тиях: текущий контроль вы- полнения зада- ний	
4	Процессы тепломас- сообмена. Решение сопряженных задач.	27	2	4	4	4	–	15	защита лабора- торных работ	
	Зачет	2	2	–	–	–	0,3	1,7	Зачет выстав- ляется по совокуп- ности результа- тов текущего контроля успе- ваемости	
5	Геометрическое моделирование и построение сеток	36	3	4	–	8	–	24	Защита лабора- торных работ	
6	Метод конечных элементов	36	3	4	–	8	–	24	Защита лабора- торных работ	
7	Модели деформации материалов	36	3	4	–	8	–	24	Защита лабора- торных работ	
8	Метод сглаженных гидродинамических частиц	36	3	4	–	8	–	24	Защита лабора- торных работ	
	Экзамен	36	3	–	–	–	0,4	35,6	Экзамен выстав- ляется по сово- купности ре- зультатов теку- щего контроля успеваемости	
	Итого:	288		32	16	48	0,7	191,3		

4.2 Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма контроля
1	Обзор задач МСС и ППО вычислительной гидромеханики.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
2	Система уравнений движения сплошной среды.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
3	Модели турбулентности. Решение задач гидродинамики.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
4	Процессы тепломассообмена. Решение сопряженных задач.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
5	Геометрическое моделирование и построение сеток	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
6	Метод конечных элементов	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
7	Модели деформации	ПК-3.1,	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий

	материалов	ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3				контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
8	Метод сглаженных гидродинамических частиц	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	1, 2, 3	1, 2	1, 2	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ

4.3 Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лекций	Трудоемкость (час)
1	1	1. Предмет и методы механики сплошной среды. Гипотеза о сплошной среде. Механика жидкостей и газов. Основные свойства газовых и жидких сред. 2. Уравнение состояния идеального газа. Вязкость и теплопроводность. Идеальная жидкость. Обзор ППО вычислительной гидромеханики.	4
2	2	1. Уравнения законов сохранения массы, импульса и энергии в механике сплошных сред. Уравнение неразрывности. Уравнения сохранения количества движения. Объемные и поверхностные силы в механике сплошных сред. Уравнение сохранения энергии. 2. Система уравнений Навье-Стокса. Система уравнений Эйлера для идеальной жидкости. Граничные и начальные условия для идеальной и вязкой жидкости.	4
3	3	1. Основы теории турбулентности. Осреднение по Рейнольдсу и Фавру. Уравнения Рейнольдса для турбулентного течения. Тензор турбулентных напряжений. Гипотезы турбулентности Буссинеска, Прандтля, Кармана. Турбулентная вязкость. 2. Модели турбулентности для турбулентной вязкости, k-ε модель турбулентности. Современные подходы к моделированию турбулентных течений: моделирование крупных вихрей LES, прямое численное моделирование DNS.	4
4	4	1. Критерии подобия: Рейнольдса, Фруда, Струхала, Прандтля, Грасгофа, Релея, их физический смысл. Безразмерная форма уравнений Навье-Стокса. Уравнение теплопроводности. 2. Уравнение диффузии. Термодинамическая аналогия. Многокомпонентные и многофазные течения. Граничные условия для параметров диффузии и теплообмена. Сопряженные задачи механики сплошных сред.	4
5	5	1. Создание геометрической модели. Загрузка геометриче-	4

		ской модели из CAD систем. 2. Структурированные и неструктурированные сетки. Настройки генератора сеток. Виртуальные топологии.	
6	6	1. Основные понятия конечных элементов. Виды конечных элементов. Задание начальных условий. Виды граничных условий. 2. Реализация МКЭ в прикладном программном обеспечении. Применение МКЭ для расчета плоского напряженного состояния пластины.	4
7	7	1. Графический интерфейс модуля управления свойствами материалов. Уравнения состояний. Модели упругих, упругопластичных, вязкоупругих, гиперупругих и хрупких материалов. 2. Способы задания свойств материалов в ППО. Решение задачи о разрыве пластины.	4
8	8	1. Метод сглаженных гидродинамических частиц (SPH). 2. Контактные задачи. Теория удара. Решение задачи пробития однородной пластины ударником. Постобработка результатов моделирования.	4
	Всего		32

4.1 Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час)
1.	1-2	Обзор ППО вычислительной гидромеханики.	8
2.	3-4	Система уравнений Навье-Стокса. Граничные и начальные условия для идеальной и вязкой жидкости.	8
	Всего		16

4.2 Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1.	1-2	Моделирование внешнего обтекания снаряда и расчет аэродинамических коэффициентов	8
2	3-4	Моделирование истечения пороховых газов из канала ствола и оценка влияния на скорость движения снаряда	8
3	5	Построение структурированных и неструктурированных сеток	8
4.	6	Применение МКЭ для расчета плоского напряженного состояния детали	8
5.	7	Моделирование процесса разрыва бруска	8
6.	8	Анализ результатов решение задачи пробития однородной пластины ударником.	8
	Всего		48

5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:

- защиты лабораторных работ;
- зачет;
- экзамен.

Примечание: оценочные материалы (вопросы к проведению практических, лабораторных занятий, задания для самостоятельной работы и др.) приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет, экзамен.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Федорова Н.Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, Ю.В. Захарова. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2018. — 169 с. — 978-5-7795-0798-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68793.html>.

2. Федорова, Н. Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 : учебное пособие / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, Ю. В. Захарова. — Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016. — 169 с. — ISBN 978-5-7795-0798-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68793.html> (дата обращения: 29.06.2023). - DOI: <https://doi.org/10.23682/68793>

3. Маковкин, Г. А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 : учебное пособие / Г. А. Маковкин, С. Ю. Лихачева. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 71 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/16043.html> (дата обращения: 29.06.2023).

4. Присекин, В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 238 с. — ISBN 978-5-7782-1287-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45417.html> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) дополнительная литература:

5. Папуша, А. Н. Механика сплошных сред / А. Н. Папуша. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 688 с. — ISBN 978-5-4344-0715-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91963.html> (дата обращения: 29.06.2023).

6. Басов, К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 640 с. — ISBN 978-5-4488-0064-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87978.html> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Мурашов, М. В. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS : методические указания / М. В. Мурашов, С. Д. Панин. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 40 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31538.html> (дата обращения: 29.06.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Маневич, Л. И. Аналитически разрешимые модели механики твердого тела / Л. И. Маневич, О. В. Гендельман. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 344 с. — ISBN 978-5-4344-0371-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69339.html> (дата обращения: 29.06.2023).

в) методические указания:

9. Прикладное программное обеспечение в аэрогидромеханике: методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям для напр. 01.04.04 – “Прикладная математика” / сост. С.А. Королев – Ижевск: ИжГТУ, 2019. – 33 с. (Рег. номер: 026/МиЕН)

10. Прикладное программное обеспечение в механике деформируемого твердого тела: методические указания к лабораторным работам для напр. 01.04.04 – “Прикладная математика” / сост. В.Г. Суфиянов, С.А. Королев – Ижевск: ИжГТУ, 2019. – 88 с. (Рег. номер: 027/МиЕН)

г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет:

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks <http://istu.ru/material/elektronno-bibliotechnaya-sistema-iprbooks>.

2. Электронный каталог научной библиотеки ИжГТУ имени М.Т. Калашникова Web ИРБИС http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS.

3. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф>.

4. Мировая цифровая библиотека – <http://www.wdl.org/ru/>.

5. Международный индекс научного цитирования Web of Science – <http://webofscience.com>.

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

7. Справочно-правовая система КонсультантПлюс <http://www.consultant.ru/>.

д) лицензионное и свободно распространяемое программное обес-

печение:

1. Microsoft Office Standard 2007 (Open License: 42267924).
2. Doctor Web Enterprise Suite (Лицензия № 116663324).
3. ОС MS Windows 7/10.
4. Среда программирования MS Visual Studio Community 2017.
5. Пакеты инженерного моделирования ЛОГОС, ANSYS.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционные занятия.

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

2. Практические занятия.

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

3. Лабораторные работы.

Для лабораторных занятий используются аудитория №6-309, оснащенная следующим оборудованием: проектор, экран, компьютер/ноутбук.

4. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- научная библиотека ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. 201 корпус № 1, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.7);
- помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 309, корпус №6, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.48).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

Лист согласования рабочей программы дисциплины (модуля) на учебный год

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Прикладное программное обеспечение в механике сплошных сред»
по направлению подготовки (специальности)

01.04.04 «Прикладная математика»

код и наименование направления подготовки (специальности)


по направленности (профилю/программе/специализации)

Разработка программного обеспечения и математических методов решения

задач с использованием искусственного интеллекта

наименование направленности (профиля/программы/специализации)

согласована на ведение учебного процесса в учебном году:

Учебный год	<p align="center">«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)</p>
2023 – 2024	<p align="center"> 27.04.2023</p>
2024 – 2025	

**Приложение к рабочей программе
дисциплины (модуля)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

**Оценочные средства
по дисциплине**

Прикладное программное обеспечение в механике сплошных сред
наименование – полностью

направление (специальность) 01.03.04 Прикладная математика
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) Разработка программного обеспечения и матема-
тических методов решения задач с использованием искусственного интел-
лекта
наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 8 зачетных единиц(ы)

1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций, представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
1	ПК-3.1 Знать: методологию управления разработкой наукоемкого программного обеспечения	31. математические модели процессов аэрогидромеханики, деформации материалов и тепломассообмена. 32. численные методы решения задач механики сплошных сред. 33. принципы работы с прикладным программным обеспечением в области механики сплошных сред.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях
2	ПК-3.2 Уметь: применять методологию и средства управления разработкой наукоемкого программного обеспечения	У1. выбирать адекватные математические модели и методы решения практических задач механики сплошных сред. У2. проводить вычислительный эксперимент, обрабатывать и анализировать результаты расчетов.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях
3	ПК-3.3 Владеть: практическими навыками управления разработкой наукоемкого программного обеспечения	Н1. работы в системах инженерного компьютерного моделирования: построение геометрии расчетной области и генерация конечно-объемной сетки. Н2. использования прикладного программного обеспечения для решения задач механики сплошных сред.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях
4	ПК-4.1 Знать: основные принципы построения математических моделей технических и социально-экономических систем	31. математические модели процессов аэрогидромеханики, деформации материалов и тепломассообмена. 32. численные методы решения задач механики сплошных сред. 33. принципы работы с прикладным программным обеспечением в области механики сплошных сред.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях
5	ПК-4.2 Уметь: разрабатывать методы и алгоритмы решения инженерных и экономических задач на основе математического моделирования с использованием	У1. выбирать адекватные математические модели и методы решения практических задач механики сплошных сред. У2. проводить вычислительный эксперимент, обрабатывать и анализировать результаты расчетов.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях

	современных информационных технологий		
6	ПК-4.3 Владеть: практическими навыками исследования математических моделей технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий	Н1. работы в системах инженерного компьютерного моделирования: построение геометрии расчетной области и генерация конечно-объемной сетки. Н2. использования прикладного программного обеспечения для решения задач механики сплошных сред.	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, работа на практических занятиях

Типовые задания для оценивания формирования компетенций

Наименование: зачет

Представление в ФОС: перечень вопросов

Перечень вопросов для проведения зачета:

1. Предмет и метод механики сплошных сред (МСС). Разделы МСС.
2. Гипотеза о сплошной среде. Механика жидкостей и газов.
3. Основные свойства газовых и жидких сред.
4. Уравнение состояния идеального газа. Вязкость и теплопроводность.
5. Внутренняя энергия и теплоемкость газа. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Майера. Адиабатические процессы. Уравнение адиабаты Пуассона.
6. ППО вычислительной гидромеханики.
7. Способы описания движения сплошной среды. Координаты Лагранжа и Эйлера.
8. Понятия градиента, дивергенции, ротора. Потенциальное течение. Физический смысл полной производной в механике жидкости и газа.
9. Закон сохранения массы в интегральной и дифференциальной форме.
10. Объемные и поверхностные силы в механике сплошных сред. Тензор напряжений.
11. Законы сохранения массы, импульса и энергии для идеального газа.
12. Граничные условия на непроницаемой поверхности для идеального и вязкого газа.
13. Закон Ньютона, связывающий тензор напряжений с тензором скоростей деформации.
14. Закон теплопроводности Фурье. Число Прандтля.
15. Система уравнений Навье–Стокса.
16. Система уравнений Эйлера для идеальной жидкости.
17. Система уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости в декартовой системе координат.
18. Граничные условия при решении задач гидродинамики и теплообмена.
19. Безразмерная форма уравнений Навье–Стокса.
20. Критерии гидродинамического подобия, их физический смысл.
21. Понятие турбулентности. Опыт Рейнольдса. Режимы течения.
22. Осредненные и пульсационные параметры при турбулентных течениях. Методы осреднения при описании турбулентного течения. Свойства операции осреднения.
23. Система уравнений Рейнольдса. Тензор турбулентных напряжений. Вывод уравнений для тензора турбулентных напряжений.
24. Замыкание системы уравнений Рейнольдса с помощью гипотез турбулентности. Гипотеза Буссинеска, Прандтля, Кармана.
25. Классификация моделей турбулентности.
26. Алгебраические модели турбулентности.
27. Модели для турбулентной вязкости. Модель Секундова.

28. Модель для тензора турбулентных напряжений.
29. Двухпараметрическая модель турбулентности k-ε.
30. Метод пристеночных функций при расчете турбулентных течений.
31. Современные подходы к моделированию турбулентных течений: моделирование крупных вихрей LES, прямое численное моделирование DNS.
32. Критерии подобия: Рейнольдса, Фруда, Прандтля, Грасгофа, Релея, их физический смысл.
33. Безразмерная форма уравнений Навье-Стокса.
34. Уравнение теплопроводности. Уравнение диффузии.
35. Термодинамическая аналогия в МСС.
36. Многокомпонентные и многофазные течения.
37. Сопряженные задачи механики сплошных сред.

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2

Наименование: экзамен

Представление в ФОС: перечень вопросов

Перечень вопросов для проведения экзамена:

1. Предмет и метод механики сплошных сред (МСС). Разделы МСС.
2. Основные свойства газовых и жидких сред.
3. ППО вычислительной гидромеханики.
4. Система уравнений Навье-Стокса.
5. Классификация моделей турбулентности.
6. Сопряженные задачи механики сплошных сред.
7. Сравнение возможностей пакетов прикладных программ инженерного анализа и суперкомпьютерных вычислений ЛОГОС и ANSYS.
8. Состав, назначение и возможности модуля ЛОГОС-ПреПост.
9. Состав, назначение и возможности модуля ЛОГОС-Прочность.
10. Основные элементы графической системы интерфейса ЛОГОС.
11. Создание геометрических моделей в ЛОГОС.
12. Загрузка геометрических CAD моделей в ЛОГОС.
13. Типы элементов расчетных сеток.
14. Структурированных и неструктурированных сетки.
15. Виртуальные топологии.
16. Настройки генератора сеток ЛОГОС.
17. Локальное уточнение разностной сетки.
18. Средства работы со свойствами материалов.
19. Модели упругих, упругопластичных, вязкоупругих, гиперупругих и хрупких материалов.
20. Задание анизотропных упругих свойств материалов.
21. Уравнения состояний.
22. Критерии разрушения материалов.
23. Стационарные модели напряженно-деформированного состояния.
24. Динамические модели напряженно-деформированного состояния.
25. Определение ограничений и нагрузок. Удаление ограничений и нагрузок.
26. Сосредоточенные, распределенные и инерционные нагрузки.
27. Задачи о разрыве пластины.
28. Порядок решения контактных задач.
29. Метод сглаженных гидродинамических частиц (SPH).
30. Задача о пробитии однородной пластины ударником.

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2

Наименование: работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.

Представление в ФОС: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине:

9. Прикладное программное обеспечение в аэрогидромеханике: методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям для напр. 01.04.04 – “Прикладная математика” / сост. С.А. Королев – Ижевск: ИжГТУ, 2019. – 33 с. (Рег. номер: 026/МиЕН)

Варианты заданий: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине

1. Система уравнений Навье–Стокса, физический смысл, основные переменные, коэффициенты.
2. Дополнительные соотношения к системе уравнений движения: уравнение состояния, соотношения для напряжения трения и теплового потока.
3. Осреднение уравнений гидромеханики по Рейнольдсу и Фавру.
4. Модель турбулентности k – ε . Соотношение для турбулентной вязкости.
5. Основные типы граничных условий в задачах гидромеханики.
6. Метод контрольного объема для решения уравнений гидромеханики.
7. Схемы аппроксимации конвективных и диффузионных слагаемых.
8. Основные этапы решения задач гидромеханики в ANSYS Fluent.
9. Способы задания геометрии в модуле Design Modeler пакета ANSYS.
10. Способы построения сетки в модуле Meshing пакета ANSYS.
11. Основные возможности решателя ANSYS Fluent.
12. Типы граничных условий в ANSYS Fluent.
13. Постпроцессорная обработка в ANSYS Fluent.
14. Расчет коэффициентов аэродинамической силы по результатам решения задачи обтекания.

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2

Наименование: защита лабораторных работ

Представление в ФОС: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине

9. Прикладное программное обеспечение в аэрогидромеханике: методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям для напр. 01.04.04 – “Прикладная математика” / сост. С.А. Королев – Ижевск: ИжГТУ, 2019. – 33 с. (Рег. номер: 026/МиЕН)

10. Прикладное программное обеспечение в механике деформируемого твердого тела: методические указания к лабораторным работам для напр. 01.04.04 – “Прикладная математика” / сост. В.Г. Суфиянов, С.А. Королев – Ижевск: ИжГТУ, 2019. – 88 с. (Рег. номер: 027/МиЕН)

Варианты заданий: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине:

1. Реализовать решение задачи обтекания снаряда потоком воздуха в ANSYS Fluent для осесимметричного случая.
2. Провести расчет параметров течения при обтекании снаряда для $M = 2,0$. Построить графики полей параметров: давление, плотность, скорость, температура, турбулентная вязкость
3. Провести расчет коэффициента лобового сопротивления для диапазона изменения числа Маха $M = 0,5 \div 3,0$. Построить график зависимости коэффициента лобового сопротивления от числа Маха $C_x = C_x(M)$. Сравнить результаты с законами сопротивления 1943 и 1958 г.

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2

Наименование: тест

Представление в ФОС: набор вопросов для проведения тестирования

Критерии оценки:

Компетенция

ПК-3. Способен организовывать процессы управления разработкой наукоемкого программного обеспечения.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-3.1. Знать: методологию управления разработкой наукоемкого программного обеспечения.

ПК-3.2. Уметь: применять методологию и средства управления разработкой наукоемкого программного обеспечения.

ПК-3.3. Владеть: практическими навыками управления разработкой наукоемкого программного обеспечения.

Проведение работы, заключающейся в ответе на вопросы теста (компетенция ПК-3):

1. Укажите последовательность этапов решения задач механики сплошной среды в прикладном программном обеспечении

а) построение расчетной сетки, построение геометрии, настройка параметров решателя, постпроцессорная обработка;

б) построение геометрии, построение расчетной сетки, настройка параметров решателя, постпроцессорная обработка;

в) постпроцессорная обработка, построение геометрии, построение расчетной сетки, настройка параметров решателя;

г) постпроцессорная обработка, настройка параметров решателя, построение геометрии, построение расчетной сетки.

2. Движение идеальной жидкости описывает

а) система уравнений Навье-Стокса;

б) система уравнений Эйлера;

в) система уравнений Рейнольдса;

г) система уравнений Прандтля.

3. Система уравнений Навье-Стокса не включает:

а) уравнение неразрывности

б) уравнение импульса

в) уравнение энергии

г) уравнение состояния

4. Определяет переход ламинарного режима течения в турбулентный

а) число Эйлера

б) число Струхала

в) число Прандтля

г) число Рейнольдса

5. Какой закон доказывает, что вектор теплового потока в данной точке сплошной среды прямо пропорционален градиенту температуры в этой же точке?

- а) закон Гука;
- б) закон Фурье;**
- в) закон Паскаля;
- г) закон Ньютона.

Ключи теста:

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ	б	б	г	г	б

Компетенция

ПК-4. Способен разрабатывать и исследовать математические модели технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-4.1. Знать: основные принципы построения математических моделей технических и социально-экономических систем.

ПК-4.2. Уметь: разрабатывать методы и алгоритмы решения инженерных и экономических задач на основе математического моделирования с использованием современных информационных технологий.

ПК-4.3. Владеть: практическими навыками исследования математических моделей технических и социально-экономических систем с использованием современных информационных технологий.

Проведение работы, заключающейся в ответе на вопросы теста (компетенция ПК-4):

1. Стабилизированное течение вязкой жидкости в цилиндрическом канале называется

- а) течение Куэтта
- б) течение Пуазейля**
- в) потенциальное течение
- г) ламинарное течение

2. Что не относится к характеристикам турбулентной вязкости

- а) вводится на основе гипотезы Буссинеска
- б) не зависит от пространственных координат и времени**
- в) не является свойством вещества, а является характеристикой течения
- г) намного превосходит ламинарную вязкость

3. Движение турбулентного потока в осредненных переменных описывает

- а) система уравнений Навье-Стокса;
- б) система уравнений Эйлера;
- в) система уравнений Рейнольдса;**
- г) система уравнений Прандтля.

4. Система уравнений напряженно-деформированного состояния твердого тела не включает:

- а) уравнения неразрывности
- б) уравнения равновесия сил
- в) физические уравнения закона Гука
- г) уравнение состояния**

5. Какой закон устанавливает связь между линейными деформациями и напряжениями в точке тела?

- а) закон Гука;
- б) закон Фурье;
- в) закон Паскаля;
- г) закон Ньютона.

Ключи теста:

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ	б	б	в	г	а

Приведены в разделе 2

2. Критерии и шкалы оценивания

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

<i>Наименование, обозначение</i>	<i>Показатели выставления минимального количества баллов</i>
Практическая работа	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. На защите практической работы даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов
Лабораторная работа	Лабораторная работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при защите лабораторной работы, даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, экзамена.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

<i>Оценка</i>	<i>Набрано баллов</i>
«зачтено»	85-100
«не зачтено»	43-84

Оценка	Набрано баллов
«отлично»	90-100
«хорошо»	75-89
«удовлетворительно»	60-74
«неудовлетворительно»	0-60

Если сумма набранных баллов менее 50 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 50 до 100 баллов, обучающийся допускается до экзамена.

Билет к зачету, экзамену включает 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в письменной форме.

Время на подготовку: 60 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки:

Оценка	Критерии оценки
«зачтено»	Обучающийся демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы, умеет применять его при выполнении конкретных заданий, предусмотренных программой дисциплины
«не зачтено»	Обучающийся демонстрирует значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение

Оценка	Критерии оценки
«отлично»	Обучающийся показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, умение уверенно применять на их практике при решении задач (выполнении заданий), способность полно, правильно и аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы. Свободно использует основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
«хорошо»	Обучающийся показал полное знание теоретического материала, владение основной литературой, рекомендованной в программе, умение самостоятельно решать задачи (выполнять задания), способность аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя. Способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности
«удовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует неполное или фрагментарное знание основного учебного материала, допускает существенные ошибки в его изложении, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий (решении задач), выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов. Владеет знанием основных разделов, необходимых для дальнейшего обучения, знаком с основной и дополнительной литературой, рекомендованной программой.
«неудовлетворительно»	Обучающийся при ответе демонстрирует существенные пробелы

	<p>лы в знаниях основного учебного материала, допускает грубые ошибки в формулировании основных понятий и при решении типовых задач (при выполнении типовых заданий), не способен ответить на наводящие вопросы преподавателя. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине</p>
--	---