

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Алабужев Алексей Анатольевич
Демин Виталий Анатольевич
Иванцов Андрей Олегович**

Рабочая программа дисциплины

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

Код УМК 91047

Утверждено
Протокол №6
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Система автоматических инженерных расчетов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **16.03.01** Техническая физика
направленность Физика технологических процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины Система автоматических инженерных расчетов у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

16.03.01 Техническая физика (направленность : Физика технологических процессов)

ОПК.2 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

Индикаторы

ОПК.2.1 Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

ОПК.6 Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способностью самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики

ПК.5 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	16.03.01 Техническая физика (направленность: Физика технологических процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Система автоматических инженерных расчетов

Входной контроль

Проверка навыков программирования и алгоритмизации

Основы конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных

Метод конечных разностей. Устойчивость и сходимость. Одномерные и многомерные задачи теплопроводности. Двухполевой метод численного решения задач гидродинамики. Метод конечных разностей и конечных объёмов. Программные средства построения расчётных сеток.

Моделирование задач механики сплошных сред с использованием OpenFoam

Работа с программным пакетом OpenFoam. Пакеты препроцессинга SALOME, Gambit. Задание физической модели. Гидродинамические расчёты. Задачи теплопроводности в твёрдых телах. Модели с адаптивной сеткой. Визуализация результатов в пакете Paraview. Параллельные вычисления.

Применение программных продуктов ANSYS в научных и инженерных расчетах динамики сплошной среды

Работа с программным пакетом ANSYS. Выбор уравнений и задание параметров физической модели. Гидродинамические расчёты. Задачи теплопроводности в твёрдых телах. Параллельные вычисления.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Алабужев А. А. Основы параллельного программирования: учеб.-метод. пособие/А. А. Алабужев.- Пермь:Перм. гос. ун-т,2007, ISBN 5-7944-0931-2.-100.-Библиогр.: с. 96
2. Кусяков А. Ш. Компьютерное моделирование на основе ANSYS: учебное пособие/А. Ш. Кусяков.- Пермь:Изд-во Перм. гос. ун-та,2008, ISBN 978-5-7944-1217-8.-168.-Библиогр.: с. 164
3. Гергель, В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие / В. П. Гергель. — 3-е изд. — Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 500 с. — ISBN 978-5-4497-0389-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/89478>

Дополнительная:

1. Басов К. А. Графический интерфейс комплекса ANSYS/К. А. Басов.-Москва:ДМК пресс,2006, ISBN 5-94074-074-X.-248.-Библиогр.: с. 246-247
2. Алабужев А. А. Архитектура параллельных ЭВМ: учеб.-метод. пособие/А. А. Алабужев.-Пермь:Перм. гос. ун-т,2007, ISBN 5-7944-0928-2.-89.-Библиогр.: с. 79

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

library.psu.ru/node/738 Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<https://elis.psu.ru/> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Система автоматических инженерных расчетов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- Программный пакет численного моделирования OpenFOAM;
- Программный пакет ANSYS Fluent (лицензия ANSYS Academic Research CFD + HPC, кафедра теоретической физики);
- Программные пакеты ANSYS Student, ANSYS AIM Student (свободная лицензия для обучения).

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для проведения лекций необходима аудитория лекционного типа, оснащённая доской и мультимедийным оборудованием. Для лабораторных работ требуется компьютерный класс, оснащенный комплектом вычислительных машин и мультимедийным оборудованием, с подключением к локальной сети университета. Для самостоятельной работы необходимы аудитории, оснащённые компьютером с выходом в глобальную сеть.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Система автоматических инженерных расчетов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.6

Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способностью самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.6 Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способностью самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики</p>	<p>Знать основные методы решения конечно-разностных уравнений. Уметь использовать конечно-разностные аппроксимации производных. Владеть навыками решения профессиональных задач.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные методы решения конечно-разностных уравнений. Не умеет использовать конечно-разностные аппроксимации производных. Не владеет навыками решения профессиональных задач.</p> <p align="center">Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания основных методов решения конечно-разностных уравнений. Демонстрирует частично сформированное умение решения профессиональных задач.</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов решения конечно-разностных уравнений. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчёты, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками решения профессиональных задач.</p> <p align="center">Отлично Сформированные систематические знания основных методов решения конечно-разностных уравнений. Сформированное умение производить расчёты конечно-разностных аппроксимаций производных. Успешное и систематическое применение навыков решения профессиональных задач.</p>

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать методы численного исследования функций. Уметь реализовывать программные алгоритмы построения интерполяционных полиномов, приближающих функций, аппроксимационные схемы численного интегрирования, численного решения ОДУ и их систем, формулировать физические задачи в терминах ОДУ. Владеть навыками численного решения задач оптимизации и поиска экстремумов функций, реализации численных методов решения ОДУ.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает методы численного исследования функций. Не умеет реализовывать программные алгоритмы построения интерполяционных полиномов, приближающих функций, аппроксимационные схемы численного интегрирования, численного решения ОДУ и их систем, формулировать физические задачи в терминах ОДУ. Не владеет навыками численного решения задач оптимизации и поиска экстремумов функций, реализации численных методов решения ОДУ.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания методов численного исследования функций, численного решения ОДУ и их систем. Демонстрирует частично сформированное умение реализовывать программные алгоритмы построения интерполяционных полиномов, приближающих функций, аппроксимационные схемы численного интегрирования, формулировать физические задачи в терминах ОДУ. Имеет представление о приемах численного решения задач оптимизации и поиска экстремумов функций, реализации численных методов решения ОДУ с оценкой погрешности.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов численного исследования функций, численного решения ОДУ и их систем. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения реализовывать программные алгоритмы построения интерполяционных полиномов,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>приближающих функций, аппроксимационные схемы численного интегрирования, формулировать физические задачи в терминах ОДУ. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет приемами численного решения задач оптимизации и поиска экстремумов функций, решения ОДУ с оценкой погрешности.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания методов численного исследования функций, численного решения ОДУ и их систем.. Сформированное умение реализовывать программные алгоритмы построения интерполяционных полиномов, приближающих функций, аппроксимационные схемы численного интегрирования, формулировать физические задачи в терминах ОДУ. Успешное систематическое применение методов численного решения задач оптимизации и поиска экстремумов функций, численных методов решения ОДУ с оценкой погрешности.</p>

ОПК.2

Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.2.1 Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных</p>	<p>Знать подходы к численному исследованию реальных объектов. Уметь ставить вычислительный эксперимент. Владеть навыками интерпретации результатов.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает подходы к численному исследованию реальных объектов. Не уметь ставить вычислительный эксперимент. Не владеет навыками интерпретации результатов.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания подходов к численному исследованию реальных объектов. Демонстрирует частично сформированное умение ставить</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
технологий		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>вычислительный эксперимент. Имеет представление об интерпретации результатов.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания подходов к численному исследованию реальных объектов. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения ставить вычислительный эксперимент. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками интерпретации результатов.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания подходов к численному исследованию реальных объектов. Сформированное умение ставить вычислительный эксперимент. Успешное и систематическое применение навыков интерпретации результатов.</p>

ПК.5

Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.5 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности</p>	<p>Знать современные программные пакеты и комплексы решения задач вычислительной гидродинамики. Уметь использовать метод конечных элементов, метод конечных объёмов. Владеть профессиональными программными пакетами ANSYS Fluent, ANSYS CFX, OpenFOAM.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает современные программные пакеты и комплексы решения задач вычислительной гидродинамики. Не умеет использовать метод конечных элементов, метод конечных объёмов. Не владеет профессиональными программными пакетами ANSYS Fluent, ANSYS CFX, OpenFOAM.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания современных программных пакетов и комплексов решения задач вычислительной гидродинамики. Демонстрирует частично сформированное умение использовать метод конечных элементов, метод конечных объёмов, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о профессиональных программных пакетах ANSYS Fluent,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>ANSYS CFX, OpenFOAM.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных программных пакетов и комплексов решения задач вычислительной гидродинамики. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения использовать метод конечных элементов, метод конечных объёмов, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет профессиональными программными пакетами ANSYS Fluent, ANSYS CFX, OpenFOAM.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания современных программных пакетов и комплексов решения задач вычислительной гидродинамики. Сформированное умение использовать метод конечных элементов, метод конечных объёмов.. Успешное и систематическое применение навыков владения профессиональными программными пакетами ANSYS Fluent, ANSYS CFX, OpenFOAM.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС +

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Навыки программирования, алгоритмизации, владение языками программирования
ОПК.6 Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способностью самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики	Основы конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных Письменное контрольное мероприятие	Конечно-разностные методы решения уравнений в частных производных. Методы решения задач теплофизики и гидродинамики вязкой жидкости
ОПК.2.1 Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ПК.5 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности	Моделирование задач механики сплошных сред с использованием OpenFoam Письменное контрольное мероприятие	Построение расчётных сеток, работа с пакетом OpenFOAM

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.2.1 Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий</p> <p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p> <p>ПК.5 Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности</p>	<p>Применение программных продуктов ANSYS в научных и инженерных расчетах динамики сплошной среды</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Пакет ANSYS. Подготовка задачи и моделирование. Применение параллельных вычислений</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Работа с файлами, реализация алгоритма решения системы линейных уравнений	5
Работа с ветвлениями, циклами, массивами	5

Основы конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Моделирование задачи теплопроводности с использованием разностных методов	10
анализ устойчивости конечно-разностной схемы решения уравнения теплопроводности	10
получение конечно-разностной аппроксимации системы уравнений тепловой конвекции	5
вывод уравнений тепловой конвекции в приближении Буссинеска в размерной и безразмерной форме	5

Моделирование задач механики сплошных сред с использованием OpenFoam

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Реализация физической модели средствами OpenFOAM	10
Моделирование процесса теплопередачи, развития течения	10
Использование адаптивной сетки	5
Создание геометрии задачи и генерация статической сетки в пакетах Gambit и SALOME	5

Применение программных продуктов ANSYS в научных и инженерных расчетах динамики сплошной среды

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Создание и импорт расчётной сетки в пакет ANSYS	10
Подготовка физической модели процесса теплопередачи в системе со сложной геометрией. Численное моделирование.	10
Обработка результатов вычислений, построение интегральных характеристик процесса	10
Подготовка физической модели гидродинамического процесса в заданной геометрии. Численное моделирование.	10