

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической
работе

Е.В. Коновалова

«28» августа 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Численное моделирование турбулентных течений

Направление подготовки:

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы:

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Отрасль науки:

Физико-математические

Квалификация:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения:

очная

Сургут, 2018 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями:

1) Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации) (зарегистрировано в Минюсте России 20.08.2014 № 33685), утвержденного приказом Министерства образования и науки России от 30.07.2014 г. №875.


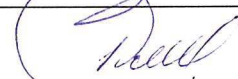
2) Приказа Министерства образования и науки РФ от 30 апреля 2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Автор программы:
к.ф.-м.н., доцент



Ряховский А.В.

Согласование рабочей программы

Подразделение (кафедра/ библиотека)	Дата согласования	Ф.И.О., подпись нач. подразделения
Кафедра прикладной математики	06.07.2018г.	 Гореликов А.В.
Отдел комплектования	05.07.2018г.	 Дмитриева И.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры прикладной математики «06» июля 2018 года, протокол № 13/1

Заведующий кафедрой к.ф.-м.н., доцент Гореликов А.В.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета политехнического института «11» июля 2018 года, протокол № 05/18

Председатель УМС института



к.ф.-м.н., доцент Сысоев С.М.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является развитие у обучающихся личностных качеств и формирование универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Дисциплина «Численное моделирование турбулентных течений» направлена на изучение основных математических моделей турбулентности, а также освоения численных методов, используемых при проведении вычислительных экспериментов по изучению турбулентных течений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПВО

Дисциплина «Численное моделирование турбулентных течений» относится к циклу «Факультативы». Преподавание осуществляется на 2 году обучения. Аспирант должен обладать следующими знаниями и компетенциями: способность демонстрировать углубленные знания в области математики, программирования и естественных наук, способности порождать новые идеи, способность использовать свои базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, способность владеть фундаментальными разделами механики и физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач. Дисциплины (модули) и практики, которые необходимы для освоения данной дисциплины: Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Тензорный анализ (дифференциальное и интегральное исчисление тензоров).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Формируемые компетенции:

ПК-2 – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования;

ПК-3 – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры;

ПК-4 – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. Знать:

современные технологии распараллеливания вычислительных программ, основные методы проведения вычислительных экспериментов на высокопроизводительных вычислительных системах,

основные направления развития высокопроизводительных компьютеров

2. Уметь:

разрабатывать параллельные программы для численного моделирования турбулентных течений, анализировать результаты, полученные при численном моделировании турбулентных течений, анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов

3. Владеть:

современными методами параллельного программирования,

навыками проведения вычислительных экспериментов по исследованию турбулентных течений с использованием высокопроизводительных вычислительных систем,

навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

4.2. Содержание компетенций

Разделы (или темы) дисциплины	Коды компетенций	Общее количество компетенций
1. Введение. Понятие турбулентности и основные свойства турбулентных течений. Уравнение Рейнольдса.	ПК-2	1
2. Прямое численное моделирование турбулентных течений.	ПК-3	1
3. Модели турбулентной вязкости. Модель пути смешения. k-ε модель. k-ω модель.	ПК-4	1
4. Модель крупных вихрей. Подсеточная модель Смагоринского.	ПК-3, ПК-4	2

4.3 Содержание разделов

№ п/п	Разделы (или темы) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			лекционные занятия	практические занятия	лабораторные работы	самостоятельная работа	
1	Введение. Понятие турбулентности и основные свойства турбулентных течений. Уравнение Рейнольдса.	2		4		14	Устный опрос. Практическое задание.
2	Прямое численное моделирование турбулентных течений.	2		4		14	Практическое задание.
3	Модели турбулентной вязкости. Модель пути смешения. k-ε модель. k-ω модель.	2		4		14	Практическое задание.
4	Модель крупных вихрей. Подсеточная модель Смагоринского.	2		4		14	Практическое задание.
Всего за 2 год обучения				16		56	Зачет
Всего				16		56	72

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (Приложение к рабочей программе по дисциплине: Фонды оценочных средств)

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) список основной литературы

1. Волков, К.Н. Турбулентные струи -- статистические модели и моделирование крупных вихрей [Электронный ресурс] : монография / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов, В.А. Зазимко. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2014. — 360 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59662
2. Бакунин, О.Г. Турбулентность и диффузия. От хаоса к структурам [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2010. — 351 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48259
3. Петров, А.Г. Аналитическая гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2010. — 516 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47563

б) список дополнительной литературы

1. Фрик, П. Г. Турбулентность : подходы и модели / П. Г. Фрик .— М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003 .— 291 с.: ил. — (Компьютинг в математике, физике, биологии) .— Библиогр. : с. 287-291.
2. Волков, К.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений [Электронный ресурс] : / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2008. — 363 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49083
3. Репик, Е.У. Турбулентный пограничный слой [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.У. Репик, Ю.П. Соседко. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2007. — 310 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59475.

в) методические указания

1. Илюшин, Борис Борисович. Моделирование процессов переноса в турбулентных течениях [Текст] : учебное пособие / Б. Б. Илюшин ; Федеральное агентство по образованию, Новосибирский государственный университет, Физический факультет. — Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2006.
2. Аникеев, Анатолий Анатольевич. Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики [Текст] : [учебное пособие] / А. А. Аникеев, А. М. Молчанов, Д. С. Янышев .— М. : URSS, 2010 .— 149 с.
3. 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), ЭБС АСВ, 2016 .— 169 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68793.html>

г) перечень лицензионного программного обеспечения

Лицензии (лицензионные соглашения) на программное обеспечение (для свободного ПО - GNU General Public License или аналог):

- операционные системы Microsoft, пакет прикладных программ Microsoft Office;
 - математическое ПО Mathcad Education, серверная операционная система Windows Server Datacenter, сервер базы данных SQL Svr Standard Core, среда разработки LabView NI Academic Site License договор № 0187200001712001476-0288756-01/12-ГК от 17.12.2012 г. бессрочно
- Графические редакторы: Gimp, Inscapе

Математическое ПО: Freemat, Maxima
Средства разработки: Python, Lazarus, Java

д) интернет-ресурсы

Базы данных

1. **«Издания по общественным и гуманитарным наукам»**
<https://dlib.eastview.com/browse/udb/4>

База данных «Издания по общественным и гуманитарным наукам» предоставляет уникальный доступ к десяткам ведущих российских периодических изданий по гуманитарным наукам - журналам институтов Российской Академии наук, охватывающим области от археологии до лингвистики. Полные тексты исследований и художественных произведений воспроизводятся с нумерацией страниц оригинала, облегчающей библиографические ссылки на источники.

2. Арбикон

<http://www.arbicon.ru>

Доступ к библиографическим записям (с аннотациями) на статьи из журналов и газет (некоторые записи включают ссылки на полные тексты статей в интернете); к объединенному каталогу, обеспечивающему поиск в электронных каталогах более ста библиотек России одновременно.

3. Электронная библиотека диссертаций

<https://dvs.rsl.ru/>

Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки содержит около 900 тыс. полных текстов диссертаций и авторефератов по всем специальностям. Пополнение базы новыми документами происходит по мере их оцифровки (около 25000 диссертаций в год).

Каталог Электронной библиотеки диссертаций РГБ находится в свободном доступе для любого пользователя сети Интернет. Просмотр полнотекстовых электронных версий возможен только с компьютеров НБ СурГУ по логину и паролю.

4. Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU)

<http://www.elibrary.ru>

eLIBRARY.RU – крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и получения информации. Содержит полнотекстовые версии иностранных и отечественных научных журналов, рефераты публикаций журналов, а также описания зарубежных и российских диссертаций. Свыше 2800 российских научных журналов размещены в бесплатном открытом доступе. Для доступа к остальным изданиям предлагается возможность подписаться или заказать отдельные публикации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

5. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам - информационная система** <http://window.edu.ru/>

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов. В разделе Библиотека представлено более 27 000 учебно-методических материалов, разработанных и накопленных в системе федеральных образовательных порталов, а также изданных в университетах, ВУЗах и школах России.

6. **Электронные коллекции на портале Президентской библиотеки им. Б. Н. Ельцина** <http://www.prlib.ru/collections>

На портале Президентской библиотеки представлены коллекции электронных документов, объединенные по тематическому принципу. К каждой коллекции прилагается краткое описание. Все электронные документы сопровождаются библиографическими записями, представляющими собой краткое библиографическое описание документов. Часть документов имеет подробные аннотации.

7. **КиберЛенинка - научная электронная библиотека** <http://cyberleninka.ru/>
«КиберЛенинка» – это научная электронная библиотека, основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. КиберЛенинка поддерживает распространение знаний по модели открытого доступа (Open Access), обеспечивая бесплатный оперативный доступ к научным публикациям в электронном виде, которые в зависимости от договорённостей с правообладателем размещаются по лицензии Creative Commons Attribution (CC-BY).

8. **ВИНИТИ** <http://www.viniti.ru>

База данных (БД) ВИНТИ – одна из крупнейших в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам. Включает материалы РЖ (Реферативного Журнала) ВИНТИ с 1981 г. по настоящее время. Общий объем БД – более 20 млн. документов. БД формируется по материалам периодических изданий, книг, фирменных изданий, материалов конференций, тезисов, патентов, нормативных документов, депонированных научных работ, 30% которых составляют российские источники. Пополняется ежемесячно. Документы БД ВИНТИ содержат библиографию, ключевые слова, рубрики и реферат первоисточника на русском языке.

9. **ЦИТиС** <http://www.rntd.citis.ru/>

«ЦИТиС» – Федеральное государственное автономное научное учреждение «Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти» осуществляет формирование и поддержку национального библиотечно-информационного фонда Российской Федерации в части открытых неопубликованных источников научной и технической информации – отчеты о научно-исследовательских работах и опытно-конструкторских разработках (НИР и ОКР), кандидатские и докторские диссертации, переводы, информационные и регистрационные карты НИР и ОКР, информационные карты диссертаций, информационные карты алгоритмов и программ по всем областям науки и техники. БД содержат рефераты и библиографические описания соответствующих полнотекстовых документов.

10. **Российская национальная библиотека**
http://primo.nlr.ru/primo_library/libweb/action/search.do?menuitem=2&catalog=true
Коллекции Электронных изданий Российской национальной библиотеки

11. **УИС РОССИЯ** <http://uisrussia.msu.ru>

Университетская информационная система РОССИЯ включает коллекции законодательных и нормативных документов, статистику Госкомстата и Центризбиркома России, издания средств массовой информации, материалы исследовательских центров, научные издания и т. д. Доступ к аннотациям и частично полным текстам документов (свободный доступ) можно получить с любого компьютера. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте и получить пароль.

12. **Scopus** <http://www.scopus.com>

Scopus – универсальная реферативная база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой литературы со встроенными библиометрическими механизмами отслеживания, анализа и визуализации данных. В базе содержится более 21900 изданий от 5000 международных издателей в области фундаментальных, общественных и гуманитарных наук, техники, медицины и искусства.

13. **Springer** – международная издательская компания, специализирующаяся на выпуске академических журналов и книг по естественнонаучным направлениям.

Ресурсы:

Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer по различным отраслям знаний.
Springer Protocols – коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний.
Springer Reference – электронные энциклопедии, справочники, словари и атласы по всем отраслям науки.

14. **Web of Science** <http://webofknowledge.com> — поисковая платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах, в том числе базы, учитывающие взаимное цитирование публикаций. WoS охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам и искусству. Платформа обладает встроенными возможностями поиска, анализа и управления библиографической информацией.

По подписке доступны следующие базы данных:

Web of Science Core Collection, включая все индексы научного цитирования:

Science Citation Index Expanded (1975-по настоящее время)

Social Sciences Citation Index (1975-по настоящее время)

Arts & Humanities Citation Index (1975-по настоящее время)

Conference Proceedings Citation Index- Science (1990-по настоящее время)

Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities (1990-по настоящее время)

Book Citation Index– Science (2005-по настоящее время)

Book Citation Index– Social Sciences & Humanities (2005-по настоящее время)

Emerging Sources Citation Index (2015-по настоящее время).

Russian Science Citation Index — доступ к библиографической информации и цитированию научных статей российских исследователей в более 500 научных, технических, медицинских и образовательных журналах (2005-по настоящее время).

KCI-Korean Journal Database — содержит библиографическую информацию по научной литературе, опубликованной в Корее (с 1980 - по настоящее время).

SciELO Citation Index — доступ к научной литературе по общественным, гуманитарным наукам и искусству, которая была опубликована в лучших журналах, находящихся в открытом доступе, в Латинской Америке, Португалии, Испании и Южной Африке (1997-по настоящее время).

Journal Citation Reports — предоставляет ежегодные отчеты по цитированию журналов, в том числе, их импакт-фактор.

Essential Science Indicators — аналитический инструмент, охватывающий самые цитируемые публикации в базе данных Web of Science Core Collection.

С информацией по работе с данными ресурсами можно ознакомиться на информационном портале wokinfo.com (на английском языке) или wokinfo.com/russian (на русском языке). Дополнительная информация и видео-уроки доступны на каналах YouTube: youtube.com/user/WoSTraining (на английском языке) или youtube.com/woktrainingsrussian (на русском языке).

15. **Project Gutenberg** <http://www.gutenberg.org>

Project Gutenberg — это более 50 тысяч бесплатных цифровых книг, доступных в различных форматах. Язык большинства текстов — английский, но есть также материалы на французском, немецком, русском, каталанском, санскрите и других языках. Пользоваться ресурсом можно бесплатно и без регистрации.

16. **Elsevier - Open Archives** <https://www.elsevier.com/about/open-science/open-access/open-archive>

Открытый доступ к архивным материалам 98 журналов издательства Elsevier по следующим дисциплинам: математика, логика, биология, медицина, информатика, химия.

17. **SpringerOpen** <http://www.springeropen.com>

SpringerOpen включает в себя журналы и книги открытого доступа по всем областям науки.

18. **Directory of open access journals** <https://doaj.org/>

"Директория журналов открытого доступа" - электронный ресурс, разработанный университетом г. Лунд, Швеция (Lund University) с целью продвижения технологии открытого доступа. Свободный доступ к полнотекстовым научным журналам по всем отраслям знаний на разных языках.

Электронно-библиотечные системы:

1. **Электронно-библиотечная система Znanium.com** www.znanium.com - это коллекция электронных версий изданий (книг, журналов, статей и т.д.), сгруппированных по тематическим и целевым признакам. В ЭБС реализована система поиска и отбора документов с удобной навигацией, созданием закладок, формированием виртуальных «книжных полок», сервисом постраничного копирования, а также другими сервисами, способствующими успешной научной и учебной деятельности. ЭБС Znanium.com - разработка Научно-издательского центра ИНФРА-М.

2. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** <http://e.lanbook.com/> — это крупнейшая политематическая база данных, включающая в себя контент сотен издательств научной, учебной литературы и научной периодики. Нашей организации предоставлен доступ к книгам по математике, физике, инженерным наукам, химии, теоретической механике, пищевому производству, сервису и туризму таких ведущих издательств как: «Лань».

Также нам предоставлен бесплатный доступ к более чем 500 научным журналам.

3. **Электронно-библиотечная система IPRbooks** <http://iprbookshop.ru> – научно-образовательный ресурс по всем отраслям наук (ОКСО), в полном объеме соответствующий ФГОС ВО. В ЭБС IPRbooks содержится более 25000 изданий: учебники, монографии, журналы по различным направлениям подготовки специалистов высшей школы.

4. ЭБС **IPRbooks** является партнером **Научной электронной библиотеки Elibrary.ru**. Возможно включение в электронно-библиотечную систему трудов преподавателей с присвоением им статуса официальных публикаций, что обеспечивает авторам участие в РИНЦ (для вуза и авторов подсчитываются показатели публикаций и цитируемости).

5. **Электронная библиотека Издательского центра «Академия»** <http://academia-moscow.ru> содержит электронные версии печатных учебных изданий, соответствующих программам ФГОС, по дисциплинам и профессиональным модулям, освоение которых необходимо для получения многих профессий и специальностей.

Справочные правовые системы:

1. **«КонсультантПлюс»**. Система обеспечивает доступ к полнотекстовой базе нормативно-правовых актов всех уровней. Обеспечивает доступ к базе кодифицированного законодательства. Содержит большое количество обзоров судебной практики, новелл законодательства и правоприменительной практики. Обеспечена возможность доступа к большому количеству научной правовой литературы.

2. **«Гарант»**. Справочная правовая система обеспечивает доступ к полнотекстовой базе правовых документов. Содержит готовые решения практических ситуаций. Тысячи актуализируемых консультационных материалов, которые помогут быстро найти верный ответ на правовой вопрос. Подобранные экспертами выдержки из судебных решений, наиболее полно отражающих позицию судов по интересующему вопросу. Нормы российского законодательства в виде наглядных схем. Бланки форм отчетности, образцы договоров и локальных актов, примеры заполнения. Заключение экспертов по десяткам тысяч практических ситуаций.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория № 704. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Набор демонстрационного

оборудования (меловая доска, проекционный экран, проектор, компьютер). Количество посадочных мест - 48

Помещения для самостоятельной работы обучающихся - читальные залы Научной библиотеки БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Сургутский государственный университет»:

442 - зал естественно-научной и технической литературы;

439 - зал экономической и юридической литературы.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационную образовательную среду СурГУ

8. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ АСПИРАНТАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с ч.4 «Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 19 ноября 2013 г. № 1259) для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предлагается адаптированная программа аспирантуры, которая осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся. Для обучающихся-инвалидов программа адаптируется в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Специальные условия для получения высшего образования по программе аспирантуры обучающимися с ограниченными возможностями здоровья включают:

- использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, включая наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети «Интернет» для слабовидящих;
- использование специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, включая альтернативные форматы печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- использование специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, включая установку мониторов с возможностью трансляции субтитров, обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- предоставление услуг ассистента, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь или услуги сурдопереводчиков/тифлсурдопереводчиков;
- проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий;
- обеспечение беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»**

**ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
Приложение к рабочей программе по дисциплине**

«Численное моделирование турбулентных течений»

Направление подготовки:
09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы:
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Отрасль науки:
Физико-математические

Квалификация:
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения:
очная

Сургут, 2017г.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Компетенция ПК-2

способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования		
Знает	Умеет	Владеет
современные технологии распараллеливания вычислительных программ	разрабатывать параллельные программы для численного моделирования турбулентных течений	современными методами параллельного программирования

Компетенция ПК-3

владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры		
Знает	Умеет	Владеет
основные методы проведения вычислительных экспериментов на высокопроизводительных вычислительных системах	анализировать результаты, полученные при численном моделировании турбулентных течений	навыками проведения вычислительных экспериментов по исследованию турбулентных течений с использованием высокопроизводительных вычислительных систем

Компетенция ПК-4

способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты		
Знает	Умеет	Владеет
основные направления развития высокопроизводительных компьютеров	анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов	навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем

Этап: Проведение промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются по двухбалльной шкале с оценками:

- «зачтено»;
- «не зачтено».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	современные технологии распараллеливания вычислительных программ, основные методы проведения вычислительных	Зачтено	Знает основные модели турбулентности. Знает основные директивы и функции современных стандартов параллельного

	экспериментов на высокопроизводительных вычислительных системах, основные направления развития высокопроизводительных компьютеров		программирования. Знает архитектуру высокопроизводительных вычислительных систем.
		Не зачтено	Допускает существенные ошибки при описании моделей турбулентности, стандартов параллельного программирования и архитектуры высокопроизводительных вычислительных систем.
Умеет	разрабатывать параллельные программы для численного моделирования турбулентных течений, анализировать результаты, полученные при численном моделировании турбулентных течений, анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов	Зачтено	Знает основные численные методы для решения дифференциальных уравнений, описывающих турбулентные течения. Способен самостоятельно написать параллельную программу. Умеет применять пакеты программ для визуализации результатов расчетов.
		Не зачтено	Не знает основных численных методов. Не способен написать параллельную программу. Не умеет применять пакеты программ для визуализации результатов расчетов.
Владеет	современными методами параллельного программирования, навыками проведения вычислительных экспериментов по исследованию турбулентных течений с использованием высокопроизводительных вычислительных систем, навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем	Зачтено	Владеет основными методами решения дифференциальных уравнений в частных производных. Владеет современными методами распараллеливания программ. Умеет отлаживать и запускать программы на параллельных вычислительных системах.
		Не зачтено	Не владеет основными методами решения дифференциальных уравнений в частных производных. Не владеет современными методами распараллеливания программ. Не умеет отлаживать и запускать программы на параллельных вычислительных системах.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине

Раздел 1: Введение. Понятие турбулентности и основные свойства турбулентных течений. Уравнение Рейнольдса.

Вопросы для устного опроса:

1. Как определяется число Прандтля? В чем его физический смысл?
2. Как определяется число Рейнольдса? В чем его физический смысл?
3. Какие физические величины соответствуют переменным k и ε в k - ε модели турбулентности? Какова их размерность?
4. Как определяется длина пути смешения?
5. Что такое колмогоровские масштабы течения? Что они характеризуют?
6. Как определяется завихренность? В чем ее физический смысл?
7. В чем состоит декомпозиция Рейнольдса?
8. В чем физический смысл напряжений Рейнольдса?

Выполнение задания позволяет сформулировать сформированность части компетенций: ПК-2 – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования.

Раздел 2. Прямое численное моделирование турбулентных течений.

Практическое задание:

1. Исходя из размерностей скорости вязкой диссипации на единицу массы ε и кинематической вязкости ν , вывести колмогоровские масштабы длины η , времени τ и скорости u мелкомасштабных компонент турбулентности.
2. Получить приближенные соотношения в зависимости от числа Рейнольдса для ширины вязкого пограничного слоя в случае ламинарных и турбулентных течений.
3. Используя разложение функций на среднюю и пульсационную составляющую, вывести уравнения Рейнольдса из уравнений Навье-Стокса.

Выполнение задания позволяет сформулировать сформированность части компетенций: ПК-3 – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры

Раздел 3. Модели турбулентной вязкости. Модель пути смешения. k - ε модель. k - ω модель.

Практическое задание:

1. Применяя операцию взятия ротора $\varepsilon_{ijk} \frac{\partial}{\partial x_j}$, вывести уравнение завихренности из уравнения сохранения импульса.
2. Рассматривается k - ε модель применительно к простому сдвиговому турбулентному течению, в котором $S = \partial \langle U \rangle / \partial y$ является единственной производной средней скорости, отличной от нуля. Получить соотношения:

$$\frac{\langle uv \rangle}{k} = C_\mu \frac{Sk}{\varepsilon}, \frac{P}{\varepsilon} = C_\mu \left(\frac{Sk}{\varepsilon} \right)^2.$$

Выполнение задания позволяет сформулировать сформированность части компетенций: ПК-4 – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты

Раздел 4. Модель крупных вихрей. Подсеточная модель Смагоринского.

1. Написать вычислительную программу для численного моделирования сдвигового турбулентного пограничного слоя при помощи одной из моделей пути смешения (на выбор преподавателя).
2. Написать вычислительную программу для численного моделирования двумерных турбулентных течений в области прямоугольной формы при использовании k - ϵ модели.
3. Написать вычислительную программу для численного моделирования двумерных турбулентных течений в области прямоугольной формы при использовании k - ω модели.
4. Написать вычислительную программу для численного моделирования двумерных турбулентных течений в области прямоугольной формы при использовании модели крупных вихрей и подсеточной модели Смагоринского.
5. Написать вычислительную программу для прямого численного моделирования двумерных турбулентных течений в области прямоугольной формы.
6. Написать вычислительную программу для прямого численного моделирования трехмерных турбулентных течений в области, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда.

Выполнение задания позволяет сформулировать сформированность части компетенций: ПК-3 – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры; ПК-4 – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты.

Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

Методические рекомендации по проведению основных видов учебных занятий

При изучении дисциплины используются следующие основные методы и средства обучения, направленные на повышение качества подготовки аспирантов путем развития у аспирантов творческих способностей и самостоятельности:

- Контекстное обучение – мотивация аспирантов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретными знаниями и его применением.

- Проблемное обучение – стимулирование аспирантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

- Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности аспиранта за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

- Индивидуальное обучение – выстраивание аспирантами собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной программы с учетом интересов аспирантов.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплине, которые должны решать следующие задачи:

- изложить основной материал программы курса;

- развить у аспирантов потребность к самостоятельной работе над учебником и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений.

Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Крайне желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему курса и представляла собой логически вполне законченную работу. Лучше сократить тему, но не допускать перерыва ее на таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта.

Привлечение графического и табличного материала на лекции позволит более объемно изложить материал.

Целью практических занятий является: закрепление теоретического материала, рассмотренного аспирантами самостоятельно; проверка уровня понимания аспирантами вопросов, рассмотренных самостоятельно по учебной литературе, степени и качества усвоения материала аспирантами; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказание помощи в его усвоении.

В начале очередного занятия необходимо сформулировать цель, поставить задачи.

Аспиранты выполняют задания, а преподаватель контролирует ход их выполнения путем устного опроса, оценки рефератов, проверки тестов, проверки практических заданий.

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, уровня овладения теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками. Выполнение заданий текущего контроля оценивается по двухбалльной шкале: «аттестовано», «не аттестовано».

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов

Целью самостоятельной работы аспирантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Методические рекомендации призваны помочь аспирантам организовать самостоятельную работу при изучении курса: с материалами лекций, практических и семинарских занятий, литературы по общим и специальным вопросам экономических наук.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется в следующих формах:

- подготовка к семинарским занятиям,
- изучение дополнительной литературы и подготовка ответов на вопросы для самостоятельного изучения,
- подготовка к тестированию,
- написание реферата.

1) Подготовка к семинарским и практическим занятиям.

При подготовке к семинарским занятиям аспирантам необходимо ориентироваться на вопросы, вынесенные на обсуждение. На семинарских занятиях проводятся опросы, тестирование, разбор конкретных ситуаций, с активным обсуждением вопросов, в том числе по группам, с целью эффективного усвоения материала в рамках предложенной темы, выработки умений и навыков в профессиональной деятельности, а также в области ведения переговоров, дискуссий, обмена информацией, грамотной постановки задач, формулирования проблем, обоснованных предложений по их решению и аргументированных выводов.

2) Изучение основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским и практическим занятиям.

В целях эффективного и полноценного проведения таких мероприятий аспиранты должны тщательно подготовиться к вопросам семинарского занятия. Особенно поощряется и положительно оценивается, если аспирант самостоятельно организует поиск необходимой информации с использованием периодических изданий, информационных ресурсов сети ИНТЕРНЕТ и баз данных специальных программных продуктов.

Самостоятельная работа аспирантов должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время прохождения других курсов. Составляющим компонентом его работы должно стать творчество. В связи с этим рекомендуется:

1. Начинать подготовку к занятию со знакомства с опубликованными законодательно-правовыми документами.
2. Обратите внимание на структуру, композицию, язык документа, время и историю его появления.
3. Определите основные идеи, принципы, тезисы, заложенные в документ.
4. Выясните, какой сюжет, часть изучаемой проблемы позволяет осветить проанализированный источник.
5. Проведите работу с незнакомыми экономическими терминами и понятиями, для чего используйте словари экономических терминов, энциклопедические словари, словари иностранных слов и др.

Затем необходимо ознакомиться с библиографией темы и вопроса, выбрать доступные Вам издания из списка основной литературы, специальной литературы, рекомендованной лекциям и семинарам. Рекомендованные списки могут быть дополнены.

Используйте справочную литературу. Поиск можно продолжить, изучив примечания и сноски в уже имеющихся у Вас в руках монографиях, статьях.

Работая с литературой по теме семинара, делайте выписки текста, содержащего характеристику или комментарий уже знакомого Вам источника. После чего вернитесь к тексту

документа (желательно полному, без купюр) и проведите его анализ уже в контексте изученной исследовательской литературы.

Возникающие на каждом этапе работы мысли следует записывать. Анализ документа следует сделать составной частью проработки вопросов семинара и выступления аспиранта на занятии. Общее знание проблемы, обсуждаемой на семинарском занятии, должно сочетаться с глубоким знанием источников.

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, уровня овладения теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками. Выполнение заданий текущего контроля оценивается по двухбалльной шкале: «аттестован», «не аттестовано».

Рекомендации по оцениванию ответов при устном опросе по темам дисциплины.

Оценки «аттестован» заслуживает аспирант, который:

- в рамках поставленного вопроса демонстрирует знания основных понятий, теорем и методов, используемых при моделировании турбулентных течений;
- знает физический смысл основных величин и безразмерных параметров.

Оценка «не аттестован», выставляется аспиранту, обнаружившему существенные пробелы в знаниях материала по теме опроса.

Рекомендации по оцениванию практических заданий по темам дисциплины.

Оценки «аттестован» заслуживает аспирант, который при выполнении практических заданий:

- демонстрирует владение методами численного моделирования турбулентных течений по данному разделу дисциплины;
- справляется с решением более половины практических заданий для самостоятельного решения.

Оценка «не аттестован», выставляется аспиранту, который не владеет методами численного моделирования турбулентных течений по данному разделу дисциплины и не способен самостоятельно решать практические задания.

Получение оценки «зачтено» позволяет сделать вывод о достаточной сформированности части следующих компетенций: ПК-2 – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования; ПК-3 – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры; ПК-4 – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты.