



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики

Кафедра «Математическое моделирование систем и процессов»



ПОДПИСАЮ

Директор по учебной работе

Н.В. Лобов

2015 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория турбулентности»**

Основная образовательная программа подготовки бакалавров
Направление 010400.62 - Прикладная математика и информатика

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Профиль подготовки бакалавра

«Математическое моделирование»

Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавр

Выпускающая кафедра:

Математическое моделирование систем и
процессов

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

- | | |
|--|-------|
| - кредитов по рабочему учебному плану: | 4 ЗЕ |
| - часов по рабочему учебному плану: | 144 ч |

Виды контроля:

Экзамен:

Диф. - 7
зачёт:

Курсовой проект: -

Курсовая работа: -

Пермь
2015

Рабочая программа дисциплины «Теория турбулентности»
(полное наименование дисциплины)

разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «538» от « 20 » мая 2010 г. по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика»;
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика», профилю подготовки «Математическое моделирование», утвержденной «24» июня 2013 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика, профилю подготовки «Математическое моделирование», утверждённого « 29 » августа 2011 г

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Методы оптимизации», «Уравнения математической физики», «Прикладные пакеты программ в механике жидкости и газа», «Численные методы в газовой динамике», «Тензорный анализ», «Термодинамика и статистическая физика», «Теоретическая физика», «Механика сплошных сред», «Теория определяющих соотношений», «Теория динамических систем», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д-р физ.-мат. наук
(ученая степень, звание)

 Р.А.Степанов
(подпись) (Ф.И.О.)

Рецензент

д-р физ.-мат. наук, проф.
(ученая степень, звание)

 П.В.Трусов
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры математического моделирования систем и процессов « 08 » мая 2015 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину (каф. ММСП)
д.ф.-м.н., профессор
(учёная степень, звание)

 П.В.Трусов
(подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета « 21 » мая 20 15 г., протокол № 9/14-15

ФПММ

Председатель учебно-методической комиссии
факультета прикладной математики и
механики

д-р. техн. наук, проф.
(учёная степень, звание)

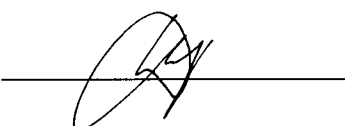
 А. И. Цаплин
(подпись) (инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей
кафедрой (каф. ММСП)
д.ф.-м.н., профессор
(учёная степень, звание)

 П.В.Трусов
(подпись) (инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных
программ, канд. техн. наук, доцент

 Д.С. Репецкий

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

БЗ.ДВ.5.1. Теория турбулентности (полное название дисциплины)	Профессиональный цикл (цикл дисциплины) <table><tr><td>☐</td><td>базовая часть цикла</td><td>☐</td><td>основная</td></tr><tr><td>☒</td><td>вариативная часть цикла</td><td>☒</td><td>по выбору студента</td></tr></table>	☐	базовая часть цикла	☐	основная	☒	вариативная часть цикла	☒	по выбору студента				
☐	базовая часть цикла	☐	основная										
☒	вариативная часть цикла	☒	по выбору студента										
010400.62 (код направления подготовки)	Прикладная математика и информатика/Математическое моделирование (полное название направления подготовки)												
ПМИ/ММ (аббревиатура направления подготовки)	Уровень подготовки: <table><tr><td>☐</td><td>специалист</td></tr><tr><td>☒</td><td>бакалавр</td></tr><tr><td>☐</td><td>магистр</td></tr></table> Форма обучения: <table><tr><td>☒</td><td>очная</td></tr><tr><td>☐</td><td>заочная</td></tr><tr><td>☐</td><td>очно-заочная</td></tr></table>	☐	специалист	☒	бакалавр	☐	магистр	☒	очная	☐	заочная	☐	очно-заочная
☐	специалист												
☒	бакалавр												
☐	магистр												
☒	очная												
☐	заочная												
☐	очно-заочная												
2011 (год утверждения учебного плана ООП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>18</u>												
Степанов Р.А. (фамилия, инициалы преподавателя) ФПММ (факультет) ММСП (кафедра)	профессор (должность) т. 237-83-94 (контактная информация)												

1 Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины «Теория турбулентности»

Цель данной учебной дисциплины – привитие умений и навыков корректной формулировки или выбора уравнений при построении математических моделей описания развитых турбулентных течений.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

- владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач (ПК-17);
- знания и опыт в решении задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа (ПК-18).

1.2. Задачи дисциплины

Задачами изучения дисциплины является привитие студенту следующих способностей:

- свободное владение основными понятиями и аппаратом теории турбулентности;
- знание основных уравнений, методов и моделей теории турбулентности, областей их применимости;
- умение выбора уравнений при построении математических моделей реальных гидродинамических систем и процессов;
- навыки модификации существующих и построения новых моделей для описания поведения гидродинамических систем и процессов.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- феноменологическое описание явления турбулентности и стадий ее развития
- кинематическое описание распространения нелинейных волн в турбулентных течениях;
- эталонные уравнения распространения волн в нелинейных турбулентных средах с дисперсией и диссипацией;
- методы решения линейных волновых уравнений в неоднородных средах,
- анализ устойчивости течений методом возмущений
- методы решения нелинейных волновых уравнений;
- модель одномерной турбулентности в уравнении Бюргерса;
- турбулентных каскад энергии нелинейных волн;
- методы описания развитой турбулентности.

1.4. Место дисциплины в профессиональной подготовке выпускников

Дисциплина «Теория турбулентности» относится к вариативной части цикла профессиональных дисциплин и является дисциплиной по выбору студентов при освоении ООП ВПО по направлению 010400.62 «Прикладная

математика и информатика», бакалаврская программа 01040023.62 – Математическое моделирование.

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанной в пункте 1.1 компетенции и продемонстрировать следующие результаты:

– **знать:**

основные понятия и подходы к описанию распространения нелинейных волн в турбулентных течениях, определения теории турбулентности, основы теории устойчивости, безразмерное представление уравнений, методы описания развитой турбулентности(ПК-17);

эталонные уравнения для описания распространения нелинейных волн в жидкостях, газах и их вывод (ПК-18);

– **уметь:**

применять аппарат теории турбулентности при выборе и модифицировании уравнений для моделирования различных гидродинамических систем, анализировать процессы перехода от ламинарных течений к турбулентным (ПК-17); анализировать и выбирать уравнения для постановок краевых задач механики жидкости и газа (ПК-18);

– **владеть:**

навыками кинематического описания распространения нелинейных волн в турбулентных течениях для построения замкнутых математических моделей гидродинамических систем (ПК-17), навыками анализа решений уравнений жидкостей и газов при описании реальных процессов (ПК-18).

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 - Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Индекс	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ПК-17	Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач	методы оптимизации, уравнения математической физики	теория определяющих соотношений, прикладные пакеты программ в механике жидкости и газа, численные методы в газовой динамике, теория динамических систем
ПК-18	Знания и опыт в решении задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа	тензорный анализ, уравнения математической физики, механика сплошных сред	термодинамика и статистическая физика, теоретическая физика, теория определяющих

			соотношений, теория динамических систем
--	--	--	---

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ПК-17 и части компетенции ПК-18.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-17

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-17	Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач

Индекс	Формулировка дисциплинарной части компетенции ПК-17, формируемой в дисциплине «Теория турбулентности»
ПК-17. БЗ.ДВ.5.1	Готовность применять современное программное обеспечение для моделирования гидродинамических систем

2.2. Требования к компонентному составу компетенции ПК-17

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать основной аппарат теории турбулентности и подходы к построению моделей для описания поведения различных гидродинамических систем	лекции (с применением мультимедиа-технологий), СРС	текущий контроль в форме опроса, письменная работа в форме контрольной работы, зачет
Уметь применять аппарат теории турбулентности при выборе и модифицировании уравнений для моделирования различных гидродинамических систем	практические занятия, СРС	текущий контроль в форме опроса, рубежный контроль в форме контрольной работы, зачет.
Владеть навыками использования теории турбулентности для построения замкнутых математических моделей гидродинамических систем	практические занятия, СРС	письменная работа в форме контрольной работы, выступление на семинаре, зачет

2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-18

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-18	Знания и опыт в решении задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа

Индекс	Формулировка дисциплинарной части компетенции ПК-18, формируемой в дисциплине «Теория турбулентности»
ПК-18. БЗ.ДВ.5.1	Знания и опыт в использовании уравнений при описании реальных процессов механики жидкости и газа

2.4. Требования к компонентному составу компетенции ПК-18

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать основные уравнения для описания поведения жидкостей и газов	лекции (с применением мультимедиа-технологий), СРС	текущий контроль в форме опроса, письменная работа в форме контрольной работы, зачет
Уметь анализировать и выбирать уравнения для постановок краевых задач механики жидкости и газа	практические занятия, СРС	текущий контроль в форме опроса, рубежный контроль в форме контрольной работы, зачет
Владеть навыками использования уравнений жидкостей и газов при описании реальных процессов	практические занятия, СРС	письменная работа в форме контрольной работы, выступление на семинаре, зачет

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

3.1. Структура дисциплины содержит распределение используемых видов аудиторной работы (АРС) и самостоятельной работы студентов (СРС) с указанием трудоёмкости и форм представления результатов выполнения видов учебных работ.

3.2. Основными видами аудиторной работы по дисциплине являются:

- лекции (Л);
- практические занятия (ПЗ).

3.3. Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

- самостоятельное изучение теоретического материала (ИТМ),
- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ).

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 7	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа	72	72
	- в том числе в интерактивной форме	14	14
	- лекции (Л)	32	32
	- в том числе в интерактивной форме	10	10
	- практические занятия (ПЗ)	36	36
	- в том числе в интерактивной форме	4	4
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
	- изучение теоретического материала, работа с литературой (ИТМ)	36	36
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ)	36	36
4	Итоговая аттестация по дисциплине:	Диф. зачет	Диф. зачет
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	144	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4	4

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Общая структура содержания дисциплины представлена тематическим планом, который задаёт распределение трудоёмкости разделов и тем содержания по видам аудиторной и самостоятельной работы (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дис- цип- лины	Номер темы дисцип- лины	Количество часов (очная форма обучения)						СРС	КСР	Трудоём- кость, ч/ЗЕ
			аудиторная работа								
			всего	Л	ПЗ (С)	ЛР	атте- ста- ция				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	1	1	1				ПАЗ-1, ИТМ-2		4	
		2	1	1				ПАЗ-1, ИТМ-2		4	
		3	1	1				ПАЗ-2, ИТМ-2		5	
		4	6	2	4			ПАЗ-2, ИТМ-2		10	
		5	5	1	4			ПАЗ-2, ИТМ-2		9	
									1		
	Всего по модулю:		14	6	8			18	1	33/0,9	
2	2	6	7	2	5			ПАЗ-1, ИТМ-2		10	
		7	6	1	5			ПАЗ-2, ИТМ-2		10	
		8	2	2				ПАЗ-2, ИТМ-2		6	
		9	1	1				ПАЗ-2, ИТМ-2		5	
		10	2	2				ПАЗ-2, ИТМ-2		6	
		11	1	1				ПАЗ-2, ИТМ-4		7	
		12	1	1				ПАЗ-2, ИТМ-4		7	
								1			
Всего по модулю:		20	10	10			31	1	52/1,5		
3	3	13	10	2	8			ПАЗ-1, ИТМ-1		12	
		14	2	2				ПАЗ-2, ИТМ-1		5	
		15	2	2				ПАЗ-2, ИТМ-2		6	

		16	2	2				ПАЗ-2, ИТМ-2		6
									1	
		Всего по модулю:	16	8	8			13	1	30/0,8
4	4	17	13	3	10			ПАЗ-2, ИТМ-2		17
		18	3	3				ПАЗ-2		5
		19	2	2				ПАЗ-4		6
									1	
		Всего по модулю:	18	8	10			10	1	29/0,8
Итого:			68	32	36			72	4	144/4

* ИТМ – изучение теоретического материала;
ПАЗ – подготовка к аудиторным занятиям.

4.2. Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Основы.

Л – 6 час, ПЗ – 8 час, СРС – 18 час, КСР – 1 (всего 33 час.).

Тема 1. Явление турбулентности и стадии ее развития.

Тема 2. Феноменологическое описание турбулентности.

Тема 3. Спектральное представление волновых процессов в турбулентных течениях.

Тема 4. Скейленговые свойства развитой турбулентности.

Тема 5. Устойчивость течений.

Раздел 2. Нелинейные волны в турбулентных течениях.

Модуль 2.

Л – 10 час, ПЗ – 10 час, СРС – 31 час, КСР – 1 (всего 52 час.).

Тема 6. Кинематика. Стандартные модели волновых процессов.

Тема 7. Эвристический подход к описанию волновых процессов в турбулентных течениях

Тема 8. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде без диссипации и дисперсии

Тема 9. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с диссипацией.

Тема 10. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией в области высоких частот

Тема 11. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией в области низких частот

Тема 12. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией и диссипацией

Раздел 3. Подходы и методы решений волновых уравнений турбулентности.

Модуль 3.

Л – 8 час, ПЗ – 8 час, СРС – 13 час, КСР – 1 (всего 30 час.).

Тема 13. Математический аппарат: преобразование Фурье, функция Грина и дельта-функция.

Тема 14. Решение уравнения простой волны в линейной неоднородной среде. **Тема 15.** Решение уравнения синус-Гордона, уравнения Кортевега-де-Вриза, уравнения Бюргерса.

Тема 16. Солитонные решения волновых уравнений.

Раздел 4. Спектральный анализ турбулентных течений.

Модуль 4.

Л – 8 час, ПЗ – 10 час, СРС – 10 час, КСР – 1 (всего 29 час.).

Тема 17. Анализ устойчивости течений методом возмущений;

Тема 18. Модель одномерной турбулентности в уравнении Бюргерса. **Тема 19.** Методы описания развитой турбулентности.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.3 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	4	Задачи на построение различных скейлингов турбулентных течений
2.	5	Задачи на линеаризацию уравнений движения жидкости и газа с последующим анализом их устойчивости
3.	6	Графическая визуализация стандартных моделей волновых
4.	7	Задачи на вывод эталонных уравнений с модифицированной нелинейностью до третьего порядка
5.	13	Задачи на построение энергетических спектров турбулентных течений
6.	17	Задачи на анализ изменения спектрального состава турбулентных течений в нелинейных средах с дисперсией и дисперсией

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены

4.5 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.5 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
2	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
3	Подготовка к аудиторным занятиям	2

	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
4	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
5	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
6	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
7	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
8	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
9	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
10	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
11	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	4
12	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	4
13	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	1
14	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	1
15	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
16	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
17	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
18	Подготовка к аудиторным занятиям	2
19	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Итого: в ч / в 3Е	72/2

Подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ, 36 час.):

1. При подготовке к лекциям и практическим занятиям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий; усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).
2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно
3. Решение задач в рамках подготовки к практическим занятиям, в том числе выполнение индивидуальных практических заданий.

Самостоятельное изучение теоретического материала (ИТМ, 36 час.) включает:

1. Самостоятельное изучение избранных разделов монографической литературы.

4.6. Перечень тем курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих традиционных видов образовательных технологий и форм организации учебного процесса:

- лекция,
- практическое занятие,
- самостоятельная работа,
- консультация,

также внедрены новые современные технологии и формы организации учебного процесса:

- проблемное изложение лекций,
- использование мультимедиа-технологий, электронного учебного пособия,
- рейтинговая система оценки сформированности дисциплинарных компетенций.

6. Управление и контроль освоения компетенции

6.1. Текущий контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Текущая аттестация студентов производится лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции («летучка», продолжительность 5-10 мин.).
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Промежуточный контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании разделов (модулей) в форме письменных контрольных работ.

Рубежный контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции для данной дисциплины – отсутствует.

6.3. Итоговый контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Итоговый контроль уровня освоения компетенции производится в виде зачёта. Зачёт (дифференцированный) выставляется на основании рейтингового показателя, аккумулирующего оценку работы студента в течение семестра на лекционных и практических занятиях, оценки выполнения рубежных контрольных работ и оценку за собственно сдачу зачёта. При этом на работу в семестре (включая текущие контрольные работы) отводится 60% баллов, на рубежные контрольные работы по модулям – 20% баллов, на собственно зачёт (включает в себя два теоретических вопроса и задачу) – 20% баллов.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенции

Таблица 6.4 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенции

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	*ТТ	ПЗ	КР	Зачёт
Знает: – основной аппарат теории турбулентности и подходы к построению моделей для описания поведения различных гидродинамических систем (ПК-17);	+		+	+
– основные уравнения для описания поведения жидкостей и газов (ПК-18);	+		+	+
Умеет: – применять аппарат теории турбулентности при выборе и модифицировании уравнений для моделирования различных гидродинамических систем (ПК-17)		+	+	+
– анализировать и выбирать уравнения для постановок краевых задач механики жидкости и газа (ПК-18)		+	+	+
Владеет: – навыками использования теории турбулентности для построения замкнутых математических моделей гидродинамических систем (ПК-17)		+	+	+
– навыками использования уравнений жидкостей и газов при описании реальных процессов (ПК-18)		+	+	+

*ТТ – текущее тестирование (опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции продолжительностью 5-10 мин.);

ПЗ – индивидуальное практическое задание (оценка умений и владений);

КР – рубежная контрольная работа по модулю.

7. График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение по учебным неделям (7 семестр)																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P1				P2					P3				P4					
Лекции	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	32
Практ. занятия	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
Подготовка к занятиям		2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	2	36
Самост. изучение теоретического материала			5	5		6	6	3	3	3			3	2					36
Модули	M1				M2					M3				M4					
КСР				1					1				1					1	4
Дисциплин. контроль																			Диф. зачет

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

БЗ.ДВ.5.1. Теория турбулентности (полное название дисциплины)	Профессиональный цикл (цикл дисциплины) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ основная ☒ по выбору студента
010400.62 (код направления подготовки)	Прикладная математика и информатика/Математическое моделирование (полное название направления подготовки)
ПМИ/ММ (аббревиатура направления подготовки)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2011 (год утверждения учебного плана ООП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>18</u>
Степанов Р.А. (фамилия, инициалы преподавателя) ФПММ (факультет) ММСП (кафедра)	профессор (должность) т. 237-83-94 (контактная информация)

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1 Основная литература		
1	Матюнин В.П. Механика жидкости и газа. Введение в гидрогазодинамику: учеб. пособие для вузов. – Пермь: ПГТУ, 2005	110
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Турбулентность: подходы и модели / П.Г. Фрик .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2003 .— 291 с.	65
2	Теоретическая физика : учебное пособие для вузов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— Москва : Наука : Физматлит, 1973. Т. 6: Гидродинамика .— 4-е изд., стер .— 1988 .— 733 с. : ил. — Предм. указ.: с. 731-733 .	2
3	Механика жидкости и газа : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский .— 7-е изд., испр .— М. : Дрофа, 2003 .— 840 с. : ил. — Имен. указ.: с. 831-834 .— Предм. указ.: с. 835-840 .— ISBN 5-7107-6327-6 : 228-50.	116
4	Монин А. С., Яглом А. М. Статистическая гидромеханика. Ч. 1. М.: Наука, 1965. – 639 с.	1
5	Монин А. С., Яглом А. М. Статистическая гидромеханика. Ч. 2. М.: Наука, 1967. – 720 с.	1
6	Турбулентность. Принципы и применения / под. ред. У. Фроста, Т. Моулдена. М.: Мир, 1980. – 536 с.	1
2.2 Периодические издания		
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		

Основные данные об обеспеченности на 8 мая 2015 г.

(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

 Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.2 Компьютерные обучающие и контролирующие программы

Не используются

8.3 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.3 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-,видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСП	316, 317, 318 к.В	51×3	40×3

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование не используется.

Лист регистрации изменений

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



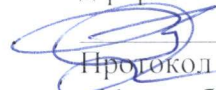
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет Прикладной математики и механики
Кафедра «Математическое моделирование систем и процессов»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Математическое
моделирование систем и процессов
д-р физ.-мат. наук, проф.

 П.В. Трусов
Протокол заседания кафедры № 5
«11» ноября 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория турбулентности»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(новая редакция)**

Программа академического бакалавриата

Направление 01.03.02. Прикладная математика и информатика

Профиль программы бакалавриата Математическое моделирование

Квалификация выпускника: Бакалавр
Математическое моделирование систем
Выпускающая кафедра: и процессов

Форма обучения: Очная

Курс: 4 **Семестр(-ы):** 7

Трудоёмкость:
Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Виды контроля: Диф.зачет - 7 семестр

Пермь 2016

Учебно-методический комплекс дисциплины «Теория турбулентности» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015 г. № 228 по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», утверждённых «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование», утверждённой «28» апреля 2016 года.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин: Уравнения математической физики. Прикладные пакеты программ в механике жидкости и газа. Численные методы в газовой динамике. Тензорный анализ. Механика сплошных сред. Теория определяющих соотношений. Численные методы 2. Основы математического моделирования физико-механических процессов. Теория динамических систем; практик: Учебная практика (Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков в научно-исследовательской деятельности). Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности). Преддипломная практика, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д-р физ.-мат. наук



Р.А. Степанов

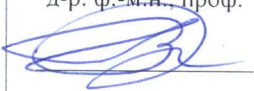
Рецензент

д-р физ.-мат. наук, проф.



П.В. Трусков

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1	В связи с переходом на ФГОС ВО заменены листы с 1 по <u>17</u> (новая редакция)	Протокол № 5 заседания кафедры ММСП от 11 ноября 2016 г. Зав.каф. ММСП, д-р. ф.-м.н., проф.  П.В.Трусов
2		
3		
4		

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины: – привитие умений и навыков корректной формулировки или выбора уравнений при построении математических моделей описания развитых турбулентных течений.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

- владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач (ПСК-2);
- знания и опыт в решении задач механики сплошных сред (ПСК-3).

1.2. Задачи учебной дисциплины

• формирование знаний

- свободное владение основными понятиями и аппаратом теории турбулентности;
- знание основных уравнений, методов и моделей теории турбулентности, областей их применимости;

• формирование умений

- умение выбора уравнений при построении математических моделей реальных гидродинамических систем и процессов;

• формирование навыков

- навыки модификации существующих и построения новых моделей для описания поведения гидродинамических систем и процессов.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- феноменологическое описание явления турбулентности и стадий ее развития
- кинематическое описание распространения нелинейных волн в турбулентных течениях;
- эталонные уравнения распространения волн в нелинейных турбулентных средах с дисперсией и диссипацией;
- методы решения линейных волновых уравнений в неоднородных средах,
- анализ устойчивости течений методом возмущений
- методы решения нелинейных волновых уравнений;
- модель одномерной турбулентности в уравнении Бюргерса;
- турбулентных каскад энергии нелинейных волн;
- методы описания развитой турбулентности.

1.4. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория турбулентности» относится к вариативной части блока I «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студентов при освоении ОПОП по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Профильно-специализированные компетенции			
ПСК-2	Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач	Б1.Б.24 Уравнения математической физики. Б1.В.11 Численные методы 2 Б2.В.02 Учебная практика (Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков в научно-исследовательской деятельности) Б2.В.03 Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)	Б1.В.10 Теория определяющих соотношений, Б1.В.12 Основы математического моделирования физико-механических процессов, Б1.ДВ.07.1 Прикладные пакеты программ в механике жидкости и газа, Б1.ДВ.07.2 Численные методы в газовой динамике, Б2. В.04 Преддипломная практика
ПСК-3	Знания и опыт в решении задач механики сплошных сред	Б1.В.03 Тензорный анализ, Б1.В.07 Механика сплошных сред	Б1.В.10 Теория определяющих соотношений,

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПСК-2 и ПСК-3.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПСК-2

Код	Формулировка компетенции
ПСК-2	Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
Б1.ДВ.10.1 ПСК-2	Готовность применять современное программное обеспечение для моделирования гидродинамических систем

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: основной аппарат теории турбулентности и подходы к построению моделей для описания поведения различных гидродинамических систем	лекции (с применением мультимедиа-технологий), СРС	текущий контроль в форме опроса, письменная работа в форме контрольной работы, зачет
Уметь: применять аппарат теории турбулентности при выборе и модифицировании уравнений для моделирования различных гидродинамических систем	практические занятия, СРС	текущий контроль в форме опроса, рубежный контроль в форме контрольной работы, зачет
Владеть: навыками использования теории турбулентности для построения замкнутых математических моделей гидродинамических систем	практические занятия, СРС	письменная работа в форме контрольной работы, выступление на семинаре, зачет

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПСК-3

Код	Формулировка компетенции
ПСК-3	Знания и опыт в решении задач механики сплошных сред

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
Б1.ДВ.10.1 ПСК-3	Знания и опыт в использовании уравнений при описании реальных процессов механики жидкости и газа

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: основные уравнения для описания поведения жидкостей и газов	лекции (с применением мультимедиа-технологий), СРС	текущий контроль в форме опроса, письменная работа в форме контрольной работы, зачет
Уметь: анализировать и выбирать уравнения для постановок краевых задач механики жидкости и газа	практические занятия, СРС	текущий контроль в форме опроса, рубежный контроль в форме контрольной работы, зачет
Владеть: навыками использования уравнений жидкостей и газов при описании реальных процессов	практические занятия, СРС	письменная работа в форме контрольной работы, выступление на семинаре, зачет

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п. п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		по семестрам	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	72	72
	- в том числе в интерактивной форме	14	14
	- лекции (Л)	32	32
	- в том числе в интерактивной форме	10	10
	- практические занятия (ПЗ)	36	36
	- в том числе в интерактивной форме	4	4
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
	- изучение теоретического материала, работа с литературой (ИТМ)	36	36
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ)	36	36
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине:	Диф. зачет	Диф. зачет
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	144	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4	4

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Тематический план по модулям учебной дисциплины										
Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дис- цип- лины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч/ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Итого- вый контро- ль	самост- оятель- ная работа	
			всего	Л	ПЗ (С)	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7		9	10	11
1	1	1	1	1					ПАЗ-1, ИТМ-2	4
		2	1	1					ПАЗ-1, ИТМ-2	4
		3	1	1					ПАЗ-2, ИТМ-2	5
		4	6	2	4				ПАЗ-2, ИТМ-2	10
		5	5	1	4				ПАЗ-2, ИТМ-2	9
							1			
	Всего по модулю:		14	6	8		1		18	33/0,9
2	2	6	7	2	5				ПАЗ-1, ИТМ-2	10
		7	6	1	5				ПАЗ-2, ИТМ-2	10
		8	2	2					ПАЗ-2, ИТМ-2	6
		9	1	1					ПАЗ-2, ИТМ-2	5
		10	2	2					ПАЗ-2, ИТМ-2	6
		11	1	1					ПАЗ-2, ИТМ-4	7
		12	1	1					ПАЗ-2, ИТМ-4	7
							1			
	Всего по модулю:		20	10	10		1		31	52/1,5
3	3	13	10	2	8				ПАЗ-1, ИТМ-1	12
		14	2	2					ПАЗ-2, ИТМ-1	5
		15	2	2					ПАЗ-2, ИТМ-2	6
		16	2	2					ПАЗ-2, ИТМ-2	6
							1			
	Всего по модулю:		16	8	8		1		13	30/0,8
4	4	17	13	3	10			ПАЗ-2,	17	

								ИТМ-2	
		18	3	3				ПАЗ-2	5
		19	2	2				ПАЗ-4	6
						1			
	Всего по модулю:	18	8	10		1		10	29/0,8
Промежуточная аттестация									
Итого:		68	32	36		4		72	144/4

4.2. Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Основы.

Модуль 1.

Л – 6 час, ПЗ – 8 час, СРС – 18 час, КСР – 1 (всего 33 час.).

Тема 1. Явление турбулентности и стадии ее развития.

Тема 2. Феноменологическое описание турбулентности.

Тема 3. Спектральное представление волновых процессов в турбулентных течениях.

Тема 4. Скейленговые свойства развитой турбулентности.

Тема 5. Устойчивость течений.

Раздел 2. Нелинейные волны в турбулентных течениях.

Модуль 2.

Л – 10 час, ПЗ – 10 час, СРС – 31 час, КСР – 1 (всего 52 час.).

Тема 6. Кинематика. Стандартные модели волновых процессов.

Тема 7. Эвристический подход к описанию волновых процессов в турбулентных течениях

Тема 8. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде без диссипации и дисперсии

Тема 9. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с диссипацией.

Тема 10. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией в области высоких частот

Тема 11. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией в области низких частот

Тема 12. Эталонные уравнения нелинейных волн в среде с дисперсией и диссипацией

Раздел 3. Подходы и методы решений волновых уравнений турбулентности.

Модуль 3.

Л – 8 час, ПЗ – 8 час, СРС – 13 час, КСР – 1 (всего 30 час.).

Тема 13. Математический аппарат: преобразование Фурье, функция Грина и дельта-функция.

Тема 14. Решение уравнения простой волны в линейной неоднородной среде.

Тема 15. Решение уравнения синус-Гордона, уравнения Кортевега-де-Вриза, уравнения Бюргерса.

Тема 16. Солитонные решения волновых уравнений.

Раздел 4. Спектральный анализ турбулентных течений.

Модуль 4.

Л – 8 час, ПЗ – 10 час, СРС – 10 час, КСР – 1 (всего 29 час.).

Тема 17. Анализ устойчивости течений методом возмущений;.

Тема 18. Модель одномерной турбулентности в уравнении Бюргерса.

Тема 19. Методы описания развитой турбулентности.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.3 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	4	Задачи на построение различных скейлингов турбулентных течений
2.	5	Задачи на линеаризацию уравнений движения жидкости и газа с последующим анализом их устойчивости
3.	6	Графическая визуализация стандартных моделей волновых
4.	7	Задачи на вывод эталонных уравнений с модифицированной нелинейностью до третьего порядка
5.	13	Задачи на построение энергетических спектров турбулентных течений
6.	17	Задачи на анализ изменения спектрального состава турбулентных течений в нелинейных средах с дисперсией и дисперсией

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
2	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
3	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
4	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
5	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
6	Подготовка к аудиторным занятиям	1

	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
7	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
8	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
9	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
10	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
11	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	4
12	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	4
13	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Самостоятельное изучение теоретического материала	1
14	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	1
15	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
16	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
17	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Самостоятельное изучение теоретического материала	2
18	Подготовка к аудиторным занятиям	2
19	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Итого: в ч / в ЗЕ	72/2

4.5.1. Подготовка к аудиторным занятиям

1. При подготовке к лекциям и практическим занятиям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий; усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).

2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно

3. Решение задач в рамках подготовки к практическим занятиям.

4. Подготовка к рубежным контрольным работам по модулям.

4.5.2. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения теоретического материала зависят от тематики НИРС бакалавра и формулируются индивидуально

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих традиционных видов образовательных технологий и форм организации учебного процесса:

- лекция,
- практическое занятие,
- самостоятельная работа,
- консультация,

также внедрены новые современные технологии и формы организаций учебного процесса:

- проблемное изложение лекций,
- использование мультимедиа-технологий, электронного учебного пособия,
- рейтинговая система оценки сформированности дисциплинарных компетенций.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1. Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущая аттестация студентов производится лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции («летучка», продолжительность 5-10 мин.).
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

Промежуточный контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании разделов (модулей) в форме письменных контрольных работ.

6.2. Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции для данной дисциплины – отсутствует.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Итоговый контроль уровня освоения компетенции производится в виде зачёта. Зачет (дифференцированный) выставляется на основании рейтингового показателя, аккумулирующего оценку работы студента в течение семестра на лекционных и практических занятиях, оценки выполнения рубежных контрольных работ и оценку за собственно сдачу зачета. При этом на работу в семестре (включая текущие контрольные работы) отводится 60% баллов, на рубежные контрольные работы по модулям – 20% баллов, на собственно зачет (включает в себя два теоретических вопроса и задачу) – 20% баллов.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания к лабораторным работам, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения компонентов и частей компетенций

Таблица 6.4 - Виды контроля освоения компонентов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	ТТ	ПЗ	КР	Диф. зачет
Усвоенные знания				
3.1 знать основной аппарат теории турбулентности и подходы к построению моделей для описания поведения различных гидродинамических систем (ПСК-2)	+		+	+
3.2 знать основные уравнения для	+		+	+

описания поведения жидкостей и газов (ПСК-3)				
Освоенные умения				
У.1 применять аппарат теории турбулентности при выборе и модифицировании уравнений для моделирования различных гидродинамических систем (ПСК-2)		+	+	+
У.2 анализировать и выбирать уравнения для постановок краевых задач механики жидкости и газа (ПСК-3)		+	+	+
Приобретенные владения				
В.1 владеть навыками использования теории турбулентности для построения замкнутых математических моделей гидродинамических систем (ПСК-2)		+	+	+
В.2 владеть навыками использования уравнений жидкостей и газов при описании реальных процессов (ПСК-3)		+	+	+

*ТТ – текущее тестирование (опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции продолжительностью 5-10 мин.);
ПЗ – индивидуальное практическое задание (оценка умений и владений);
КР – рубежная контрольная работа по модулю.

7. График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям (7 семестр)																		Итого ,ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P1			P2						P3				P4					
Лекции	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	32
Практ. занятия	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
Подготовка к занятиям		2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	2	36
Самост. изучение теоретического материала			5	5		6	6	3	3	3			3	2					36
Модуль:	M1			M2						M3				M4					
КСР				1					1				1					1	4
Дисциплин. контроль																			Диф. зачет

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.10.1. Теория турбулентности (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины/блок) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ основная ☒ по выбору студента
01.03.02 (код направления подготовки/ специальности)	Прикладная математика и информатика/Математическое моделирование (полное название направления подготовки/ специальности)
ПМИ/ММ (аббревиатура направления подготовки/ специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр (-ы): <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>18</u>

Степанов Р.А.
 (фамилия, инициалы преподавателя)
 ФПММ
 (факультет)
 ММСП
 (кафедра)

профессор
 (должность)

 т. 237-83-94
 (контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафе- дре; местонахождени- е электронных изданий
1 Основная литература		
1	Матюнин В.П. Механика жидкости и газа. Введение в гидрогазодинамику: учеб. пособие для вузов. – Пермь: ПГТУ, 2005	124+ЭБ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Турбулентность: подходы и модели / П.Г. Фрик. — М. : Ижевск : Ин-т компьют. исслед., 2003. — 291 с.	65
2	Теоретическая физика : учебное пособие для вузов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — Москва : Наука : Физматлит, 1973. Т. 6: Гидродинамика. — 4-е изд., стер. — 1988. — 733 с. : ил. — Предм. указ.: с. 731-733.	1986 – 2 1988 - 3
3	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. - М.: Дрофа, 2003.	2003 – 1/6 1987 - 2
4	Монин А. С., Яглом А. М. Статистическая гидромеханика. Ч. 1. М.: Наука, 1965. – 639 с.	1
5	Монин А. С., Яглом А. М. Статистическая гидромеханика. Ч. 2. М.: Наука, 1967. – 720 с.	1
6	Турбулентность. Принципы и применения / под. ред. У. Фроста, Т. Моулдена. М.: Мир, 1980. – 536 с.	1
2.2 Периодические издания		
	Не требуются	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не требуются	
2.4 Официальные издания		
	Не требуются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014-. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010-. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992. – Режим доступа: Компьютер, сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та.	

свободный	
-----------	--

Основные данные об обеспеченности на «09» ноября 2016 г.

(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

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

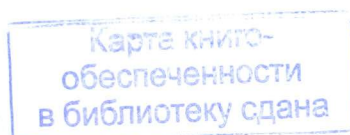
8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер*	Назначение
1	Практическое	Office Professional 2013	62445253	Пакет прикладных программы для работы с различными документами
2	Практическое	Mathematica Professional Version Class A Educational	сет *L3263-7820*	Программное средство для выполнения математических и технических расчетов
3	Практическое	Windows 10	66232645	Операционная система
4	Практическое	Windows Server 2012 R2	61229141	Операционная система

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не используются.



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

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСП	316, 318 к.В	51×2	40×2
2	Компьютерный класс	ММСП	317 к.В	70	10

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	18	Оперативное управление	317

Лист регистрации изменений

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