



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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев

« 06 » 2017г.

**Рабочая программа дисциплины
«Механика жидкости, газа и плазмы»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Научная специальность	01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	Экзамен: 5

Пермь 2017 г

Рабочая программа дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 882 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры КТЭ
Протокол от « 25 » мая 2017г. № 11 .

Зав. кафедрой д.т.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанова Н.М
(Фамилия И.О.)

Разработчик д.т.н., профессор
программы (учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанова Н.М
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.т.н., профессор
программы (учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанов Н.М
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК


(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – изучение основных физических законов статики, кинематики и динамики жидкости; особенностей физического и математического моделирования течений различных жидкостей применительно к профессиональной деятельности.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- Способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-2);

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- о теории конвективного переноса ;

• **формирование умений**

- построения физических и математических моделей течения различных жидкостей;

• **формирование навыков**

- решения краевых задач механики жидкости с использованием численных методов.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- законы сохранения;
- модели жидкостей;
- закономерности движения жидких сред.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.01. «Механика жидкости, газа и плазмы» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные методы дифференциального и интегрального исчислений, применяемые при решении задач механики жидкости и газа;
- физические основы массопереноса;
- элементы математической теории нестационарного массопереноса;
- решение важнейших задач для идеальной, линейно-вязкой (ньютоновской) и неньютоновской жидкостей;
- основные классы задач при движении сжимаемой жидкости

Уметь:

- применять методы дифференциального и интегрального исчислений, при решении задач механики жидкости и газа;
- исследовать различные процессы движения жидкости;
- применять методы решения задач с фазовыми переходами;

Владеть:

- методами математического моделирования;
- методами измерения реологических кривых;
- навыками реализации численных методов на ЭВМ.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
--------------------	--

Код ПК-2 Б1.В.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность применять теорию конвективного теплопереноса и методы математического моделирования при решении краевых задач механики жидкости
-------------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – основные методы дифференциального и интегрального исчисления, применяемые при решении задач механики жидкости и газа; – физические основы теплопереноса; – элементы математической теории нестационарного теплопереноса; – решение важнейших задач для идеальной, линейно-вязкой (ньютоновской) и неньютоновской жидкостей; – основные классы задач при движении сжимаемой жидкости	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – применять методы дифференциального и интегрального исчисления, при решении задач механики жидкости и газа; – исследовать различные процессы движения жидкости; – применять методы решения задач с фазовыми переходами; – формулировать проблемы исследования; – осуществлять постановку задачи; – использовать эффективные методы решения; – анализировать обобщать и интерпретировать полученные результаты	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: – методами математического моделирования; – методами измерения реологических кривых; – навыками реализации численных методов на ЭВМ.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
 Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		4 семестр	5 семестр	итого
1	Аудиторная работа	6	6	12
	В том числе:			
	Лекции (Л)	5		5
	Практические занятия (ПЗ)		6	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1		1
	Самостоятельная работа (СР)	66	30	96
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен		36	36
	Форма итогового контроля:	зачет	экзамен	

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раз- дела дисци- плин ы	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоём кость, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоя тельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1			1			14	15/0,41
	2		1	1			14	16/0,44
	3		1	1			14	16/0,44
	4		1	1			14	16/0,44
	5		1	1			14	16/0,44
	6		1	1			14	16/0,44
Всего по разделу:		12	5	6	1		96	108/3
Промежуточная аттестация						36		
Итого:		12	5	6	1	36	96	144/4

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4,5 семестр)

**Раздел 1.
(Л-5, ПЗ –6 , СР –96)**

Тема 1. Вводные положения. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.

Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

Тема 2. Кинематика сплошных сред. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.

Тема 3. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил.

Тема 4. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

Тема 5. Модели жидких и газообразных сред. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости. Реологические законы нелинейно-вязких жидкостей. Подходы к решению задач течения с учетом реологических особенностей среды. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в каналах. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Свободная и вынужденная конвекция.

Тема 6. Теория пограничного слоя. Турбулентность. Ламинарный пограничный слой. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Кинематика сплошной среды	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Динамика и термодинамика в механике жидкости	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

3	3	Реологические модели жидких сред	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
---	---	----------------------------------	---------------------------------------	---

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий				
№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий
4	4	Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
5	5	Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

		Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей..		
6	6	Ламинарный пограничный слой. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.01 «Механика жидкости, газа и плазмы» <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	БЛОК 1 <i>(цикл дисциплины/блок)</i>								
	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору аспиранта</td> </tr> </table>		базовая часть цикла	x	обязательная	x	вариативная часть цикла		по выбору аспиранта
	базовая часть цикла	x	обязательная						
x	вариативная часть цикла		по выбору аспиранта						
01.06.01/ 01.02.05 <i>код направления / шифр научной специальности</i>	Математика и механика / Механика жидкости, газа и плазмы <i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>								
2017 <i>(год утверждения учебного плана)</i>	Семестр(-ы): 4,5 Количество аспирантов: 1								

Электротехнический факультет
 Кафедра «Конструирование и технологии в электротехнике»

тел. 8(342)239-18-51; ktei@pstu.ru
 (контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Дрофа, 2003.	112
2	Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000	17
3	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.	5
4	Гидродинамика : пер. с англ. / Г. Ламб ; Пер. А. В. Гермогенова, В. А. Кудрявцева; Под ред. Н. А. Слезкина. — Москва ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2003.	2
5	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986	2
6	Аналитические методы механики сплошной среды : учебное пособие для вузов / В.В. Селиванов, В.С. Зарубин, В.Н. Ионов. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. — 383 с. : ил. — Библиогр.: с. 381-382.	3
7	Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. – М.: МЭИ, 2000 – 374с	5
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Математические модели механики и электродинамики сплошной среды / В. С. Зарубин, Г. Н. Кувыркин ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. — 511 с.,	3
2	Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. I. - М.: Наука, 1985. – 464с	
3	Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. – М.: МЭИ, 2000 – 374с	
4	Вычислительная механика сплошных сред / В. Н. Кукуджанов ; Российская академия наук; Институт проблем механики. — М. : Физматлит, 2008. — 320 с. : ил. — (Механика и ее приложения в технике и технологии). — Библиогр.: с. 317-320.	5
2.2 Периодические издания		
1	Вычислительная механика сплошных сред	http://www2.icmm.ru/journal/
2	Вестник ПНИПУ. Механика	http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/
3	Журнал «Инженерно-физический журнал» 2005-2011 гг.	
4	Журнал «Прикладная механика и техническая физика» (2004-2009 гг.).	
2.3 Нормативно-технические издания		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	не предусмотрено	
2.4 Официальные издания		
	не предусмотрено	

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8.3.1.1. Информационные справочные системы

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Delphi 2007 for Win32 Enterprise	РО-398ESD	Решение системы линейных алгебраических уравнений
2	Практическое	Ansys CFX PrePost	Лиц. Дог. №444632	Решение задач численными методами

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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

9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	202	54	17
2	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	307	54	20
3	Лаборатория пластмасс	Кафедра КТЭ	302	36	10

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	17	Оперативное управление	202, корп. А
2	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	20	Оперативное управление	307, корп. А

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» (ПНИПУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям
В.Н. Коротаев
« 06 » 2017г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Механика жидкости, газа и плазмы»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Научная специальность	01.02.05 механика жидкости, газа и плазмы
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	Экзамен 5

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 882 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума по научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры КТЭ

Протокол от «25» мая 2017г. № 11.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанова Н.М.
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.т.н., профессор
программы (учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанова Н.М.
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации


(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

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

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.01. «Механика жидкости, газа и плазмы» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ПК-2. способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия, в 5 семестре - практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	5 семестр
	Текущий, зачёт	Текущий, экзамен
Усвоенные знания		
3.1 – основные методы дифференциального и интегрального исчислений, применяемые при решении задач механики жидкости и газа;	С	ТВ
3.2 физические основы массопереноса; элементы математической теории нестационарного массопереноса;	С	ТВ
3.3 решение важнейших задач для идеальной, линейно-вязкой (ньютоновской) и неньютоновской жидкостей; основные классы задач при движении сжимаемой жидкости	С	ТВ
Освоенные умения		
У.1 применять методы дифференциального и интегрального исчислений, при решении задач механики жидкости и газа;	ОТЗ	ТЗ
У.2 исследовать различные процессы движения жидкости;	ОТЗ	ТЗ
У.3 применять методы решения задач с фазовыми переходами	ОТЗ	ТЗ
У.4	ОТЗ	ТЗ
У.5	ОТЗ	ТЗ
Приобретенные владения		
В.1 методами математического моделирования;	ОТЗ	ПЗ

В.2 методами измерения реологических кривых;	ОТЗ	ПЗ
В.3 навыками реализации численных методов на ЭВМ.	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (3 семестр), проводимая с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4семестр) и экзамена (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете и кандидатском экзамене:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.

Оценка	Критерии оценивания
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
	При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

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

4.1 Типовые творческие задания:

1. Разработать математическую модель течения вязкого полимера в канале экструдера.
2. Сделать постановку задачи течения и теплообмена в плоском канале для адиабатических граничных условий.
3. Определить влияние диссипативного источника тепла на параметры течения вязкой жидкости (течение в трубе).

4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
3. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.

4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Решить задачу о течении Пуазейля в трубе.
2. Решить задачу о неизотермическом течении жидкости в плоском канале.
3. Сделать постановку задачи о тепло-массопереносе для нелинейновязкой жидкости в цилиндрическом зазоре.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «КТЭ».

Примерные вопросы к зачету по дисциплине

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
2. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
4. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
5. Определения и свойства кинематических характеристик движения. Кинематические свойства вихрей.
6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.

7. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
8. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.
9. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
10. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.
11. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла.
12. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы.
13. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии.
14. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера.
15. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
16. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа.
17. Явление кавитации. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
18. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
19. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении.
20. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
21. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях.
22. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела.
23. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока.
24. Теория пограничного слоя. Турбулентность.
25. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре.
26. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя.
27. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
28. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности.
29. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
30. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска.

31. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
32. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений.
33. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Приложение 1
Пример типовой формы билета для зачета



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

Направление
01.06.01 Математика и механика
Программа
Технологическая механика полимерных
жидкостей
Кафедра
Конструирование и технологии в
электротехнике

Дисциплина
«Численные методы в механике жидкости»

БИЛЕТ № 1

1. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
2. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы
3. Задача о течении Пуазейля в коаксиальном зазоре.

Составитель _____
(подпись)

Фамилия И.О.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« _____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

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