

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор передовой инженерной  
школы радиолокации,  
радионавигации и программной  
инженерии**

**М.А. Кудров**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>по дисциплине:</b>      | Математические основы флюидодинамики           |
| <b>по направлению:</b>     | Прикладные математика и физика                 |
| <b>профиль подготовки:</b> | Авиационные технологии                         |
|                            | Физтех-школа авиационных и цифровых технологий |
|                            | кафедра фундаментальных основ газового дела    |
| <b>курс:</b>               | 1  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 150 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 90 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Е.В. Войтенков

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных основ газового дела 28.02.2025

## Аннотация

Дисциплина «Математические основы флюидодинамики» представляет собой комплексный курс, который включает в себя изучение теоретических и физико-химических основ динамики пластовых флюидов. Курс предназначен для магистрантов, которые заинтересованы в получении глубоких знаний в области нефтегазовой индустрии и гидродинамических процессов в пористых средах.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование у магистрантов глубоких знаний и практических навыков в области математических основ динамики пластовых флюидов. Кроме того, курс направлен на развитие у магистрантов способности к анализу и решению сложных задач, связанных с газо- и гидродинамикой в пористых средах.

#### Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ газо- и гидродинамики;
- изучение физико-химических основ гидродинамики пористых сред;
- овладение навыками анализа и решения задач, связанных с динамикой пластовых флюидов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции  |
|---|--|
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук  | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук                              |
|   | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности  |
|   | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности                         |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности |
|   | ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели                  |
|   | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты             |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию   | ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива  |
|   | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях                         |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области                             | ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)  |
|   | ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)                                   |
|   | ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов  |

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- знать основы геологии и методы разработки месторождений нефти и газа.

уметь:

- уметь анализировать и оценивать результаты моделирования процессов динамики пластовых флюидов.

владеть:

- владеть теоретическими знаниями в области газо- и гидродинамики;
- иметь практические навыки решения задач, связанных с динамикой пластовых флюидов; - уметь анализировать и оценивать результаты моделирования процессов динамики пластовых флюидов.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| №                     | Тема (раздел) дисциплины   | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. |          |                 |                |
|-----------------------|--|---|----------|-----------------|----------------|
|                       |  | Лекции  | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1                     | Основные понятия газо- и гидродинамики                           | 6   | 9        |                 | 5              |
| 2                     | Уравнения Навье-Стокса и их применение                           | 6   | 9        |                 | 5              |
| 3                     | Гидродинамические явления в пористых средах                      | 6   | 9        |                 | 5              |
| 4                     | Моделирование процессов газо- и гидродинамики                    | 6   | 9        |                 |                |
| 5                     | Применение методов математической физики в газо- и гидродинамике | 6   | 9        |                 |                |
| 6                     | Физико-химическая гидродинамика пористых сред                    | 6   | 9        |                 | 6              |
| 7                     | Физико-химические процессы в пористых средах                     | 6   | 9        |                 | 6              |
| 8                     | Моделирование физико-химических процессов в пористых средах      | 6   | 9        |                 | 6              |
| 9                     | Многокомпонентные системы в пористых средах                      | 6   | 9        |                 | 6              |
| 10                    | Транспорт массы в пористых средах                                | 6   | 9        |                 | 6              |
| Итого часов           |  | 60  | 90       |                 | 45             |
| Подготовка к экзамену |  | 30 час.   |          |                 |                |
| Общая трудоёмкость    |  | 225 час., 5 зач.ед.   |          |                 |                |

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Основные понятия газо- и гидродинамики

Физические свойства пластовых флюидов. Основные законы газо- и гидродинамики.

## 2. Уравнения Навье-Стокса и их применение

Производные уравнения Навье-Стокса. Решение уравнений Навье-Стокса.

## 3. Гидродинамические явления в пористых средах

Пористость и проницаемость породы. Фильтрация жидкости в пористых средах.

## 4. Моделирование процессов газо- и гидродинамики

Моделирование движения жидкости в пористых средах. Моделирование движения газа в пористых средах.

## 5. Применение методов математической физики в газо- и гидродинамике

Метод конечных элементов. Метод конечных разностей.

Семестр: 2 (Весенний)

## 6. Физико-химическая гидродинамика пористых сред

Основные понятия физико-химической гидродинамики. Физико-химические свойства пластовых флюидов. Процессы массопереноса в пористых средах.

## 7. Физико-химические процессы в пористых средах

Ионный обмен в пористых средах. Растворение и выщелачивание породы.

## 8. Моделирование физико-химических процессов в пористых средах

Моделирование ионного обмена в пористых средах. Моделирование растворения и выщелачивания породы.

## 9. Многокомпонентные системы в пористых средах

Многокомпонентные системы газов и жидкостей. Взаимодействие компонентов в пористых средах.

## 10. Транспорт массы в пористых средах

Массоперенос в пористых средах. Массоперенос при фильтрации жидкости в пористых средах.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

Компьютерный класс с установленным программным обеспечением Pipesim, HYSYS и ANSYS CFX.

Мультимедийный проектор и экран для проведения лекционных занятий.

Лабораторное оборудование для проведения практических занятий по технологиям переработки газа и компрессии газа.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Нефтегазовое дело. Полный курс [Текст] : 150-летию мировой нефтедобычи посвящается / В. В. Тетельмин, В. А. Язев - Долгопрудный: Интеллект, 2009
2. Нефтепереработка и нефтехимия [Текст]. Вып. 3 : Автоматизированное оптимальное проектирование производств нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, сб. трудов/гл. ред. В. В. Федоров, -М., Нефтехим, 1973

### Дополнительная литература

1. Нефтепереработка и нефтехимия [Текст]. Вып. 3 : Автоматизированное оптимальное проектирование производств нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, сб. трудов/гл. ред. В. В. Федоров, -М., Нефтехим, 1973

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.machinelearning.ru> – профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных.
2. <http://shad.yandex.ru> – сайт школы анализа данных Яндекса.
3. [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%28%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81\\_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9%2C\\_%D0%9A.%D0%92.%D0%92%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%29](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%9A.%D0%92.%D0%92%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%29)

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся предполагается использование таких программных средств, как WEKA, IPython Notebook и др.

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- подготовку к практическим занятиям, выполнение домашних теоретических и практических заданий;
- подготовку к дифференцированному зачету и экзамену.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>по направлению:</b>     | Прикладные математика и физика  |
| <b>профиль подготовки:</b> | Авиационные технологии<br>Физтех-школа авиационных и цифровых технологий<br>кафедра фундаментальных основ газового дела |
| <b>курс:</b>               | <u>1</u>  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр   |

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Е.В. Войтенков

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции  |
|---|--|
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук  | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук                              |
|   | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности  |
|   | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности                         |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности |
|   | ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели                  |
|   | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты             |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию   | ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива  |
|   | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях                         |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области                             | ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)  |
|   | ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)                                   |
|   | ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов  |

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математические основы флюидодинамики» обучающийся должен:

### знать:

- знать основы геологии и методы разработки месторождений нефти и газа.

### уметь:

- уметь анализировать и оценивать результаты моделирования процессов динамики пластовых флюидов.

### владеть:

- владеть теоретическими знаниями в области газо- и гидродинамики;
- иметь практические навыки решения задач, связанных с динамикой пластовых флюидов; - уметь анализировать и оценивать результаты моделирования процессов динамики пластовых флюидов.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Какие этапы включает геологоразведка нефтегазовых месторождений.
2. Какие технологии используются при добыче нефти.
3. Какие технологии используются при добыче газа.
4. Какие экономические и юридические аспекты важны для нефтегазовой отрасли.
5. Что такое нефтегазовая промышленность и как она влияет на мировую экономику.
6. Какие технологии используются при транспортировке нефти и газа.
7. Какие последствия может иметь нефтегазовая промышленность для окружающей среды и здоровья людей.
8. Основные понятия физико-химической гидродинамики.
9. Физико-химические свойства пластовых флюидов.
10. Процессы массопереноса в пористых средах.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Производные уравнения Навье-Стокса.
2. Решение уравнений Навье-Стокса.
3. Пористость и проницаемость породы.
4. Фильтрация жидкости в пористых средах.
5. Какие этапы включает геологоразведка нефтегазовых месторождений.
6. Какие технологии используются при добыче нефти и газа.
7. Какие экономические и юридические аспекты важны для нефтегазовой отрасли.
8. Что такое нефтегазовая промышленность и как она влияет на мировую экономику.
9. Какие технологии используются при транспортировке нефти и газа.
10. Какие последствия может иметь нефтегазовая промышленность для окружающей среды и здоровья людей.

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

1. Химический состав природного газа и его свойства.
2. Технологии переработки газа.
3. Технологии компрессии газа.
4. Процессы сбора газа и газового конденсата.
5. Основы моделирования процессов сбора газа.
6. Основы моделирования процессов подготовки нефти.
7. Основы моделирования процессов подготовки газа.
8. Технологии повышения эффективности сбора газа.
9. Технологии повышения эффективности сбора газового конденсата.
10. Моделирование ионного обмена в пористых средах.
11. Моделирование растворения и выщелачивания породы.

Билет 1

1. Химический состав природного газа и его свойства.
2. Какие программы используются для моделирования процессов сбора газа и подготовки нефти и газа.

Билет 2

1. Процессы сбора газа и газового конденсата.
2. Какие экономические и юридические аспекты важны для нефтегазовой отрасли.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачета и экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций. Дифференцированный зачет и экзамен может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.