

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 30.10.2023 12:04:30  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

*ФТД.В.ДВ.01.02 Явление переноса*

часть, формируемая участниками образовательных отношений

Специальность

**21.05.05**

*Физические процессы горного или нефтегазового производства*

код

наименование специальности

Программа

*специализация N 2 "Физические процессы нефтегазового производства"*

Форма обучения

**Заочная**

Для поступивших на обучение в  
**2023 г.**

Разработчик (составитель)

*к.ф.-м.н, доцент*

*Зеленова М. А.*

ученая степень, должность, ФИО

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....</b> | <b>4</b>  |
| <b>4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....</b>  | <b>4</b>  |
| 4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....  | 4         |
| 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам) .....   | 5         |
| <b>5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>  | <b>9</b>  |
| 6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)  | 9         |
| 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....   | 10        |
| 6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства .....  | 11        |
| <b>7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....</b>  | <b>11</b> |

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

| <b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>   | <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>   | <b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>   |
|---|---|---|
| ПК-5. Способен разрабатывать текущие и перспективные программы по оценке ресурсов, подсчету и пересчету запасов | ПК-5.1. Применяет технологии проведения, обработки и интерпретации геолого-геофизических работ в профессиональной деятельности.                                 | Обучающийся должен знать: фундаментальные физические законы, методы и способы моделирования и исследования явлений переноса   |
|   | ПК-5.2. Подготавливает материалы, используемые при разработке программ геологоразведочных работ по подсчету запасов и управлению запасами.                      | Обучающийся должен уметь: создавать новые модели явлений переноса, проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в фундаментальных областях физики |
|   | ПК-5.3. Осуществляет разработки перспективных программ геологоразведочных работ с целью уточнения запасов углеводородов на территории деятельности организации. | Обучающийся должен владеть: навыками анализа и моделирования явлений переноса   |

**2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Цели изучения дисциплины:

дать студентам глубокие и прочные знания основных термодинамических и статистических закономерностей явлений переноса, а также научить применять эти знания к прикладным задачам. Обратить внимание на различие методов, которые характерны для термодинамических и статистических подходов при решении возникающих проблем.

Задачи дисциплины:

Изучив данный курс, студент должен знать основные понятия и фундаментальные законы термодинамики и статистической физики в приложении к явлениям переноса, овладеть методами постановки и решения задач, уметь проводить численные расчеты коэффициентов переноса, ознакомиться с методами исследований явления переноса.

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Физика, Химия, Математика. Компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплины потребуются при выполнении ВКР.

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9, 10 семестрах

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 72 acad. ч.

| Объем дисциплины   | Всего часов            |
|--|------------------------|
|  | Заочная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины                            | 72                     |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:     |                        |
| лекций   | 4                      |
| практических (семинарских)                               | 6                      |
| другие формы контактной работы (ФКР)                     | 0,2                    |
| Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):     | 3,8                    |
| зачет  |                        |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР) | 58                     |

| Формы контроля | Семестры |
|----------------|----------|
| зачет          | 10       |

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

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

| № п/п    | Наименование раздела / темы дисциплины                           | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) |          |          |           | СР |
|----------|--|---|----------|----------|-----------|----|
|          |  | Контактная работа с преподавателем  |          |          |           |    |
|          |  | Лек   | Пр/Сем   | Лаб      |           |    |
| <b>1</b> | <b>Темы дисциплины</b>   | <b>4</b>  | <b>6</b> | <b>0</b> | <b>58</b> |    |
| 1.1      | Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии | 0   | 0        | 0        | 8         |    |
| 1.2      | Феноменологические модели переноса в покоящихся средах           | 2   | 0        | 0        | 10        |    |
| 1.3      | Теплопроводность и диффузия в движущихся средах                  | 2   | 2        | 0        | 14        |    |
| 1.4      | Гидродинамика, ламинарные течения                                | 0   | 2        | 0        | 8         |    |
| 1.5      | Турбулентность, пограничные слои                                 | 0   | 0        | 0        | 10        |    |
| 1.6      | Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах                  | 0   | 2        | 0        | 8         |    |

|  |              |          |          |          |           |
|--|--------------|----------|----------|----------|-----------|
|  | <b>Итого</b> | <b>4</b> | <b>6</b> | <b>0</b> | <b>58</b> |
|--|--------------|----------|----------|----------|-----------|

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

Курс лекционных занятий

| №        | Наименование раздела / темы дисциплины                 | Содержание  |
|----------|--|---|
| <b>1</b> | <b>Темы дисциплины</b>                                 |   |
| 1.2      | Феноменологические модели переноса в покоящихся средах | Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потoki и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика. Объемная плотность источников поля. Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий. Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела. Численное решение уравнения теплопроводности методом сеток. Переход от дифференциальных уравнений в частных производных к конечно-разностным формулам. Согласование размера сетки и шага по времени для явных разностных схем, устойчивость и точность численного решения. Решение стационарных задач методом установления. Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной декартовой системы координат в виде рядов: метод разделения переменных (метод Коши). Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоник от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости |
| 1.3      | Теплопроводность и диффузия в движущихся средах        | Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа. Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера. Аналитическое решение простейших задач с конвективным членом. Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.   |

Курс практических/семинарских занятий

| №        | Наименование раздела / темы дисциплины | Содержание                                       |
|----------|--|--|
| <b>1</b> | <b>Темы дисциплины</b>                 |  |
| 1.3      | Теплопроводность и                     | Математическое моделирование температурных полей |

|     |   |   |
|-----|---|---|
|     | диффузия в движущихся средах                    | потока жидкости в трубах заданного сечения. Сравнение полученных результатов с известными моделями  |
| 1.4 | Гидродинамика, ламинарные течения               | Математическое и численное исследование ламинарного профиля скорости течения жидкости и оценка критического значения критерия Рейнольдса. |
| 1.6 | Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах | Расчетным путем оценить диффузионное торможение модельной каталитической реакции  |

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Качество и глубина освоения материала по изучаемой дисциплине неразрывно связаны с четкой организацией и эффективностью самостоятельной работы студентов (СРС). Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) подготовка к лекциям и практическим занятиям;
- 2) самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- 4) подготовка к промежуточному и итоговому контролю знаний.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется ведение конспекта и глоссария, чтение и анализ лекционного материала. В период подготовки к лекционным занятиям главное – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Предполагается, что, прослушав лекцию, студент ознакомится с рекомендованной литературой из основного списка, затем обратится к источникам, указанным в библиографических списках изученных книг, осуществит поиск и критическую оценку материала в сети. Рекомендуется разобрать примеры составления математических программ и способы работы с инструментами.

По представленной дисциплине самостоятельная работа обучаемых предполагает выработку навыков практической работы по темам (в скобках указано выделенное количество часов):

| № п/п | Наименование раздела /темы дисциплины                            | Содержание   | трудоёмкость (в часах) |
|-------|--|--|------------------------|
| 1     | Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии | Трактовка законов термодинамики с позиций статистической физики. Времена релаксации основных переходных процессов: установление локального распределения Максвелла; выравнивание давлений, температур, концентраций. Иерархия процессов перехода к состоянию термодинамического равновесия, роль и место процессов переноса в общей физической картине.  | 8                      |
| 2     | Феноменологические модели переноса в покоящихся средах           | Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потoki и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика. Объемная плотность источников поля. Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий. Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела. Численное решение уравнения теплопроводности методом сеток. Переход от дифференциальных уравнений в частных производных к конечно-разностным формулам. Согласование размера сетки и шага по времени для явных разностных схем, устойчивость и точность численного решения. Решение стационарных задач методом установления. Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной | 10                     |

|   |   |  |    |
|---|---|--|----|
|   |   | декартовой системы координат в виде рядов: метод разделения переменных (метод Коши). Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоника от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости.   |    |
| 3 | Теплопроводность и диффузия в движущихся средах | <p>Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа.</p> <p>Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера.</p> <p>Аналитическое решение простейших задач с конвективным членом.</p> <p>Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.</p>  | 14 |
| 4 | Гидродинамика, ламинарные течения               | <p>Перенос массы: вывод уравнения неразрывности.</p> <p>Перенос импульса: вязкие напряжения, объемные силы, вывод уравнения движения.</p> <p>Перенос энергии: вывод уравнения конвективного теплопереноса.</p> <p>Система уравнений гидродинамики в представлении Эйлера и Лагранжа.</p> <p>Подобие гидродинамических течений, критерии Рейнольдса, Прандтля, Нусельта.</p> <p>Частные случаи гидродинамических течений: несжимаемая жидкость, изотермическое течение, идеальная жидкость. Постановка краевых условий.</p> <p>Аналитические решения для простейших ламинарных течений: течение жидкости по трубе, течение жидкости между вращающимися дисками.</p> <p>Разностные схемы для численного решения задач гидродинамики. Сходимость и устойчивость разностной схемы.</p> | 8  |



|              |   |   |           |
|--------------|---|---|-----------|
| 5            | Турбулентность, пограничные слои                | Анализ устойчивости ламинарного течения жидкости в узкой щели.<br>Возникновение конвективных ячеек, турбулентность.<br>Напряжения Рейнольдса.<br>Скоростной (вязкий) и температурный пограничные слои.<br>Простейшие модели пограничных слоев.<br>Эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи. | 10        |
| 6            | Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах | Взаимовлияние движущих сил процессов переноса, термодиффузия.<br>Диффузионное торможение химических реакций.<br>Численное моделирование процессов массообмена в двухфазных средах   | 8         |
| <b>ИТОГО</b> |   |   | <b>58</b> |

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### Основная учебная литература:

1. Дмитриев, Е. А. Явления переноса массы в примерах и задачах : учебное пособие / Е. А. Дмитриев. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 104 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428677> (дата обращения: 09.06.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-4780-6. – DOI 10.23681/428677. – Текст : электронный.
2. Лапшин, В. Ф. Явления переноса : учебное пособие / В. Ф. Лапшин, В. М. Уваров, В. Ю. Флоринский. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019. — 33 с. — ISBN 978-5-7641-1330-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153589> (дата обращения: 09.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная учебная литература:

1. Дмитриев, Е.А. Явления переноса массы в примерах и задачах: учебное пособие / Е.А. Дмитриев. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. 104 с.: ил., табл. Библиогр. в кн. ISBN 978-5-4475-4780-6  
То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428677> (09.06.2023)
2. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах : учебное пособие / составители А. К. Есман [и др.]. — Минск : БНТУ, 2022. — 52 с. — ISBN 978-985-

583-750-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/325742> (дата обращения: 09.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № п/п | Наименование документа с указанием реквизитов  |
|-------|--|
| 1     | Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» № 3/22-эбс от 05.07.2022   |
| 2     | Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/22-эбс от 04.03.2022 |
| 3     | Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № 223-950 от 05.09.2022  |
| 4     | Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-948 от 05.09.2022  |
| 5     | Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-949 от 05.09.2022  |
| 6     | Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 5 от 05.09.2022   |
| 7     | ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.  |
| 8     | Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ № 223-796 от 27.07.2022  |
| 9     | Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019      |
| 10    | Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между УУНиТ в лице директора СФ УУНиТ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/23-эбс от 03.03.2023 |

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)

| № п/п | Адрес (URL)   | Описание страницы   |
|-------|---|---|
| 1     | <a href="https://www.gubkin.ru/diss2/list.php?COUNCIL_ID=34806#">https://www.gubkin.ru/diss2/list.php?COUNCIL_ID=34806#</a> | Архив диссертаций РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина   |
| 2     | <a href="http://www.nitpo.ru/publications/">http://www.nitpo.ru/publications/</a>   | Статьи научно-производственной фирмы «НИТПО»  |
| 3     | <a href="http://snkoil.com/press-tsentr/polezno-pochitat/">http://snkoil.com/press-tsentr/polezno-pochitat/</a>             | Научно – исследовательский центр ООО «СНК». Полезные статьи о разработке нефтегазовых месторождений |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | <a href="http://lectoriy.mipt.ru/lecture/Physics-Thermodynam-L11-Ovchin-090428.01">http://lectoriy.mipt.ru/lecture/Physics-Thermodynam-L11-Ovchin-090428.01</a>                             | Видеолекции МФТИ по теме «Явления переноса»                                 |
| 5 | <a href="http://lectoriy.mipt.ru/file/synopsis/pdf/Physics-Thermodynam-M12-Ovchin-090505.01.pdf">http://lectoriy.mipt.ru/file/synopsis/pdf/Physics-Thermodynam-M12-Ovchin-090505.01.pdf</a> | Лекторий ПДФ-лекция по теме «Явления переноса»                              |
| 6 | <a href="https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/">https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/</a>   | Экспоцентр. НЕФТЬГАЗ. Полезная информация в области разработки нефти и газа |

### 6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

|  |
|--|
| <b>Наименование программного обеспечения</b>               |
| Windows 10   |
| Office Standart 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc |

### 7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

| Тип учебной аудитории  | Оснащенность учебной аудитории   |
|--|--|
| Читальный зал: помещение для самостоятельной работы  | Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС Филиала |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации | Учебная мебель, доска поворотная магнитно-маркерная, компьютеры, учебно-наглядные пособия        |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций | Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия           |