

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Факультет компьютерных систем и информационных технологий

Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета компьютерных  
систем и информационных технологий  
\_\_\_\_\_ Кочевский А.А.  
» апрель 2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях»

По направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль: «Механика деформируемых тел и сред»

## Лист согласования РПУД

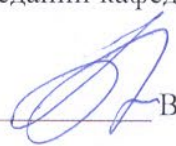
Рабочая программа учебной дисциплины «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. — с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «10» января 2018 года № 10.

СОСТАВИТЕЛЬ:

докт. техн. наук, профессор Сёмин Д. А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики «18» апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики \_\_\_\_\_  В.В.Малый

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета компьютерных  
систем и информационных технологий \_\_\_\_\_



Н.Н. Ветрова.

© Сёмин Д. А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

*Целью* дисциплины является получение обучающимися знаний об основных положениях теории диффузионных процессов в материалах; о сущности корреляционной связи между составом, структурой и свойствами материалов с учетом знаний о диффузионной подвижности атомов различных элементов; о рациональном выборе материалов и технологий их обработки; приобретение навыков проведения исследований диффузионных процессов в металлах и сплавах, прогнозирования свойств диффузионных слоев.

Для достижения этой цели должны быть решены следующие *задачи*:

- получение представлений о путях переноса вещества в материалах;
- знание современных представлений; физической кинетики и неравновесной термодинамики теории диффузии; механизмов диффузии в процессах деформации, рекристаллизации, старения, гомогенизации, фазовых превращений в металлах и сплавах;
- формирование навыков использования закономерностей протекания диффузии в процессах цементации, азотирования, диффузионного хромирования и др.; закономерностей изменения состава и структуры при химико-термической обработке металлов и сплавов;
- приобретение опыта использования методов моделирования диффузионных процессов при разработке, исследовании и проектировании новых технологий химико-термической обработки; создании и модификации новых материалов для изделий приборо- и машиностроения, медицинской техники.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» входит в обязательную часть профессионального блока дисциплин, направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. Основывается на базе дисциплин: математический анализ, общая физика, основы механики сплошных сред, аэрогидромеханика.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математический анализ», «Общая физика», «Основы механики сплошных сред», «Аэрогидромеханика» и является теоретическим фундаментом для освоения обязательных дисциплин профессионального цикла, а также при выполнении научно-исследовательской работы и подготовке выпускной квалификационной бакалаврской работы по направлению подготовки 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» по профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|

|                                                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3. Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности | ОПК-3.1. Знать современное испытательное оборудование в области механики твёрдых тел или жидкостей.      | <b>Знать:</b> фундаментальные разделы физики, подходы и методы механики, физики колебаний и волн, термодинамики, классической и квантовой статистики молекулярной физики, поведения веществ в электрическом и магнитном полях, волновой и квантовой оптики; - фундаментальные разделы неорганической, органической и физической химии, их законы и методы;                                                                                  |
|                                                                                                                                            | ОПК - 3.2. Уметь использовать математические модели для описания механических свойств материалов и сред. | <b>Уметь:</b> использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики физики, химии и экологии в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний; формировать и аргументировать собственные суждения и научную позицию;                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                            | ОПК - 3.3. Владеть навыками физического моделирования в области механики твёрдых тел или жидкостей.      | <b>Владеть:</b> <i>навыками</i> использования современных подходов и методов физики, химии и экологии к описанию, анализу, теоретическому и экспериментальному исследованию и моделированию физических и химических систем, явлений и процессов в объеме, необходимом для освоения наук о материалах, фундаментальных и прикладных основ материаловедения и технологий материалов, использования в обучении и профессиональной деятельности |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                             | Объем часов (зач. ед.)      |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                                                                | Очная форма                 | Заочная форма               |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                          | <b>144</b><br>(4,0 зач. ед) | <b>144</b><br>(4,0 зач. ед) |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b><br><b>в том числе:</b> | <b>70</b>                   | <b>26</b>                   |
| Лекции                                                                         | 42                          | 16                          |
| Семинарские занятия                                                            | -                           | -                           |
| Практические занятия                                                           | 28                          | 10                          |
| Лабораторные работы                                                            | -                           | -                           |
| Расчетно-графическая работа                                                    | 36                          | 9                           |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса                    | -                           | -                           |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                 | <b>38</b>                   | <b>109</b>                  |
| Итоговая аттестация                                                            | экзамен                     | экзамен                     |

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### *Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии*

Явление диффузии. Диффузионный поток. Первое уравнение Фика. Типы коэффициентов диффузии.

Закон сохранения вещества при диффузии. Второе уравнение Фика.

Диффузия и случайные блуждания атомов. Зависимость диффузионного пути от времени. Вывод первого уравнения Фика в атомной модели.

Энергия активации диффузии. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Теория переходного состояния атомов.

Корреляция между параметрами диффузии и термодинамическими свойствами металлов.

Механизмы диффузии в металлах. Эффект Киркендалла. Уравнение Даркена.

#### *Тема 2. Термодинамическая теория диффузии*

Плотность потока и движущая сила диффузионного переноса при диффузии в идеальных и реальных твердых растворах.

Диффузия при взаимодействии нескольких потоков. Сущность явления термодиффузии и электропереноса.

Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.

Образование многофазной диффузионной зоны.

Особенности строения диффузионной зоны.

Диффузионное насыщение металлами.

Диффузионное удаление элементов.

### 4.3. Лекции

| № п/п | Название темы                                                                                                                                           | Объем часов |               |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|       |                                                                                                                                                         | Очная форма | Заочная форма |
| 1     | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии.</i><br>Явление диффузии. Диффузионный поток. Первое уравнение Фика. Типы коэффициентов диффузии. | 4           | 2             |

|               |                                                                                                                                                                    |           |           |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 2             | Закон сохранения вещества при диффузии. Второе уравнение Фика.                                                                                                     | 4         | 2         |
| 3,4           | Диффузия и случайные блуждания атомов. Зависимость диффузионного пути от времени. Вывод первого уравнения Фика в атомной модели.                                   | 4         | 2         |
| 5             | Энергия активации диффузии. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Теория переходного состояния атомов.                                                 | 4         | 1         |
| 11            | Корреляция между параметрами диффузии и термодинамическими свойствами металлов.                                                                                    | 4         | 1         |
| 12            | Механизмы диффузии в металлах. Эффект Киркендалла. Уравнение Даркена.                                                                                              | 4         | 1         |
| 13            | <i>Тема 2. Термодинамическая теория диффузии</i><br>Плотность потока и движущая сила диффузионного переноса при диффузии в идеальных и реальных твердых растворах. | 4         | 1         |
| 14            | Диффузия при взаимодействии нескольких потоков. Сущность явления термодиффузии и электропереноса.                                                                  | 4         | 1         |
| 15            | Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.                                                                                                       | 2         | 1         |
| 16            | Образование многофазной диффузионной зоны.                                                                                                                         | 2         | 1         |
| 17            | Особенности строения диффузионной зоны.                                                                                                                            | 2         | 1         |
| 18            | Диффузионное насыщение металлами.                                                                                                                                  | 2         | 1         |
| 19            | Диффузионное удаление элементов.                                                                                                                                   | 2         | 1         |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                    | <b>42</b> | <b>16</b> |

#### 4.4. Практические занятия

| №<br>п/п | Название темы                                                                                                  | Объем часов    |                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                                                | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Изучение взаимной диффузии в двойных системах                                                                  | 4              | 1                |
| 2        | Диффузия в многофазных системах                                                                                | 4              | 2                |
| 3        | Определение коэффициента диффузии и его связи с броуновским движением частиц                                   | 4              | 1                |
| 4        | Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара по скорости испарения жидкости из капилляра | 4              | 1                |

|               |                                                                                                        |           |           |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 5             | Диффузионные процессы при химикотермической обработке на примере цементации сталей                     | 4         | 1         |
| 6             | Диффузионная сварка в вакууме                                                                          | 2         | 1         |
| 7             | Изучение диффузионных процессов в сварных соединениях материалов разного химического состава           | 2         | 1         |
| 8             | Моделирование диффузионных процессов при ионной имплантации                                            | 2         | 1         |
| 9             | Моделирование процессов диффузии примесных атомов при формировании биполярного кремниевого транзистора | 2         | 1         |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                        | <b>28</b> | <b>10</b> |

#### 4.5. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п      | Название темы                              | Вид СРС                                                                                                                                    | Объем часов |               |
|---------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                            |                                                                                                                                            | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Усвоение текущего материала                | Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Работа с конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям и экзамену. | 10          | 30            |
| 2             | Подготовка к практическим занятиям         |                                                                                                                                            | 10          | 30            |
| 3             | Подготовка к текущему и итоговому контролю |                                                                                                                                            | 18          | 49            |
|               |                                            |                                                                                                                                            |             |               |
| <b>Итого:</b> |                                            |                                                                                                                                            | <b>38</b>   | <b>109</b>    |

**4.7. Курсовые проекты/ работы/индивидуальные задания.** Учебным планом не предусмотрены.

#### 5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» используются следующие образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии.
2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии.
3. Личностно ориентированные технологии обучения.

| Форма организации обучения | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа студента |
|----------------------------|--------|----------------------|---------------------------------|
| Методы                     |        |                      |                                 |
| Работа в команде           |        | +                    |                                 |
| Игра                       | +      | +                    |                                 |

|                                    |   |   |   |
|------------------------------------|---|---|---|
| Методы проблемного обучения        | + |   | + |
| Обучение на основе опыта           | + | + |   |
| Опережающая самостоятельная работа | + | + | + |
| Поисковый метод                    |   |   | + |

## 6. Формы контроля освоения дисциплины

По данному курсу предусматриваются следующие формы контроля знаний:

- текущий контроль (самоконтроль);
- промежуточный контроль;
- итоговый контроль.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

Комбинированный контроль (устный или письменный) усвоения теоретического материала и содержания практических занятий.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучающихся по данной дисциплине, помещаются в УМКД.

Итоговый контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решение задач). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25% на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

| Национальная шкала    | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| отлично (5)           | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено |
| хорошо (4)            | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |         |
| удовлетворительно (3) | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками                                                                                                                     |         |

|  |                                                                                  |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах. |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------|--|

## **7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### ***а) основная литература:***

1. Андрижиевский А.А., Механика жидкости и газа : учеб.пособие / А.А. Андрижиевский - Минск : Выш. шк., 2014. - 206 с. - ISBN 978-985-06-2509-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850625090.html>.
2. Куповых Г.В., Основы гидромеханики: учебное пособие / Куповых Г. В. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 143 с. - ISBN 978-5-9275-2920-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927529209.html>.
3. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Е. Зарянкин - М. : Издательский дом МЭИ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009031.html>
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Изд-во Дрофа, 2003.- 846с.
5. Коваленко А.А. Диффузия газов и аэрозолей в турбулентных потоках/ . Калюжный Г.С., ., Соколов В.И. и др. - Луганск.: ВУГУ, 2014. - 100 с.
6. Левич В. Физико-химическая гидродинамика. - М.: Издательство АН ССР, 1952. - 623 с.
7. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика - М.: Физматгиз, 1963. - 500 с.

### ***б) дополнительная литература:***

1. Фриш С.Э., Тимофеева А.В. Курс общей физики. - М.: Физматгиз, - 468 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. - М.: Наука, 1988. - 736 с.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. - М.: Наука,
4. Хинце И. О. Турбулентность. - М.: Физматгиз, 1963. -680 с.

### ***г) интернет-ресурсы:***

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов –  
<http://fcior.edu.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –  
<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются презентационная техника (проектор, экран, ноутбук), наборы слайдов (либо раздаточный материал в бумажном виде) или кинофильмов; демонстрационные приборы и лабораторные стенды кафедры «Гидрогазодинамика».

**Программное обеспечение:**

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение    | Ссылки                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет             | Libre Office 6.3.1                    | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>                                                              |
| Операционная система      | UBUNTU 19.04                          | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                                                                                          |
| Браузер                   | FirefoxMozilla                        | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Браузер                   | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                                                                                   |
| Почтовый клиент           | MozillaThunderbird                    | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                                                                                 |
| Файл-менеджер             | FarManager                            | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор                 | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Графический редактор      | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF              | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Аудиоплеер                | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |

**«Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях»**  
**Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики**

| № п / п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики          | Этапы формирования (семестр изучения) |
|---------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | ОПК-2                          | готовность использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии</i> | 7                                     |
|         |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Тема2. Термодинамическая теория диффузии</i>           | 7                                     |
| 2       | ОПК-3                          | способность к самостоятельной научно-исследовательской работе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии</i> | 7                                     |
|         |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Тема2. Термодинамическая теория диффузии</i>           | 7                                     |
| 3       | ПК-1                           | способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии</i> | 7                                     |
|         |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Тема2. Термодинамическая теория диффузии</i>           | 7                                     |
| 4       | ПК-2                           | способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии</i> | 7                                     |
|         |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Тема2. Термодинамическая теория диффузии</i>           | 7                                     |
| 5       | ПК-3                           | способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Тема 1. Основные понятия и закономерности диффузии</i> | 7                                     |
|         |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Тема2. Термодинамическая теория диффузии</i>           | 7                                     |

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Показатель оценивания (знания, умения, навыки)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства                                                                                   |
|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2     | ОПК-3                          | <p>- <i>знать</i> фундаментальные разделы физики, подходы и методы механики, физики колебаний и волн, термодинамики, классической и квантовой статистики молекулярной физики, поведения веществ в электрическом и магнитном полях, волновой и квантовой оптики; - фундаментальные разделы неорганической, органической и физической химии, их законы и методы;</p> <p>- <i>уметь</i> использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики физики, химии и экологии в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний; формировать и аргументировать собственные суждения и научную позицию;</p> <p>- <i>владеть навыками</i> использования современных подходов и методов физики, химии и экологии к описанию, анализу, теоретическому и экспериментальному исследованию и моделированию физических и химических систем, явлений и процессов в объеме, необходимом для освоения наук о материалах, фундаментальных и прикладных основ материаловедения и технологий материалов, использования в обучении и профессиональной деятельности;</p> | Тема 1,<br>Тема 2.                     | Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, экзамен |

## Фонды оценочных средств по дисциплине «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях»

### Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала (устно или письменно):

1. Диффузионный поток. Первое уравнение диффузии.
2. Типы диффузионных коэффициентов.
3. Диффузия при наличии внешних движущих сил.
4. Закон сохранения вещества при диффузии. Второе уравнение диффузии.
5. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.
6. Диффузия и случайные блуждания.
7. Зависимость коэффициента диффузии от температуры.
8. Механизмы диффузии в металлах.
9. Связь между коэффициентом самодиффузии и характеристиками вакансий.
10. Равновесная концентрация вакансий.
11. Источники и стоки вакансий. Частота скачков вакансий.
12. Методы исследования характеристик вакансий.
13. Эффект Киркендалла.

14. Бивакансии и другие комплексы точечных дефектов. Эффекты коррекции.
15. Особенности диффузии в твердых растворах замещения.
16. Диффузия в твердых растворах внедрения.
17. Механизм диффузии в жидких металлах.
18. Движущая сила диффузионного переноса.
19. Описание диффузии в бинарной системе по Онзагеру.
20. Диффузия в упорядоченных твердых растворах.
21. Термодиффузия в бинарных твердых растворах. Электроперенос.
22. Неравновесные (избыточные) вакансии.
23. Дислокации, границы зерен, поверхность.
24. Связь между характеристиками диффузии и диаграммами фазового равновесия.
25. Связь между эффективным коэффициентом диффузии в двухфазной системе и коэффициентами диффузии в каждой из фаз.
26. Процессы диффузионного роста фаз.
27. Диффузия - контролирующая стадия гетерогенного процесса.
28. Диффузия в некоторых металлургических процессах.
29. Кинетика диффузионного плавления стали.
30. Диффузионные механизмы структурных изменений при повышенных температурах.
31. Миграция границ зерен.
32. Диффузионная коагуляция.
33. Диффузионная ползучесть.
34. Диффузионное спекание.
35. Образование однофазной диффузионной зоны при химико-термической обработке.
36. Образование многофазной диффузионной зоны при химико-термической обработке.
37. Особенности строения диффузионной зоны.
38. Диффузионное насыщение неметаллами.
39. Диффузионное насыщение металлами.
40. Диффузионное удаление элементов.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
комбинированный контроль усвоения теоретического материала**

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                     | Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                     | Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                     | Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                            |

**Задания по практическим занятиям:**

| №<br>п/п | Название темы                                 |
|----------|-----------------------------------------------|
| 1        | Изучение взаимной диффузии в двойных системах |

|   |                                                                                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Диффузия в многофазных системах                                                                                 |
| 3 | Определение коэффициента диффузии и его связи с броуновским движением частиц                                    |
| 4 | Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара по скорости испарения жидкости из капиллярах |

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
комбинированный контроль усвоения теоретического материала**

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                     | Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                     | Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                     | Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                            |

**Тема и задание курсовой работы.** Учебным планом не предусмотрена.

**Вопросы к экзамену:**

1. Диффузионный поток. Первое уравнение диффузии.
2. Типы диффузионных коэффициентов.
3. Диффузия при наличии внешних движущих сил.
4. Закон сохранения вещества при диффузии. Второе уравнение диффузии.
5. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.
6. Диффузия и случайные блуждания.
7. Зависимость коэффициента диффузии от температуры.
8. Механизмы диффузии в металлах.
9. Связь между коэффициентом самодиффузии и характеристиками вакансий.
10. Равновесная концентрация вакансий.
11. Источники и стоки вакансий. Частота скачков вакансий.
12. Методы исследования характеристик вакансий.
13. Эффект Киркендалла.
14. Бивакансии и другие комплексы точечных дефектов. Эффекты коррекции.
15. Особенности диффузии в твердых растворах замещения.
16. Диффузия в твердых растворах внедрения.
17. Механизм диффузии в жидких металлах.
18. Движущая сила диффузионного переноса.
19. Описание диффузии в бинарной системе по Онзагеру.
20. Диффузия в упорядоченных твердых растворах.
21. Термодиффузия в бинарных твердых растворах. Электроперенос.
22. Неравновесные (избыточные) вакансии.
23. Дислокации, границы зерен, поверхность.
24. Связь между характеристиками диффузии и диаграммами фазового равновесия.
25. Связь между эффективным коэффициентом диффузии в двухфазной системе и коэффициентами диффузии в каждой из фаз.
26. Процессы диффузионного роста фаз.

27. Диффузия - контролирующая стадия гетерогенного процесса.
28. Диффузия в некоторых металлургических процессах.
29. Кинетика диффузионного плавления стали.
30. Диффузионные механизмы структурных изменений при повышенных температурах.
31. Миграция границ зерен.
32. Диффузионная коагуляция.
33. Диффузионная ползучесть.
34. Диффузионное спекание.
35. Образование однофазной диффузионной зоны при химико-термической обработке.
36. Образование многофазной диффузионной зоны при химико-термической обработке.
37. Особенности строения диффузионной зоны.
38. Диффузионное насыщение неметаллами.
39. Диффузионное насыщение металлами.
40. Диффузионное удаление элементов.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен). *Типовой экзаменационный билет.***

Билет № N

**I.** Теоретический вопрос из 1-го раздела.

**II.** Теоретический вопрос из 2-го раздела.

*Утверждено на заседании кафедры ГГД, протокол №\_\_ от \_\_\_\_ 201\_\_ г.*

Заведующий кафедрой

*доц. Мальцев Я.И.*

Лектор

*проф. Сёмин Д. А.*

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контроль (экзамен)

| Шкала оценивания        | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                            |

**Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС**

Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и изменений | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |

## Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации бакалаврской программы по направлению подготовки 01.04.03 «Механика и математическое моделирование».

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки бакалавров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической комиссии  
института транспорта и логистики \_\_\_\_\_ Е.И Иванова.