

Утверждено Приказом ФИЦ КазНЦ РАН  
от 02.12.2025 № 14-АО  
Разработано и рекомендовано к утверждению  
Ученым советом ИММ –  
структурного подразделения  
ФИЦ КазНЦ РАН  
19.11.2025, протокол № 9

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Коррозионное разрушение тонкостенных конструкций»**

Составная часть  
**ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ -  
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров  
в аспирантуре**

Научные специальности

#### **1.1.8. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Содержание дисциплины.
5. Учебно-тематический план занятий.
6. Формы текущего контроля, критерии оценки.
7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

### 1. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СПОСОБ И ФОРМЫ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ, ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия – 27 часов, самостоятельная работа – 92 часа, зачет - 1 час, всего – 120 часов.

Форма проведения аудиторных занятий – лекции, семинары и консультации.

В рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

Формой итогового контроля является зачет.

### 2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения дисциплины выпускник должен

#### **Знать:**

➤ современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ в области профессиональной деятельности, методы проведения научных и диагностических исследований в области коррозионного разрушения

#### **Владеть:**

➤ информацией по актуальным вопросам выбора материалов для создания метало-конструкций при разработке процессов производства и создании изделий, методами описания экспериментов и расчетов свойств метало-конструкций в технологическом оборудовании.

#### **Уметь:**

➤ структурировать новую физическую информацию по актуальным вопросам определения **состояния изделия при коррозионном разрушении**, использовать экспериментальную базу для определения фундаментальных свойств коррозионного разрушения по теме выпускной работы.

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «**Методы определения механических свойств металлоконструкций**» является дисциплиной вариативной части (дисциплиной по выбору), и включена в основную профессиональную образовательную программу высшего образования – программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов теоретической механики, механики сплошных сред, математической физики в рамках магистерской программы образования или специалитета. Владением данными знаниями и умениями устанавливается в ходе вступительных испытаний в аспирантуру.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение. Методы коррозионных испытаний. Общие положения. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. Методы испытаний на коррозионное растрескивание. Испытание образцов на коррозионное растрескивание при одноосном растяжении. Ускоренные испытания на коррозионное растрескивание. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии. Ускоренные испытания на межкристаллитную коррозию. Метод ускоренных испытаний на расслаивающую коррозию. Методы ускоренных испытаний на стойкость к питтинговой коррозии коррозионностойких сталей и сплавов. Методы испытаний на коррозионные потери в атмосферных условиях. Определение коррозионной агрессивности атмосферы. Определение параметров коррозионной агрессивности атмосферы. Расчетно-экспериментальный метод ускоренного определения коррозионных потерь в атмосферных условиях. Методы коррозионных электрохимических испытаний. Методы определения жаростойкости сталей и сплавов. Методы испытаний временной противокоррозионной защиты изделий
2. Газовая коррозия. Законы роста пленок на металлах. Рост пористой (незащитной) пленки на поверхности металла в процессе газовой коррозии. Рост сплошной защитной пленки на поверхности металла. Влияние различных факторов на скорость газовой коррозии. Способы защиты металлов от газовой коррозии
3. Тонкостенные конструкции. Расчет тонкостенного стержня. Понятие тонкостенного стержня. Применение тонкостенных стержней в строительстве. Понятие о деформации. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей. Понятие центра изгиба. Определение секториальных геометрических характеристик поперечного сечения тонкостенного стержня. Определение положения центра изгиба. Основные дифференциальные при стесненном кручении зависимости тонкостенного стержня открытого профиля. Решение дифференциального уравнения стесненного кручения. Определение напряжений при стесненном кручении.
4. Тонкостенные конструкции. Расчет тонкостенной оболочки. Определение

оболочки, срединной поверхности, нормальных сечений, центра кривизны, радиуса кривизны, кривизны. Гауссова кривизна. Классификация оболочек по гауссовой кривизне. Линии кривизны. Их свойства. Коэффициенты первой и второй квадратичной формы. Соотношения Кодацци-Гаусса. Перемещения и деформации оболочек. Напряжения и внутренние усилия в оболочках. Типы напряженного состояния оболочек. Вывод уравнений равновесия для безмоментной теории оболочек (БТО). Условия реализации безмоментного напряженного состояния. Частные случаи БТО. Связь с уравнениями теории упругости. Осесимметричное нагружение оболочек вращения. Особенности расчета на основные виды нагрузок. Расчет сферического купола. Деформации и перемещения при осесимметричном нагружении оболочек вращения. Краевой эффект. Вычисление усилий от краевого эффекта на примере сопряжения стенки и днища вертикального цилиндрического резервуара. Линейная теория пологих оболочек. Устойчивость пластин. Устойчивость оболочек.

#### 5. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

| №<br>п/п | Наименование<br>темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Аудиторные<br>занятия | Самост.<br>работа | Всего<br>часов |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| 1.       | <b>Введение. Методы коррозионных испытаний.</b> Общие положения. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. Методы испытаний на коррозионное растрескивание. Испытание образцов на коррозионное растрескивание при одноосном растяжении. Ускоренные испытания на коррозионное растрескивание. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии. Ускоренные испытания на межкристаллитную коррозию. Метод ускоренных испытаний на расслаивающую коррозию. Методы ускоренных испытаний на стойкость к питтинговой коррозии коррозионностойких сталей и сплавов. Методы испытаний на коррозионные потери в атмосферных условиях. Определение коррозионной агрессивности атмосферы. | <b>8</b>              | <b>23</b>         | <b>31</b>      |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |    |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|
|    | <p>Определение параметров коррозионной агрессивности атмосфер. Расчетно-экспериментальный метод ускоренного определения коррозионных потерь в атмосферных условиях. Методы коррозионных электрохимических испытаний. Методы определения жаростойкости стали и сплавов. Методы испытаний временной противокоррозионной защиты изделий</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |    |    |
| 2. | <p><b>Газовая коррозия.</b> Законы роста пленок на металлах. Рост пористой (незащитной) пленки на поверхности металла в процессе газовой коррозии. Рост сплошной защитной пленки на поверхности металла. Влияние различных факторов на скорость газовой коррозии. Способы защиты металлов от газовой коррозии</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5 | 23 | 28 |
| 3. | <p><b>Тонкостенные конструкции. Расчет тонкостенного стержня.</b> Понятие тонкостенного стержня. Применение тонкостенных стержней в строительстве. Понятие о деформации. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей. Понятие центра изгиба. Определение секториальных геометрических характеристик поперечного сечения тонкостенного стержня. Определение положения центра изгиба. Основные дифференциальные при стесненном кручении зависимости тонкостенного стержня открытого профиля. Решение дифференциального уравнения стесненного кручения. Определение напряжений при стесненном кручении.</p> | 7 | 23 | 30 |
| 4. | <p><b>Тонкостенные конструкции. Расчет тонкостенной оболочки.</b> Определение оболочки, срединной поверхности, нормальных сечений,</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7 | 23 | 30 |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|
|       | <p>центра кривизны, радиуса кривизны, кривизны. Гауссова кривизна. Классификация оболочек по гауссовой кривизне. Линии кривизны. Их свойства. Коэффициенты первой и второй квадратичной формы. Соотношения Кодацци-Гаусса. Перемещения и деформации оболочек. Напряжения и внутренние усилия в оболочках. Типы напряженного состояния оболочек. Вывод уравнений равновесия для безмоментной теории оболочек (БТО). Условия реализации безмоментного напряженного состояния. Частные случаи БТО. Связь с уравнениями теории упругости. Осесимметричное нагружение оболочек вращения. Особенности расчета на основные виды нагрузок. Расчет сферического купола. Деформации и перемещения при осесимметричном нагружении оболочек вращения. Краевой эффект. Вычисление усилий от краевого эффекта на примере сопряжения стенки и днища вертикального цилиндрического резервуара. Линейная теория пологих оболочек. Устойчивость пластин. Устойчивость оболочек.</p> |    |    |     |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |     |
| Зачет |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1  |    |     |
| ИТОГО |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 28 | 92 | 120 |

## 6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

**6.1. Итоговый контроль:** формой итогового контроля по дисциплине является Зачет.

Зачет включает обсуждение на основе презентации и краткого доклада обзора литературы по статьям за последние 5 лет в соответствии с темой научного исследования аспиранта.

## 6.2. Критерии оценки итогового контроля:

| Оценка            | Требования к знаниям и критерии выставления оценок:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>зачтено</b>    | Аспирант в целом владеет основными теориями и понимает их содержание, имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала, владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, в достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом, развернуто отвечает на дополнительные вопросы. |
| <b>не зачтено</b> | Аспирант демонстрирует слабое понимание связи теории и практики, не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, имеет затруднения при решении некоторых задач. Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом, имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.                                                                         |

**При выборе аспирантом дисциплины «Коррозионное разрушение тонкостенных конструкций», зачет по дисциплине является допуском к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине.**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Основная литература

1. Коррозия и защита металлов. В 2 ч. Ч. 1. Методы исследований коррозионных процессов : учебно-методическое пособие/ Н. Г. Россина, Н. А. Попов, М. А. Жиликова, А. В. Корелин. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 108 с
2. Авдеенко А. П. Коррозия и защита металлов : краткий курс лекций / А. П. Авдеенко, А. Е. Поляков. — Краматорск : ДГМА, 2003. — 104 с.
3. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии : учеб. пособие: пер. с англ. / Р. Ангал. — Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2014. — 344 с.
4. Апраксина Л. М. Коррозия металлов и методы оценки их химической стойкости : учеб.-методическое пособие / Л. М. Апраксина, В. Я. Сигаев. — Санкт-Петербург : СПб ГТУРП, 2008. — 45 с.
5. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов : учеб. пособие / Н. П. Жук. — Москва : Металлургия, 2006. — 472 с.
6. Коррозия конструкционных материалов : справочник : в 2 кн. / В. В. Батраков [и др.]. — Москва: Интермет Инжиниринг, 2000. — 344 с.
7. Мальцева Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии : учеб. пособие / Г. Н. Мальцева ; под ред. С. Н. Виноградова. — Пенза : Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2000. — 55 с.
8. Неверов А. С. Коррозия и защита металлов : учеб. пособие / А. С. Неверов, Д. А. Радченко, М. И. Цирлин. — Минск : Высшая школа, 2007. — 215 с.
9. Ракоч А. Г. Коррозия и защита металлов: газовая коррозия металлов : курс лекций / А. Г. Ракоч, Ю. А. Пустов, А. А. Гладкова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2013. — 56 с.

10. Семенова И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова. — Москва : Физматлит, 2002. — 232 с.

### **7.2. Электронные ресурсы**

1. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com/?ref=dtf.ru>
3. Электронно-библиотечная система Znanium <https://znanium.ru/?ysclid=min47v6mqc41477602>
4. Платформа научной электронной библиотеки e-Library.ru - <http://www.elibrary.ru>

## **8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудиторные занятия, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче зачета и кандидатского экзамена проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки, лабораторные комнаты), оборудованных мебелью (столы, стулья), компьютерами с доступом к сети Интернет, демонстрационным оборудованием.