

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Н.В. Дубив /

« 14 » сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

## ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

Направленность (профиль):

**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Инженерные методы механики разрушения» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем), утвержденной «28» августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры

Д.А. Курасов

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Механика машин и  
основы конструирования»

Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе  
Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 6 зачетных единиц трудоемкости (216 академических часов).

| Вид учебной работы   | На всю дисциплину         | Семестр      |                |
|--|---------------------------|--------------|----------------|
|  |                           | 7            | 9              |
| <b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов<br/>в том числе:</b> | <b>80</b>                 | <b>32</b>    | <b>48</b>      |
| Лекции   | 48                        | 16           | 32             |
| Практические занятия   | 32                        | 16           | 16             |
| <b>Самостоятельная работа, всего часов<br/>в том числе:</b>                                  | <b>136</b>                | <b>76</b>    | <b>60</b>      |
| Подготовка к зачету  | 18                        | 18           |                |
| Подготовка к экзамену  | 27                        |              | 27             |
| Другие виды самостоятельной работы   | 91                        | 58           | 33             |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>  | <b>Экзамен,<br/>зачет</b> | <b>Зачет</b> | <b>Экзамен</b> |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>                      | <b>216</b>                | <b>108</b>   | <b>108</b>     |



## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Инженерные методы механики разрушения» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений. Является обязательной дисциплиной вариативной части.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Физика;
- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения дипломной работы.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Целью освоения дисциплины «Инженерные методы механики разрушения» является познание основных принципов обеспечения живучести конструкций и безопасности технических систем.

Задачами освоения дисциплины «Инженерные методы механики разрушения» являются познание основных понятий и принципов процесса разрушения конструкционных материалов; выявление условий возникновения и распространения трещин; определение характеристик трещиностойкости; построение моделей повреждений и разрушения твердых тел.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность выполнять научно-исследовательские работы в области проведения механических испытаний с использованием современных вычислительных методов и наукоемких компьютерных технологий (ПК-2);

- способность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью расчётов их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надёжности и износостойкости узлов и деталей машин механических систем (ПК-8).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать теоретические основы, применяемые модели и методы решения задач механики разрушения (для ПК-2, ПК-8);

- уметь проводить анализ работоспособности элементов конструкций с трещинами (для ПК-2, ПК-8);

- владеть математическими методами механики разрушения при решении конкретных задач (для ПК-2, ПК-8).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

| Рубеж         | Номер раздела, темы | Наименование раздела, темы                                   | Количество часов контактной работы с преподавателем |                  |
|---------------|---------------------|--|---|------------------|
|               |                     |  | Лекции  | Практич. занятия |
| Рубеж 1       | 1                   | Особенности атомно-кристаллического строения металлов        | 2   | 1                |
|               | 2                   | Механические свойства материалов и методы их оценки          | 2   | 2                |
|               | 3                   | Влияние химического состава на равновесную структуру сплавов | 2   | 1                |
|               | 4                   | Термическая обработка металлов и сплавов                     | 2   | 2                |
|               |                     | Рубежный контроль № 1  | -   | 2                |
| Рубеж 2       | 5                   | Химико-термическая и термо-механическая обработка сплавов    | 2   | 2                |
|               | 6                   | Конструкционные материалы                                    | 2   | 2                |
|               | 7                   | Конструкционные материалы с особыми свойствами               | 2   | 1                |
|               | 8                   | Неметаллические материалы                                    | 2   | 1                |
|               |                     | Рубежный контроль № 2  | -   | 2                |
| Рубеж 3       | 9                   | Физика и механика микроразрушений                            | 4   | 2                |
|               | 10                  | Механика трещин в упругих телах                              | 6   | 2                |
|               | 11                  | Механика трещин в упругопластических телах                   | 6   | 2                |
|               |                     | Рубежный контроль № 3  | -   | 2                |
| Рубеж 4       | 12                  | Специальные задачи механики трещин                           | 6   | 2                |
|               | 13                  | Эволюционные модели повреждений и разрушения твердых тел     | 6   | 2                |
|               | 14                  | Безопасность и живучесть технических систем                  | 4   | 2                |
|               |                     | Рубежный контроль № 4  | -   | 2                |
| <b>Всего:</b> |                     |  | <b>48</b>   | <b>32</b>        |

### 4.2. Содержание лекционных занятий

#### *Тема 1. Особенности атомно-кристаллического строения металлов*

Введение. Цели и задачи изучения дисциплины. Требования по изучению дисциплины.

Кристаллическое строение металлов и сплавов. Понятие об изотропии и анизотропии. Влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов. Форма кристаллов и строение слитков. Дефекты кристаллического строения. Аморфное состояние материалов. Диффузия в металлах и сплавах. Анализ макроструктуры и микроструктуры. Полиморфные превращения.



## ***Тема 2. Механические свойства материалов и методы их оценки***

Упругая и пластическая деформация. Понятие об основных механических свойствах металлов и сплавов. Испытания на прочность. Диаграмма растяжения. Методы определения твердости. Испытания на ударную вязкость. Испытания на усталость. Испытания на ползучесть материала.

## ***Тема 3. Влияние химического состава на равновесную структуру сплавов***

Понятие о сплавах. Классификация и структура металлов и сплавов. Основные равновесные диаграммы состояния двойных сплавов. Связь между диаграммами состояний и свойствами двухкомпонентных сплавов. Диаграмма состояния «железо – углерод». Производство железуглеродистых сплавов.

## ***Тема 4. Термическая обработка металлов и сплавов***

Классификация видов термической обработки металлов и сплавов. Оборудование для термической обработки. Выбор режимов термической обработки. Отжиг I и II рода. Нормализация. Закалка с полиморфным и без полиморфного превращений.

Критические точки на диаграмме состояния «железо-углерод». Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Полный отжиг конструкционных сталей. Нормализация инструментальных сталей. Закалка конструкционных и инструментальных сталей. Специальные виды закалки стали. Отпуск стали. Отпускная хрупкость.

## ***Тема 5. Химико-термическая и термо-механическая обработка сплавов***

Понятие о химико-термической обработке сплавов. Цементация. Азотирование. Силицирование. Диффузионная металлизация. Применяемое оборудование.

Понятие о термо-механической обработке металлов и сплавов. Низкотемпературная, высокотемпературная, предварительная термо-механическая обработка. Термо-механическая обработка стали.

## ***Тема 6. Конструкционные материалы***

Классификация конструкционных материалов. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Конструкционные стали. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей. Маркировка конструкционных сталей. Технологические свойства конструкционных материалов.

Материалы для режущих и измерительных инструментов. Быстрорежущие стали. Спеченные твердые сплавы.

## ***Тема 7. Конструкционные материалы с особыми свойствами***

Материалы с высокой твердостью поверхности. Сверхтвердые материалы. Материалы с малой плотностью. Материалы с высокими упругими свойствами. Материалы с высокой удельной прочностью. Коррозионно-стойкие материалы. Коррозионно-стойкие покрытия. Жаростойкие материалы. Жаропрочные материалы.



### ***Тема 8. Неметаллические материалы***

Классификация и области применения неметаллических материалов. Пластмассы. Керамические материалы. Каучук и его производные. Неорганические стекла. Древесина и ее разновидности. Композиционные материалы на неметаллической основе.

### ***Тема 9. Физика и механика микроразрушений***

Виды связей и тепловое движение частиц в твердых телах. Теоретическая прочность твердого тела. Пластическая деформация и теоретическая прочность кристаллов на сдвиг. Дефекты кристаллической решетки. Дислокационные механизмы и критерий образования микротрещин. Микромеханизмы разрушения твердых тел. Распространение микроструктурно и физически коротких усталостных трещин.

### ***Тема 10. Механика трещин в упругих телах***

Напряженное состояние в окрестности вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Приближенные методы расчета. Критерий разрушения механики трещин. Силовой и энергетический критерии разрушения. Поток упругой энергии в вершину трещины. Поправка Ирвина. Зона пластической деформации.

### ***Тема 11. Механика трещин в упругопластических телах***

Критерий критического раскрытия в вершине трещины. Энергетический контурный  $J$ -интеграл. Коэффициент интенсивности деформаций в пластической области. Двухпараметрические критерии разрушения. Диаграмма трещиностойкости тела с трещиной и надрезом. Взаимосвязь критериев нелинейной механики разрушения. Устойчивый и неустойчивый рост трещин.

### ***Тема 12. Специальные задачи механики трещин***

Механика усталостного разрушения. Динамическая механика разрушения. Механика контактного разрушения и изнашивания. Рост трещин при ползучести. Механика коррозионного разрушения. Вычислительная механика разрушения. Экспериментальная механика разрушения.

### ***Тема 13. Эволюционные модели повреждений и разрушения твердых тел***

Эволюционный подход в задачах механики трещин. Двухпараметрический  $J_c^*$ -критерий разрушения тела с трещиной. Анализ условий зарождения трещин малоциклового усталости у концентратора напряжений. Кинетика водорода в зонах концентрации напряжений при зарождении и росте трещин.

### ***Тема 14. Безопасность и живучесть технических систем***

Механика катастроф. Безопасность, живучесть и ресурс поврежденных технических систем. Безопасные трещиноподобные дефекты в линейной части магистрального трубопровода.



### 4.3. Практические занятия

| Но-<br>мер<br>раз-<br>дела,<br>темы | Наименование разде-<br>ла, темы                                    | Наименование практического<br>занятия  | Норматив<br>времени,<br>час. |
|-------------------------------------|--|--|------------------------------|
| 1                                   | Особенности атомно-<br>кристаллического<br>строения металлов       | Кристаллическое строение металлов и<br>сплавов   | <b>7 сем.</b>                |
|                                     |  |  | 1                            |
| 2                                   | Механические свойства<br>материалов и методы их<br>оценки          | Методы определения твердости металлов<br>и сплавов   | 2                            |
| 3                                   | Влияние химического<br>состава на равновесную<br>структуру сплавов | Диаграмма состояния «железо – углерод»   | 1                            |
| 4                                   | Термическая обработка<br>металлов и сплавов                        | Выбор режимов термической обработки<br>сталей  | 2                            |
|                                     |  | Рубежный контроль №1   | 2                            |
| 5                                   | Химико-термическая и<br>термо-механическая об-<br>работка сплавов  | Выбор режимов химико-термической об-<br>работки сталей                                     | 2                            |
| 6                                   | Конструкционные мате-<br>риалы                                     | Технологические свойства конструкцион-<br>ных сталей                                       | 2                            |
| 7                                   | Конструкционные мате-<br>риалы с особыми свой-<br>ствами           | Сравнительный анализ конструкционных<br>материалов   | 1                            |
| 8                                   | Неметаллические мате-<br>риалы                                     | Сравнительный анализ неметаллических<br>материалов   | 1                            |
|                                     |  | Рубежный контроль №2   | 2                            |
| 9                                   | Физика и механика<br>микроразрушений                               | Дислокационные механизмы и критерий<br>образования микротрещин                             | <b>9 сем.</b>                |
|                                     |  |  | 2                            |
| 10                                  | Механика трещин в уп-<br>ругих телах                               | Силовой и энергетический критерии раз-<br>рушения  | 2                            |
| 11                                  | Механика трещин в уп-<br>ругопластических телах                    | Двухпараметрические критерии разруше-<br>ния   | 2                            |
|                                     |  | Рубежный контроль № 3  | 2                            |
| 12                                  | Специальные задачи<br>механики трещин                              | Механика усталостного разрушения   | 2                            |
| 13                                  | Эволюционные модели<br>повреждений и разру-<br>шения твердых тел   | Анализ условий зарождения трещин ма-<br>лоцикловой усталости у концентратора<br>напряжений | 2                            |
| 14                                  | Безопасность и живу-<br>честь технических сис-<br>тем              | Безопасность, живучесть и ресурс повре-<br>жденных технических систем                      | 2                            |
|                                     |  | Рубежный контроль № 4  | 2                            |
| <b>Всего:</b>                       |  |  | <b>32</b>                    |



## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

На практических занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Приветствуется активное участие обучающихся в решении (как правило, коротких фрагментов) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям и к рубежным контролям, подготовку к зачету и экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

| Наименование<br>вида самостоятельной работы                  | Рекомендуемая<br>трудоемкость,<br>акад. час. |
|--|--|
| <b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>              | <b>67</b>                                    |
| Особенности атомно-кристаллического строения металлов        | 7 сем.                                       |
| Механические свойства материалов и методы их оценки          | 46   |
| Влияние химического состава на равновесную структуру сплавов |  |
| Термическая обработка металлов и сплавов                     |  |
| Химико-термическая и термо-механическая обработка сплавов    |  |
| Конструкционные материалы                                    |  |
| Конструкционные материалы с особыми свойствами               |  |



|   |               |               |
|---|---------------|---------------|
| Неметаллические материалы   |               |               |
| Физика и механика микроразрушений   |               | <b>9 сем.</b> |
| Механика трещин в упругих телах   |               | 40            |
| Механика трещин в упругопластических телах                                  |               |               |
| Специальные задачи механики трещин  |               |               |
| Эволюционные модели повреждений и разрушения твердых тел                    |               |               |
| Безопасность и живучесть технических систем                                 |               |               |
| <b>Подготовка к практическим занятиям<br/>(по 1 часу на каждое занятие)</b> |               | <b>16</b>     |
| <b>Подготовка к рубежным контролям<br/>(по 2 часа на каждый рубеж)</b>      |               | <b>8</b>      |
| <b>Подготовка к экзамену</b>  |               | <b>27</b>     |
| <b>Подготовка к зачёту</b>  |               | <b>18</b>     |
|   | <b>Всего:</b> | <b>136</b>    |

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ
2. Банк заданий к рубежным контролям №1,2,3,4
3. Перечень вопросов к экзамену
4. Перечень вопросов к зачету

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

| № | Наименование  | Содержание                     |                  |  |                      |                      |       |
|---|---|--------------------------------|------------------|--|----------------------|----------------------|-------|
|   |   | Распределение баллов за 7 сем. |                  |  |                      |                      |       |
|   |   | Вид учебной работы:            | Посещение лекций | Посещение практических занятий и активность на них | Рубежный контроль №1 | Рубежный контроль №2 | Зачет |
| 1 | Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной ра- | Балльная оценка:               | до 24            | до 26  | до 10                | до 10                | до 30 |



|  |   |   |   |                             |                             |         |
|--|---|---|---|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| боты (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии) | Примечания:   | 8 лекций по 3 балла   | За посещение «обычных» практических занятий – по 2 балла ( $6 \times 2 = 12$ ) и за активность на них – по 2 балла ( $6 \times 2 = 12$ ). За посещение рубежного контроля – по 1 баллу ( $2 \times 1 = 2$ ) | На 4-м практическом занятии | На 8-м практическом занятии |         |
|  | Распределение баллов за 9 сем.  |   |   |                             |                             |         |
|  | Вид учебной работы:   | Посещение лекций  | Посещение практических занятий и активность на них  | Рубежный контроль №3        | Рубежный контроль №4        | Экзамен |
|  | Балльная оценка:  | до 32   | до 18   | до 10                       | до 10                       | до 30   |
|  | Примечания:   | 16 лекций по 2 балла  | За посещение «обычных» занятий – по 1,5 балла ( $6 \times 1,5 = 9$ ) и за активность на них – по 1,5 балла ( $6 \times 1,5 = 9$ )   | На 4-м практическом занятии | На 8-м практическом занятии |         |
|  |   | <p>Корректирующий коэффициент К:<br/> К=2 за активную работу; К=0,5 за опоздание не более чем на 15 мин; К=0 за опоздание более чем на 15 мин, за грубое нарушение дисциплины на занятиях: порча имущества, сон, игры, шум, телефонные звонки, SMS, MMS, нахождение в нетрезвом состоянии, демонстрация пренебрежительного отношения к занятиям и окружающим.</p>   |   |                             |                             |         |
| 2  | Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и экзамена  | 60 и менее баллов – неудовлетворительно;<br>61...73 – удовлетворительно;<br>74...90 – хорошо;<br>91...100 – отлично   |   |                             |                             |         |
|  | Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета  | 60 и менее баллов – незачет;<br>61...100 – зачет  |   |                             |                             |         |
| 3  | Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности «автоматического» получения оценки на экзамене и автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов | <p>Для допуска к промежуточной аттестации (к экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические работы.</p> <p>Для «автоматического» получения экзаменационной оценки «удовлетворительно» студенту необходимо набрать за семестр 68 баллов.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за высокие достижения в значимых учебных, методических и научно-исследовательских мероприятиях университета и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p> |   |                             |                             |         |



|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <p>Для допуска к промежуточной аттестации (к зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические работы.</p> <p>Для «автоматического» получения зачета студенту необходимо набрать за семестр 61 балл.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в значимых учебных, научных, методических и внеучебных мероприятиях университета и выставлен зачет «автоматически».</p>   |
| 4 | <p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p> | <p>В случае, если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все задания, студенту необходимо выполнить дополнительные задания до конца последней (зачетной) недели.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– написание лекции по пропущенной теме, отчета по пропущенному практическому занятию и их защита (за предоставление материала начисляется 1/2 из пропущенных баллов, за защиту – еще 1/2 из пропущенных баллов);</li> <li>– прохождение рубежного контроля (вместо пропущенного или неудовлетворительного);</li> <li>– разработка учебной модели, компьютерной программы, мультимедийного и др. продукта для применения в курсе «Инженерные методы механики разрушения» (от 4 до 40 баллов за каждую разработку, при этом общая сумма баллов к промежуточной аттестации не может превышать 70).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяются преподавателем.</p> |

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей состоят из 20 вопросов. За правильный ответ на 1 вопрос теста начисляется 0,5 балла.

На каждое тестирование отводится время не менее 40 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Промежуточный контроль знаний студентов (экзамен) проводится по традиционной форме по билетам, что позволяет студентам продемонстрировать свои навыки представления и изложения материала, развить грамотную техническую речь. Каждый билет содержит 2 теоретических вопроса (каждый оценивается до 15 баллов).

Для получения высоких баллов на экзамене не допускается списывание, использование подсказок, шпаргалок, карманных компьютеров, телефонов и



др. Время, отводимое студенту на экзамене, составляет 2 астрономических часа.

Результаты текущего контроля успеваемости и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

Промежуточный контроль знаний (зачет) студентов проводится в традиционном виде по вопросам. Студент отвечает на 2 теоретических вопроса, что позволяет студентам продемонстрировать свои навыки представления и изложения материала, развить грамотную техническую речь. Каждый теоретический вопрос оценивается до 15 баллов.

Для получения высоких баллов на зачете не допускается списывание, использование подсказок, шпаргалок, карманных компьютеров, телефонов и др. Время, отводимое студенту на зачете, составляет 2 астрономических часа.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

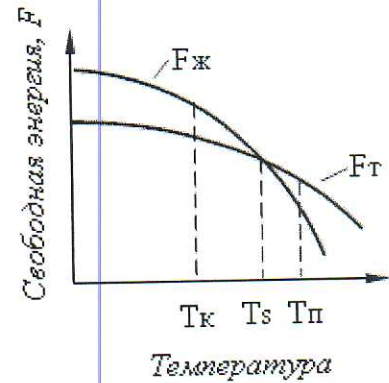
#### **6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей, экзамена и зачета**

##### Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №1

|   |  |
|---|--|
| <p><b>ЗАДАНИЕ №1 (выберите один вариант ответа)</b></p> <p>Число ближайших равноудаленных частиц (атомов) от любого атома в кристаллической решетке – это ...</p> <p><b>ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) координационное число;</li><li>2) коэффициент компактности;</li><li>3) период кристаллической решетки.</li></ol> |  |
| <p><b>ЗАДАНИЕ №2 (выберите один вариант ответа)</b></p> <p>Краевые дислокации ...</p> <p><b>ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) параллельны вектору сдвига;</li><li>2) перпендикулярны вектору сдвига;</li><li>3) изогнуты по винтовой поверхности.</li></ol>  |  |

ЗАДАНИЕ №3 (выберите один вариант ответа)

При температуре  $T < T_k$  металл будет находиться в ... .



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) газообразном состоянии;
- 2) жидком состоянии;
- 2) твердом состоянии.

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №2

ЗАДАНИЕ №1 (выберите один вариант ответа)

Процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали углеродом называется ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) легированием;
- 2) азотированием;
- 3) цементацией;
- 4) нормализацией.

ЗАДАНИЕ №2 (выберите один вариант ответа)

Какая из сталей относится к подшипниковым?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 40X;
- 2) АС4;
- 3) ШХ15;
- 4) 18ХГТ.



**ЗАДАНИЕ №3 (выберите один вариант ответа)**

Какая из перечисленных ниже структур имеет более высокие жаропрочные свойства?

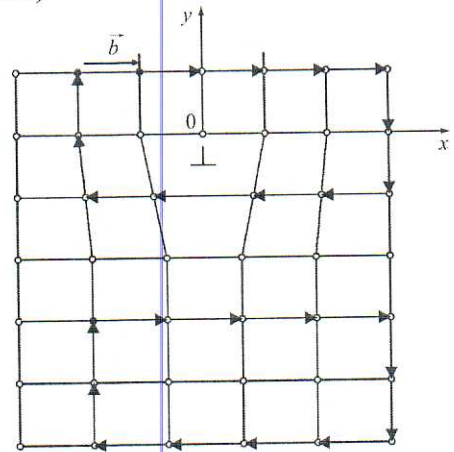
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) ферритная;
- 2) перлитная;
- 3) мартенситная;
- 4) аустенитная.

**Примеры заданий для рубежного контроля №3**

**ЗАДАНИЕ №1 (выберите один вариант ответа)**

Рисунок схематично показывает ... кристаллической решётки.

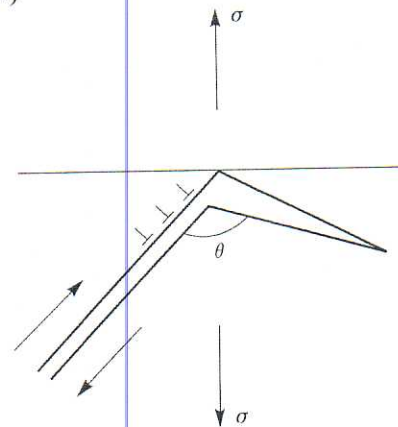


**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) точечный дефект;
- 2) краевую дислокацию;
- 3) винтовую дислокацию.

**ЗАДАНИЕ №2 (выберите один вариант ответа)**

Рисунок иллюстрирует дислокационную модель...

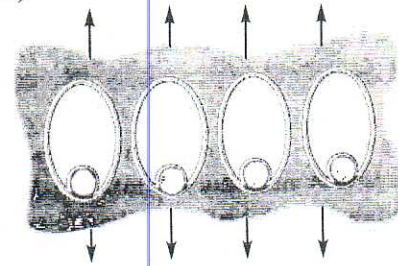


**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) Зинера-Стро-Петча;
- 2) Коттрелла;
- 3) Баллафа-Гилмана.

ЗАДАНИЕ №3 (выберите один вариант ответа)

Рисунок иллюстрирует микро-механизм разрушения металлов: ...



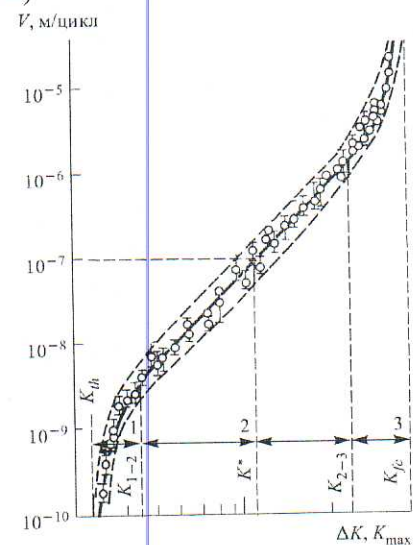
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) вязкое разрушение;
- 2) транскристаллитный скол;
- 3) межзеренный скол.

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №4

ЗАДАНИЕ №1 (выберите один вариант ответа)

На рисунке представлена ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) кинетическая диаграмма усталостного разрушения;
- 2) иллюстрация двухпараметрического критерия механики разрушения;
- 3) схема распространения трещины при квазистатическом нагружении.

ЗАДАНИЕ №2 (выберите один вариант ответа)

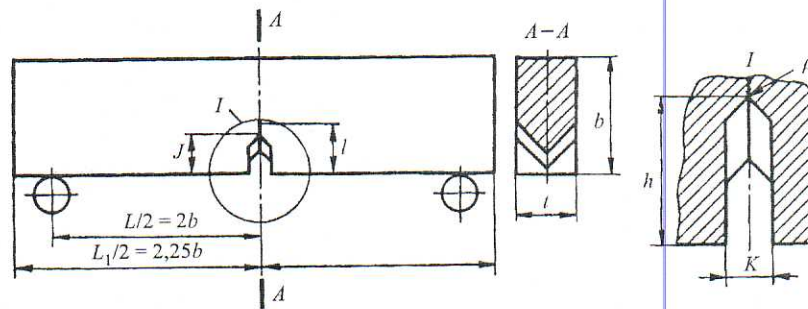
Формула Пэриса для скорости роста трещины имеет вид ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)  $\frac{d\ell}{dN} = C \Delta K_{eff}^m$ ;
- 2)  $\frac{d\ell}{dN} = C \left( \frac{\Delta K - \Delta K_{th}}{K_{fc} - K_{max}} \right)^m$ ;
- 3)  $\frac{d\ell}{dN} = C (\Delta K - \Delta K_{th})^2 \left( 1 + \frac{\Delta K}{K_{fc} - K_{max}} \right)$ .



ЗАДАНИЕ №3 (выберите один вариант ответа)



На рисунке схематично изображён ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) плоский образец для испытаний на трехточечный изгиб;
- 2) цилиндрический образец для испытаний на осевое растяжение;
- 3) прямоугольный образец для испытаний на внецентренное растяжение.

Примерный перечень вопросов к зачёту (7 семестр)

1. Кристаллическое строение металлов и сплавов. Понятие об изотропии и анизотропии. Влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов.
2. Форма кристаллов и строение слитков. Дефекты кристаллического строения. Аморфное состояние материалов. Полиморфные превращения.
3. Упругая и пластическая деформация. Понятие об основных механических свойствах металлов и сплавов. Испытания на прочность. Диаграмма растяжения.
4. Методы определения твердости.
5. Испытания на ударную вязкость.
6. Испытания на усталость.
7. Испытания на ползучесть материала.
8. Понятие о сплавах. Классификация и структура металлов и сплавов. Основные равновесные диаграммы состояния двойных сплавов. Связь между диаграммами состояний и свойствами двухкомпонентных сплавов.
10. Диаграмма состояния «железо – углерод». Критические точки на диаграмме состояния «железо-углерод».
11. Классификация видов термической обработки металлов и сплавов. Отжиг I и II рода. Нормализация. Закалка с полиморфным и без полиморфного превращений.
12. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Полный отжиг конструкционных сталей. Закалка конструкционных и инструментальных сталей. Специальные виды закалки стали.
13. Нормализация инструментальных сталей. Отпуск стали. Отпуская хрупкость.

14. Понятие о химико-термической обработке сплавов. Цементация. Азотирование. Силицирование. Диффузионная металлизация. Применяемое оборудование.
15. Понятие о термо-механической обработке металлов и сплавов. Низкотемпературная, высокотемпературная, предварительная термо-механическая обработка. Термо-механическая обработка стали.
16. Классификация конструкционных материалов. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Конструкционные стали. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.
17. Маркировка конструкционных сталей. Технологические свойства конструкционных материалов.
18. Материалы для режущих и измерительных инструментов. Быстрорежущие стали. Спеченные твердые сплавы.
19. Материалы с высокой твердостью поверхности. Сверхтвердые материалы.
20. Материалы с малой плотностью.
21. Материалы с высокими упругими свойствами.
22. Материалы с высокой удельной прочностью.
23. Коррозионно-стойкие материалы. Коррозионно-стойкие покрытия.
24. Жаростойкие материалы. Жаропрочные материалы.
25. Классификация и области применения неметаллических материалов. Пластмассы.
26. Керамические материалы.
27. Каучук и его производные.
28. Неорганические стекла.
29. Композиционные материалы на неметаллической основе.

#### Примерный перечень вопросов к экзамену (9 семестр)

1. Виды связей и тепловое движение частиц в твердых телах. Теоретическая прочность твердого тела.
2. Пластическая деформация и теоретическая прочность кристаллов на сдвиг.
3. Дефекты кристаллической решетки.
4. Дислокационные механизмы и критерий образования микротрещин.
5. Микромеханизмы разрушения твердых тел.
6. Распространение микроструктурно и физически коротких усталостных трещин.
7. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины.
8. Коэффициент интенсивности напряжений. Приближенные методы расчета.
9. Критерий разрушения механики трещин. Силовой и энергетический критерии разрушения.
10. Поток упругой энергии в вершину трещины.



11. Поправка Ирвина. Зона пластической деформации.
12. Критерий критического раскрытия в вершине трещины.
13. Энергетический контурный  $J$ -интеграл.
14. Коэффициент интенсивности деформаций в пластической области.
15. Двухпараметрические критерии разрушения. Диаграмма трещиностойкости тела с трещиной и надрезом.
16. Взаимосвязь критериев нелинейной механики разрушения.
17. Устойчивый и неустойчивый рост трещин.
18. Механика усталостного разрушения.
19. Динамическая механика разрушения.
20. Механика контактного разрушения и изнашивания.
21. Рост трещин при ползучести.
22. Механика коррозионного разрушения.
23. Вычислительная механика разрушения.
24. Экспериментальная механика разрушения.
25. Эволюционный подход в задачах механики трещин.
26. Двухпараметрический  $J_c^*$ -критерий разрушения тела с трещиной.
27. Анализ условий зарождения трещин малоциклового усталости у концентратора напряжений.
28. Кинетика водорода в зонах концентрации напряжений при зарождении и росте трещин.
29. Механика катастроф.
30. Безопасность, живучесть и ресурс поврежденных технических систем.
31. Безопасные трещиноподобные дефекты в линейной части магистрального трубопровода.

## **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Зайцев Ю. В. Механика разрушения для строителей : учебное пособие / Ю.В. Зайцев, Г.Э. Окольников, В.В. Доркин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 216 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».
2. Материаловедение : учеб. пособие для вузов / Л. В. Тарасенко, С. А. Пахомова, М. В. Унчикова, С. А. Герасимов ; под ред. Л. В. Тарасенко. – Москва : НИЦ Инфра-М, 2012. – 475 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

## 7.2. Дополнительная учебная литература

1. Матвиенко, Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения : монография / Ю. Г. Матвиенко. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 328 с. – Доступ из ЭБС «Znaniium.com».

2. Ковалевская Ж. Г. Основы материаловедения. Конструкционные материалы : учебное пособие / Ж.Г. Ковалевская, В.П. Безбородов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 110 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента».

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов:

– Классификация и маркировка статей [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению индивидуальной работы по технологии конструкционных материалов для студентов специальностей 140211, 151001, 151002, 150202, 190201, 190601, 190202, 220301 / Министерство образования и науки Российской Федерации [и др.] ; [сост.: Дудоров В.И. [и др.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 299 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2005. - 12 с.: рис. - Библиогр.: с. 7. – Доступ из ЭБС КГУ.

– Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали [Электронный ресурс]: методические указания для самостоятельной подготовки к лабораторной работе для студентов специальностей 080502, 150202, 151001, 200503, 220301, 190201, 190202, 190601, 190603, 190700, 190702, 280100, 140211 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра энергетики и технологии металлов ; [сост.: Дудорова Т.А., Савиных Л.М.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 1,06 Mb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2011. - 22 с.: рис. – Доступ из ЭБС КГУ.

2. Методические рекомендации к практическим занятиям:

– Теория строения материалов. материаловедение и технология конструкционных материалов : методические указания к практическим занятиям. – СПб : СЗТУ, 2004. – 47 с.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Плакаты.



Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Инженерные методы механики разрушения»**

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**01.05.01 – Фундаментальные математика и механика**

Направленность (профиль):

**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Трудоемкость дисциплины: 6 ЗЕ (216 академических часов)

Семестры: 7, 9

Форма промежуточной аттестации: Зачет, экзамен

Содержание дисциплины

Особенности атомно-кристаллического строения металлов. Механические свойства материалов и методы их оценки. Влияние химического состава на равновесную структуру сплавов. Термическая обработка металлов и сплавов. Химико-термическая и термо-механическая обработка сплавов. Конструкционные материалы. Конструкционные материалы с особыми свойствами. Неметаллические материалы. Физика и механика микроразрушений. Механика трещин в упругих телах. Механика трещин в упругопластических телах. Специальные задачи механики трещин. Эволюционные модели повреждений и разрушения твердых тел. Безопасность и живучесть технических систем.