

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ПФИЦ УрО РАН)

Принято на заседании  
Объединенного ученого совета  
ПФИЦ УрО РАН

Протокол № 7  
«10» сентября 2021 г.



**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**«Современные экспериментальные методы в механике»**

ПЕРМЬ, 2021

## 1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля. Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### 1.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей **знаний, умений и владений** дисциплинарных частей компетенций проводится в форме устного опроса и защиты отчета по творческому заданию.

#### Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений при устном опросе

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Слушатель достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Не зачтено</i>	Слушатель демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

#### Критерии оценивания защиты отчета творческого задания

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Слушатель выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение</b> полученных <b>знаний и умений</b> , слушатель ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Слушатель может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Не зачтено</i>	Слушатель демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

### 1.2 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Аттестация проводится в виде зачета по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций (Приложение 1).

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов **знать, уметь, владеть** заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

### Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Слушатель продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Слушатель выполнил практическое задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал отличные или сопровождающиеся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Не зачтено</i>	<p>При собеседовании с преподавателем слушатель продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b>. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении практического задания слушатель продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках учебного процесса. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

### Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Слушатель получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Не зачтено</i>	Слушатель получил по дисциплине оценку «не зачтено»

## 2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по программе.

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности слушателя применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.

3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения слушателем интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;

- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;

- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

### **3. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Типовые вопросы для текущего контроля по дисциплине:**

1. Перечислите дефекты кристаллической решетки.
2. Какой из дефектов: вакансия, дислокация или пора, является точечным?
3. Какой из дефектов: вакансия, дислокация или пора, является линейным?
4. Чем определяются механические свойства реальных кристаллических тел?
5. Назовите правильный тип дислокации (прямая, косая, краевая).
6. Как направлен вектор Бюргерса по отношению к краевой дислокации?
7. Как направлен вектор Бюргерса по отношению к винтовой дислокации?
8. Какая величина вносит основной вклад в изменение энтропии и свободной энергии?
9. Назовите связь равновесной концентрации вакансий с температурой.
10. Что такое ядро дислокации, дислокационная стенка и дислокационный диполь?
11. Дайте определение дислокационного барьера.
12. Что является геометрическим образом дислокации?
13. Чему равна теоретическая оценка сопротивления отрыву межатомных связей?
14. Как меняется энергия при возникновении и росте трещины согласно критерию Гриффитса?
15. Назовите зародыши нарушений сплошности, которые при необходимых условиях могут превратиться в растущие трещины.

#### **3.2 Перечень тем творческих заданий:**

1. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.

2. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.

3. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Метод разложения по собственным функциям в задаче о построении асимптотик полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.

4. Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения. Силовой подход в механике разрушения: модели Баренблатта и Ирвина. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина.

5. J-интеграл Эшелби–Черепанова–Райса и его инвариантность. Вычисление потока энергии в вершину трещины. JR–кривая.
6. Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).
7. Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Оценка линейного размера пластической зоны у вершины трещины по Ирвину. Поле скольжения у вершины трещины нормального отрыва в идеально пластическом теле. Модель трещины Леонова–Панасюка–Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.
8. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Формула Журкова. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.
9. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.
10. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова–Работнова.
11. Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений. Накопление повреждений в условиях ползучести.

### **3.3 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Современные представления о механизмах разрушения, роль дефектов, микро- и мезоскопическими механизмами развития поврежденности; с микро- и макроскопическими моделями накопления повреждений, зарождения и распространения трещин.
2. Дефекты в твердых телах (вакансии, поры, дислокации, микротрещины). Макроскопические трещины. Устойчивость и рост трещин (модели Гриффитса, Ирвина, Дагдейла).
3. Статистические подходы при описании закономерностей накопления повреждений, схемы усреднения, эффективные свойства материалов с дефектами; феноменологические модели накопления повреждений.
4. Особенности накопления повреждений в квази-хрупких, пластичных материалах. Приложения к стеклам, керамикам, металлам и сплавам, в том числе с субмикроструктурной структурой, композитам.
5. Особенности кинетики разрушения при квазистатическом, усталостном (малоцикловом, многоцикловом и гигацикловом), динамическом и ударно-волновом нагружении. Нелинейные континуальные модели разрушения. Модель Качанова-Работнова. Модель Джонсона-Кука. Модель Армстронга–Зерилини. Модель Пэрисамногоциклового усталостного разрушения. Модель Мэнсона–Коффина малоциклового разрушения.
6. Закономерности разрушения композиционных материалов.
7. Стадийность динамического распространения трещин (устойчивое, динамика с ветвлением, множественное разрушение).
8. Статистические закономерности фрагментации. Теория Колмогорова. Теория Мотта. Теория Грэди.
9. Экспериментальные методы исследования кинетики поврежденности (микротрещин), стадийности разрушения.
10. Экспериментальные методы исследования разрушения при квазистатическом, усталостном (мало-, много-, гигацикловом), динамическом и ударно-волновом нагружениях).
11. Современные методы структурного анализа поврежденности (морфология и профилометрия поверхности разрушения, атомно-силовая микроскопия).

### 3.4 Типовые контрольные вопросы для оценивания умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Бесконечно большой лист подвергнут воздействию растягивающего напряжения величиной 350 МПа. В листе обнаружена центральная трещина длиной 17 мм. Предел текучести материала составляет 500 МПа. Рассчитать величину КИН и размер зоны пластической деформации у вершины трещины.

2. В металлической панели шириной  $W = 250$  мм обнаружена сквозная поперечная трещина длиной  $2a = 22$  мм. Панель нагружена растягивающей силой  $P = 18$  кН. Вязкость разрушения материала равна  $K_{1C} = 60$  МПа·м<sup>0,5</sup>, а КИН определяется формулой

$$K = \frac{P}{Wt} \sqrt{a} \cdot Y$$

$$Y = 1,77 + 0,227 \left( \frac{2a}{W} \right)$$

Определить для какой ширины панели обнаруженная трещина является безопасной.

3. Консольный образец длиной 120 мм и диаметром 5,0 мм испытывается на усталостную прочность по схеме вращения с изгибом. Частота вращения образца  $n = 750$  об/мин, изгибающее усилие 350 Н. Определить длительность испытания до разрушения,

если известно уравнение циклической долговечности  $N = \left( \frac{1250}{\sigma} \right)^{6.5}$ , где:  $\sigma$ - амплитудное значение циклического напряжения в МПа.

4. Широкая пластина подвергается циклическому растяжению, не выходящих за рамки упругих деформаций. Амплитудное значение абсолютной деформации составляет  $\Delta L = 0,35$  мм. В центральной части пластины обнаружена сквозная трещина длиной  $2a = 12$  мм. Модуль упругости  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, а уравнение роста усталостной трещины имеет вид

$$\frac{da}{dN} = 4,2 \cdot 10^{-39} (\Delta K)^4$$

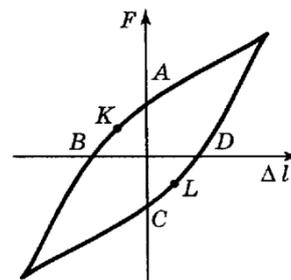
Образец разрушился после  $N=10^6$  циклов нагружения. Определить вязкость разрушения материала. Формулу для расчета КИН принять как для бесконечной пластины  $K = \sigma \sqrt{\pi a}$ .

5. Подшипник скольжения диаметром 50 мм и длиной 40 мм воспринимает радиальную нагрузку 10 кН. Интенсивность изнашивания вала и втулки описывается единым уравнением вида  $I = Kq^m$ . Построить кривую вероятности безотказной работы для вала, вкладыша и подшипника в целом.

6. Горизонтальный железный стержень длиной  $l = 150$  см вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. При какой частоте вращения он может разорваться?

7. Длинная железная труба внутренним диаметром  $d = 30$  см, длиной 200 м и толщиной стенок  $b = 0,5$  см расположена горизонтально. Концы трубы перекрыты. Труба заполнена водой, причем разность давлений воды и наружного воздуха равна  $4,9 \cdot 10^6$  Па. Какой объем воды вытечет из трубы, если по верхней линии ее стенки образуется трещина?

8. На рисунке показана зависимость упругой силы  $F$  от деформации  $\Delta l$  при циклическом деформировании тела в случае наличия гистерезиса. Потенциальная энергия деформированного тела в состояниях, соответствующих точкам А, В, С и D, равна нулю, а в состояниях, соответствующих точкам К и L, является отрицательной. Объясните эти результаты.

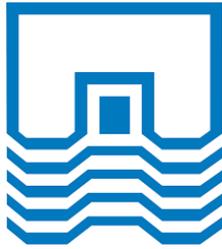


9. Горизонтальный железный стержень длиной  $l = 150$  см

вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. При какой частоте вращения он может разорваться?

10. К двум противоположным граням однородного кубика приложены две равные противоположно направленные растягивающие силы. Если эти грани удаляются друг от друга на расстояние  $\Delta l$ , то четыре другие грани сближаются на расстояние  $\mu \Delta l$ . Предположим, что силы, действующие на две первые грани, исчезли, а на четыре остальные грани действуют попарно равные сжимающие силы, такие, что эти грани остаются на прежнем расстоянии (т. е. сближены на  $\mu \Delta l$ ). Останется ли форма кубика такой, какой она была при наличии двух растягивающих сил?

11. Определите энергию упругой деформации растяжения стальной проволоки длиной  $l = 4$  м и диаметром  $d = 2$  мм, при действии силы 294 Н.



"Институт механики сплошных сред Уральского  
отделения Российской академии наук" - филиал  
ФГБУН Пермский федеральный  
исследовательский центр УрО РАН

Программа ДПП ПК

Программа  
«Современные экспериментальные методы в  
механике»

**БИЛЕТ №1**

1. Современные представления о механизмах разрушения, роль дефектов, микро- и мезоскопическими механизмами развития поврежденности; с микро- и макроскопическими моделями накопления повреждений, зарождения и распространения трещин. (*контроль знаний*).
2. Бесконечно большой лист подвергнут воздействию растягивающего напряжения величиной 350 МПа. В листе обнаружена центральная трещина длиной 17 мм. Предел текучести материала составляет 500 МПа. Рассчитать величину КИН и размер зоны пластической деформации у вершины трещины. (*контроль умений и навыков*).

Преподаватель

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.