

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 № 6
«2» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ПФИЦ УрО РАН
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.
О.А. Плехов
«12» сентября 2022 г.



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

**«Избранные главы механики разрушения. Технологии поверхностного
упрочнения»**

ПЕРМЬ, 2022

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 и критерии оценивания защиты отчета творческого задания приводятся в таблицах 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1. - 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.

Таблица 1.2. - 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 применение полученных знаний и умений , 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.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности знаний, умений и навыков, полученных при обучении по всем темам разделов программы (Приложение 1).

Оценка результатов обучения по программе, контролирующая уровень сформированности знаний, умений и навыков, полученных при обучении по всем разделам программы, проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3. – Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

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

При оценке уровня сформированности знаний, умений и навыков, полученных при обучении по всем разделам программы в рамках выборочного контроля при сдаче зачета, считается, что полученная оценка проверяемой в билете части программы обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех знаний, умений и навыков, полученных при обучении по всем разделам программы, проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

Таблица 145. - Оценочный лист уровня сформированности полученных при обучении знаний, умений и навыков на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности знаний, умений и навыков	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 итоговой 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 дополнительной профессиональной программы

3.1 Типовые вопросы для текущего контроля по ДПП:

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. Как меняется энергия при возникновении и росте трещины согласно критерию Гриффитса?
9. От чего зависит скорость роста усталостной трещины согласно закону Пэриса?
10. Как влияют сжимающие остаточные напряжения на процесс распространения трещины?
11. Как изменяется структура материала при воздействии лазерного удара?
12. Какие средства защиты необходимы при работе на лазерной установке?
13. Основные составляющие установки по лазерному ударному упрочнению.
14. За счет чего улучшаются прочностные и усталостные свойства после лазерного ударного упрочнения?
15. Как размер площади поперечного сечения лазерного пучка влияет на плотность энергии воздействия при одинаковой энергии лазера?

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. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.
4. 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. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.
7. Оптические элементы технологических лазеров. Их основные характеристики и требования к ним. Способы изменения профиля лазерного пучка и его площади. Оптические схемы объективов.
8. Влияние полей остаточных напряжений на многоцикловую усталость деталей с различными концентраторами напряжений.
9. Экспериментальные методы определения наличия и уровня остаточных напряжений в металлоизделиях.
10. От первых оптических квантовых генераторов к современным технологическим лазерным системам. История развития лазерных технологий, виды лазеров.
11. Принцип работы лазера. Энергетические и временные характеристики лазеров. Режимы работы лазеров: свободная генерация, модуляция добротности, синхронизация мод и др. Основные типы лазеров: твердотельные Nd-YAG лазеры, CO₂ лазеры, волоконные лазеры, полупроводниковые лазеры. Структурная схема лазерной технологической установки.

3.3 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по ДПП:

1. Современные представления о механизмах разрушения, роли дефектов, микро- и мезоскопическими механизмами развития поврежденности.
2. Дефекты в твердых телах (вакансии, поры, дислокации, микротрещины). Макроскопические трещины. Устойчивость и рост трещин (модели Гриффитса, Ирвина, Дагдейла).
3. Особенности кинетики разрушения при усталостном (малоцикловом, многоцикловом и гигацикловом) и ударно-волновом нагружении. Нелинейные континуальные модели разрушения. Модель Джонсона-Кука. Модель Пэриса многоциклового усталостного разрушения.
4. Влияние остаточных напряжений на усталостные свойства металлов и сплавов. Экспериментальные методы измерения остаточных напряжений.
5. Виды упрочнения материалов (прокатка, дробеструйная обработка, пластическое выглаживание, ультразвуковое упрочнение, лазерное ударное упрочнение).
6. Физический принцип технологии лазерного ударного упрочнения. Обзор и классификация установок для лазерного ударного упрочнения. Основные составляющие различных модификаций установок по лазерному ударному упрочнению. Сферы применения технологии лазерного ударного упрочнения.
7. Общая схема установки для лазерного ударного упрочнения на базе ИМСС УрО РАН (лазер, объективы, шестиосевой робот, программно-аппаратный комплекс, установка по измерению остаточных напряжений). Особенности оптики, используемой в установке для лазерного ударного упрочнения.
8. Техника безопасности при работе на установке по лазерному ударному упрочнению.
9. Структурные изменения металлов после лазерного ударного упрочнения. Исследование структуры современными экспериментальными методами (EBSD анализ).
10. Усталостные свойства металлов после лазерного ударного упрочнения

11. Особенности исследования ударных волн с помощью лазерного ударного воздействия.

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

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 $K_{IC} = 60$ МПа·м^{0,5}, 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: σ - 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

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

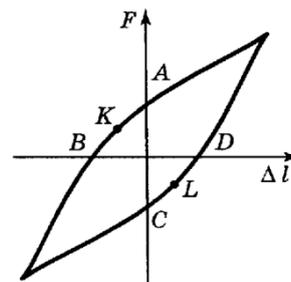
Образец разрушился после $N = 10^6$ циклов нагружения. Определить вязкость разрушения материала. Формулу для расчета КИН принять как для бесконечной пластины $K = \sigma \sqrt{\pi a}$.

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 Δl 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 Δl , 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 наук¹ - филиал
ФГБУН Пермский федеральный
исследовательский центр УрО РАН

Программа ДПП ПК

Дисциплина
«Избранные главы механики разрушения.
Технологии поверхностного упрочнения»

БИЛЕТ №1

1. Особенности кинетики разрушения при усталостном (малоцикловом, многоцикловом и гигацикловом) и ударно-волновом нагружении. Нелинейные континуальные модели разрушения. Модель Джонсона-Кука. Модель Пэриса многоциклового усталостного разрушения (*контроль знаний*).

2. 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 $K = \sigma\sqrt{\pi a}$ (*контроль умений и навыков*).

Преподаватель

_____ (подпись)

А.Ю. Изюмова

« _____ » _____ 20__ г.