

**УТВЕРЖДАЮ**

И. о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)  
" 30 " \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2024 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Механика контактного взаимодействия и разрушения**

Направление подготовки  
**15.03.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки  
**Компьютерные и цифровые технологии в машиностроении**

Квалификация выпускника  
**Бакалавр**

**Воронеж**

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Механика контактного взаимодействия и разрушения» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

28 Производство машин и оборудования (в сфере повышения надежности и долговечности работы деталей, узлов и механизмов);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: обеспечения необходимой динамики, прочности, устойчивости, рациональной оптимизации, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов; расчетно-экспериментальных работ с элементами научных исследований в области прикладной механики; разработки и проектирования новой техники и технологий).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- проектно-конструкторский;
- научно-исследовательский;
- производственно-технологический.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (уровень образования - бакалавр).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Компетенция	Формулировка компетенции:	Код и наименование индикаторов достижения компетенций
ПК <sub>в</sub> -2	Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления;	ИД1 <sub>ПКв-2</sub> – Проводит функциональный, технический и технологический анализ проектируемых конструкций и машин ИД2 <sub>ПКв-2</sub> – Выполняет расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость ИД3 <sub>ПКв-2</sub> – Конструирует узлы и детали машин с учетом технологичности их изготовления
ПК <sub>в</sub> -6	Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники).	ИД1 <sub>ПКв-6</sub> – Разрабатывает математические модели, характеризующие физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники ИД2 <sub>ПКв-6</sub> – Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов

№	Код и наименование индикатора достижения компетенции:	Результаты обучения (показатели оценивания)
1	ИД1 <sub>ПКв-2</sub> – Проводит функциональный, технический и технологиче-	Знать методы и способы анализа конструкций и машин.

	ский анализ проектируемых конструкций и машин	<p><i>Уметь</i> выполнять функциональный, технический и технологический анализ.</p> <p><i>Владеть</i> методиками проведения технического и технологического анализа конструкций и машин.</p>
	ИД2 <sub>ПКв-2</sub> — Выполняет расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость	<p><i>Знать</i> методы и способы расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость.</p> <p><i>Владеть</i> методиками выполнения расчетов конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость..</p>
	ИД3 <sub>ПКв-2</sub> — Конструирует узлы и детали машин с учетом технологичности их изготовления	<p><i>Знать</i> типы и основные конструкции узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять конструирование узлов и деталей машин.</p> <p><i>Владеть</i> методами конструирования узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления.</p>
2	ИД1 <sub>ПКв-6</sub> — Разрабатывает математические модели, характеризующие физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники	<p><i>Знать</i> основные типы математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять анализ математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в объектах современной техники..</p> <p><i>Владеть</i> методиками и инструментарием разработки математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники.</p>
	ИД2 <sub>ПКв-6</sub> — Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов	<p><i>Знать</i> методы и способы планирования, организации и проведения экспериментальных исследований.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов.</p> <p><i>Владеть</i> методами планирования, организации и проведения экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов.</p>

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО:

Дисциплина блока дисциплин по выбору «Механика контактного взаимодействия и разрушения» базируется на знаниях, умениях и компетенциях, сформированных при изучении предшествующих дисциплин: «Теория механизмов и основы робототехники», «Аналитическая динамика и теория колебаний», «Детали машин и основы конструирования», «Основы теории пластичности и ползучести».

Дисциплина является предшествующей для дисциплины: «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «Планирование эксперимента и методы обработки экспериментальных данных», «Живучесть технических систем». защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>45,85</b>	<b>45,85</b>
Лекции	15	15
в том числе в виде практической подготовки	-	-
Практические занятия	30	30
в том числе в виде практической подготовки	30	30
Консультации текущие	0,75	0,75
Виды аттестации (зачет)	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>62,15</b>	<b>62,15</b>
Проработка материалов по конспектам лекций.	7,5	7,5
Проработка материала дисциплины по учебникам.	39,65	39,65
Подготовка к практическим занятиям	15	15

**5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ /п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
1	Механика разрушения	Предмет и возникновение механики разрушения. Основные методы расчетов элементов конструкций. Методы расчета элементов конструкций на сопротивление разрушению и контактное взаимодействие Риски и факторы профессиональной опасности. Линейная механика разрушения. Типы трещин Напряженное состояние у вершины трещины. Метод комплексных потенциалов. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы расчета коэффициента интенсивности напряжений. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ - образце. Задача Обеимова. Силовой критерий локального разрушения. Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ - образце. Задача Обеимова. Силовой критерий локального разрушения. Вязкость разрушения. Поток энергии в вершину трещины. Энергетический критерий локального разрушения. Эквивалентность критериев. Устойчивость и неустойчивость роста трещины. Механика упругопластиче-	87

	2 Контактное взаимодействие упругих тел	<p>История и основные приложения механики контактного взаимодействия. Деформация упругого полупространства под действием поверхностных сил. Поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности. Задача Герца о сжатии двух упругих тел.</p> <p>Геометрия контактирующих гладких поверхностей. Распределение напряжений при касании упругих тел. Деформация упругого полупространства под действием касательных напряжений.</p> <p>Скольжение упругих тел. Влияние адгезии</p>	20,15

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	ЛР, час	СРО, час
1	Механика разрушения	12	25	--	50
2	Контактное взаимодействие упругих тел	3	5	---	12,15

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1	Механика разрушения	Лекция 1. Предмет и возникновение механики разрушения. Основные методы расчетов элементов конструкций. Методы расчета элементов конструкций на сопротивление разрушению и контактное взаимодействие	2
		Лекция 2. Теоретическая и реальная прочность. Модель Гриффитса. Риски и факторы профессиональ-	2

		ной опасности. Линейная механика разрушения. Типы трещин. Напряженное состояние у вершины трещины	
		Лекция 3. Метод комплексных потенциалов. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы расчета коэффициента интенсивности напряжений. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений	2
		Лекция 4. Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ - образце. Задача Обеймова. Силовой критерий локального разрушения. Вязкость разрушения. Поток энергии в вершину трещины. Энергетический критерий локального разрушения. Эквивалентность критериев. Устойчивость и неустойчивость роста трещины. Механика упругопластического разрушения	2
		Лекция 5. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Силы сцепления. Модель трещины Христиановича - Беренблатта. Модель Леонова Панасюка – Дагдейла. Влияние упрочнения. Распределение напряжений у вершины трещины в материале со степенным упрочнением	2
		Лекция 6. Механика коррозионного разрушения. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная, феноменологическая). Математическая модель коррозионного роста трещины. Механика усталостного разрушения. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Рост трещин при циклическом нагружении. Формула Париса. Теоретические зависимости роста усталостных трещин. Усталостная долговечность. Пластические зоны у вершины трещины. Ускорение и торможение роста усталостных трещин.	2
2	Контактное взаимодействие упругих тел	Лекция 7. История и основные приложения механики контактного взаимодействия. Деформация упругого полупространства под действием поверхностных сил. Поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности. Задача Герца о сжатии двух упругих тел. Геометрия контактирующих гладких поверхностей. Распределение напряжений при качении упругих тел. Деформация упругого полупространства под действием касательных напряжений. Скольжение упругих тел. Влияние адгезии.	3

## 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела	Тематика занятий	Трудоемкость, ак.ч.
1	Механика разрушения	Практическое занятие 1. Распределение напряжений и перемещений у вершины полубесконечной трещины для трещин отрыва, продольного и поперечного сдвига. Коэффициенты интенсивности напряжений для изолированной прямолинейной трещины в бесконечной упругой области.	4
		Практическое занятие 2. Трещина обобщенного нормального отрыва. Траектория развития трещины. Образцы для испытаний по определению трещиностойкости.	4
		Практическое занятие 3. Трещины вблизи концентраторов напряжений. Трещины в круговой пластине или цилиндре	4
		Практическое занятие 4. Критерий осреднения напряжений у вершины трещины (критерий Новожилова).	4

		Метод годографа в задачах антиплоского сдвига	
		Практическое занятие 5. Структура конца полубесконечной трещины для идеального упругопластического материала. Разгрузка и повторнонагружение трещины в модели Дагдейла.	4
		Практическое занятие 6. Метод годографа в задачах антиплоского сдвига. Структура конца полубесконечной трещины для упругопластического материала с упрочнением.	5
2	Контактное взаимодействие упругих тел	Практическое занятие 7. Геометрия контактирующих поверхностей. Задача Герца и модель упругого основания. Вычисление распределения напряжений, деформаций в зоне контакта. Деформация упругого полупространства под действием касательных напряжений. Скольжение упругих тел. Влияние адгезии.	5

5.2.3 Лабораторный практикум  
Не предусмотрен.

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Механика разрушения	Проработка материалов по конспектам лекций. Проработка материала дисциплины по учебникам. Подготовка к практическим занятиям	50
2	Контактное взаимодействие упругих тел	Проработка материалов по конспектам лекций. Проработка материала дисциплины по учебникам. Подготовка к практическим занятиям	12,15

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Земсков, А. В. Основы механики контактного взаимодействия деформируемых тел : учебное пособие / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков. — Москва : МАИ, 2022. — 87 с. <https://e.lanbook.com/book/256289>
2. Основы механики контактного взаимодействия и разрушения : учебное пособие / Е. В. Матвеева, М. А. Васечкин, М. Е. Литвинов, Л. Б. Лихачёва. — Воронеж : ВГУИТ, 2023. — 51 с. <https://e.lanbook.com/book/345260>, <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/9338>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Гуляев, В. П. Специальный раздел механики. Деформации и разрушение стальных изделий : учебное пособие (гриф НМС) / В. П. Гуляев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 -232 с <https://e.lanbook.com/book/209981>
2. Леденев, В. В. Теоретические основы механики деформирования и разрушения : монография / В. В. Леденев, В. Г. Однолько, З. Х. Нгуен. — Тамбов : ТГТУ, 2020. — 315 с <https://e.lanbook.com/book/320159>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения практических работ. Учебно-

методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.

#### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsu.ru">http://education.vsu.ru</a>

#### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

**При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение**

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
Альт Образование	Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>  Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Libre Office 6.1	Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)
КОМПАС 3D LT v 12	(бесплатное ПО) <a href="http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html">http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html</a>

T-FLEX CAD 3D Университетская	Договор № 74-В-ТСН-3-2018 с ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ» от 07.05.2018 г. Лицензионное соглашение № А00007197 от 22.05.2018 г.
Компас 3D V21	Лицензионное соглашение с ЗАО «Аскон» № КАД-16-1380 Сублицензионный договор с ООО «АСКОН-Воронеж» от 09.02.2022 г.
APM WinMachine	Лицензионное соглашение с ООО НТЦ «АПМ» № 105416 от 22.11.2016 г.

#### **Справочно-правовые системы**

<b>Программы</b>	<b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

## **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий:

1	<p><b>Учебная аудитория № 124</b> для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации</p> <p>Мебель для учебного процесса - 15 комплект.</p> <p>Переносное мультимедийное оборудование: проектор ViewSonicPJD 5232, экран на штативе DigisKontur-CDSKS-1101.</p> <p>Доска 3-х элементная мел/маркер</p>
2	<p><b>Учебная аудитория № 126</b> для проведения лабораторных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Компьютерный класс</p> <p>Комплект мебели для учебного процесса - 7 шт.</p> <p>Переносное мультимедийное оборудование:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Проектор ViewSonicPJD 5232,</li> <li>2.Экран на штативе DigisKontur-CDSKS-1101.</li> <li>3. NotebookLENOVO</li> </ol> <p>Лабораторно-испытательное оборудование:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Металлографический микроскоп Optika XDS-3MET</li> <li>5. Разрывная машина IP20 2166P-5/500</li> <li>6. Блок управления ПУ-7 УХЛ 4.2.</li> </ol>
3	<p><b>Учебная аудитория № 127</b> для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации</p> <p>Комплекты мебели для учебного процесса – 25шт.</p> <p>Машина испытания на растяжение МР-0,5, Машина испытан.на кручение КМ-50, Машина универсальная разрывная УММ-5, Машина испытания пружин МИП-100, Машина разрывная УГ 20/2, Машина испытан.на усталость МУИ-6000</p> <p>Копер маятниковый</p>
4	<p><b>Учебная аудитория № 127А</b></p> <p>для проведения лабораторных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Компьютерный класс</p> <p>Компьютеры PENTIUM 2.53/2.8/ 3.2 с доступом в сеть Интернет- 12 шт.</p> <p>Коммутатор D-Link DES-1024 D/E</p> <p>Notebook ASUS G2S</p> <p>Плоттер HP Design Jet 500 PS</p>
5	<p><b>Учебная аудитория № 133</b> для проведения занятий лекционного типа, практические</p>

	ских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации Комплект мебели для учебного процесса - 10 компл. Переносное мультимедийное оборудование: проектор ViewSonicPJD 5232, экран на штативе DigisKontur-CDSKS-1101.
6	<b>Учебная аудитория № 227</b> для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации Комплекты мебели для учебного процесса – 30шт. Интерактивная доска SMARTBoardSB660 64 Комплект лабораторного оборудования для проведения дисциплины "Детали машин и основы конструирования": Машина тарировочная. Прибор ТММ105-1 Стенды методические

Дополнительно для самостоятельной работы обучающихся используются читальные залы ресурсного центра ВГУИТ оснащенные компьютерами со свободным доступом в сеть Интернет и библиотечным и информационно- справочным системами

### **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Оценочные материалы** (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**АННОТАЦИЯ**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«МЕХАНИКА КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РАЗРУШЕНИЯ»**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№	Код и содержание компетенции:	Код и наименование индикаторов достижения компетенций
1	<b>ПК<sub>в</sub>-2</b> Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления;	<b>ИД1<sub>ПК<sub>в</sub>-2</sub></b> – Проводит функциональный, технический и технологический анализ проектируемых конструкций и машин  <b>ИД2<sub>ПК<sub>в</sub>-2</sub></b> – Выполняет расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость  <b>ИД3<sub>ПК<sub>в</sub>-2</sub></b> – Конструирует узлы и детали машин с учетом технологичности их изготовления
2	<b>ПК<sub>в</sub>-6</b> Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники).	<b>ИД1<sub>ПК<sub>в</sub>-6</sub></b> – Разрабатывает математические модели, характеризующие физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники  <b>ИД2<sub>ПК<sub>в</sub>-6</sub></b> – Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов

**Содержание разделов дисциплины:** Механика разрушения. Предмет и возникновение механики разрушения. Основные методы расчетов элементов конструкций. Методы расчета элементов конструкций на сопротивление разрушению и контактное взаимодействие. Риски, и факторы профессиональной опасности. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние у вершины трещины. Метод комплексных потенциалов. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы расчета коэффициента интенсивности напряжений. Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ - образце. Силовой критерий локального разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ - образце. Задача Обеймова. Силовой критерий локального разрушения. Вязкость разрушения. Поток энергии в вершину трещины. Энергетический критерий локального разрушения. Эквивалентность критериев. Устойчивость и неустойчивость роста трещины. Контактное взаимодействие упругих тел. Механика упругопластического разрушения. Концепция квазихрупкого разрушения. Модель трещины Христиановича - Беренблатта. Модель Леонова Панасюка – Дагдейла Влияние упрочнения. Распределение напряжений у вершины трещины в материале со степенным упрочнением. Механика коррозионного разрушения. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная, феноменологическая). Математическая модель коррозионного роста трещины. Механика коррозионного разрушения. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная, феноменологическая). Математическая модель коррозионного роста трещины. Механика усталостного разрушения. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Рост трещин при циклическом нагружении. Формула Париса. Теоретические зависимости роста усталостных трещин. Усталостная долговечность. Пластические зоны у вершины трещины. Ускорение и торможение роста усталостных трещин. История и основные приложения механики контактного взаимодействия. Деформация упругого полупространства под действием поверхностных сил. Поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности. Задача Герца о сжатии двух упругих тел. Геометрия контактирующих гладких поверхностей. Распределение напряжений при качении упругих тел. Деформация упругого полупространства под действием касательных напряжений. Скольжение упругих тел. Влияние адгезии

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Механика контактного взаимодействия и разрушения**

**1. Требования к результатам освоения дисциплины (перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы)**

№ п /п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-2	Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления	<b>ИД1<sub>ПКв-2</sub></b> – Проводит функциональный, технический и технологический анализ проектируемых конструкций и машин
			<b>ИД2<sub>ПКв-2</sub></b> – Выполняет расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость
			<b>ИД3<sub>ПКв-2</sub></b> – Конструирует узлы и детали машин с учетом технологичности их изготовления
2	ПКв-6	Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)	<b>ИД1<sub>ПКв-6</sub></b> – Разрабатывает математические модели, характеризующие физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники
			<b>ИД2<sub>ПКв-6</sub></b> – Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
<b>ИД1<sub>ПКв-2</sub></b> – Проводит функциональный, технический и технологический анализ проектируемых конструкций и машин	<b>Знает:</b> методы и способы анализа конструкций и машин
	<b>Умеет:</b> выполнять функциональный, технический и технологический анализ состояний деталей и узлов.
	<b>Владеет:</b> методиками проведения технического и технологического анализа конструкций и машин
<b>ИД2<sub>ПКв-2</sub></b> – Выполняет расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость	<b>Знает:</b> методы и способы расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость.
	<b>Умеет:</b> выполнять расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость.
	<b>Владеет:</b> методиками выполнения расчетов конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость.
<b>ИД3<sub>ПКв-2</sub></b> – Конструирует узлы и детали машин с учетом технологичности их изготовления	<b>Знает:</b> типы и основные конструкции узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления.
	<b>Умеет:</b> выполнять конструирование узлов и деталей машин
	<b>Владеет:</b> методами конструирования узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления
<b>ИД1<sub>ПКв-6</sub></b> – Разрабатывает математические модели, характеризующие физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники	<b>Знает:</b> основные типы математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники.
	<b>Умеет:</b> выполнять анализ математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в объектах современной техники
	<b>Владеет:</b> методиками и инструментарием разработки математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники.
<b>ИД2<sub>ПКв-6</sub></b> – Планирует, организывает и проводит эксперименталь-	<b>Знает:</b> методы и способы планирования, организации и проведения экспериментальных исследований.

ных исследований по оценке характеристик механических объектов	<b>Умеет:</b> выполнять экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов.
	<b>Владеет:</b> методами планирования, организации и проведения экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов

## 2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины (описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания)

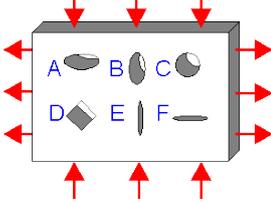
В ходе формирования компетенций при изучении дисциплины существуют следующие показатели и критерии оценивания:

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства	№№ заданий оценочных средств	Технология оценки (способ контроля)
1	Механика разрушения	ПКв-2	Тестовые задания	1-15	Проверка преподавателем
			Задания к практическим работам	31-40	Проверка преподавателем
			Вопросы к зачету	51-75	Собеседование с преподавателем
2	Контактное взаимодействие упругих тел	ПКв-6	Тестовые задания	16-30	Проверка преподавателем
			Задания к практическим работам	41-50	Проверка преподавателем
			Вопросы к зачету	76-100	Собеседование с преподавателем

## 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен) (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы)

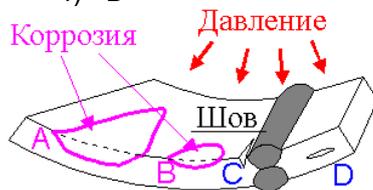
### 3.1 Тестовые задания

**3.1.1 ПКв-2:** Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления

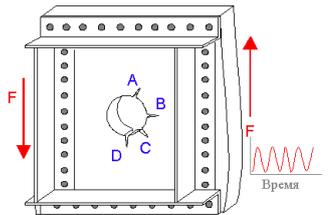
Номер задания	Тестовое задание
1	<p>Каждый дефект имеет одинаковый максимальный размер. В какой части конструкции дефект самый опасный?</p>  <p>1) A 2) B 3) C 4) E</p>
2	Сосуд давления был подвержен коррозии. неразрушающим методом контроля было

обнаружено 4 дефекта в оболочке.  
Какой дефект самый опасный?

- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

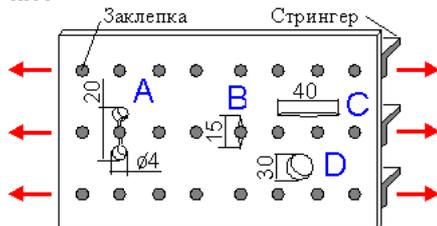


3. Какая трещина стартует первой?

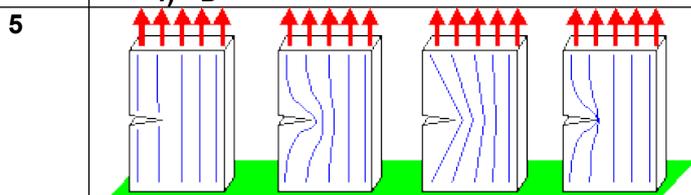


- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

4. Какой дефект является причиной окончательного разрушения при увеличении нагрузки?



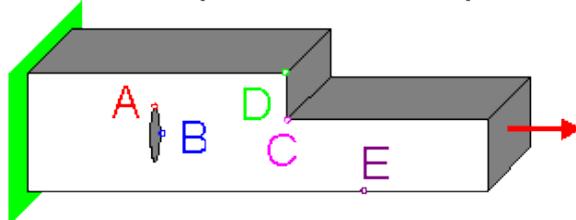
- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D



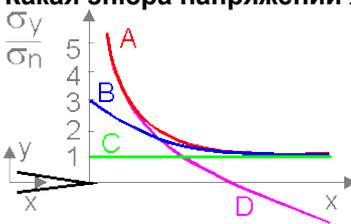
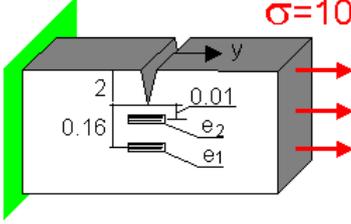
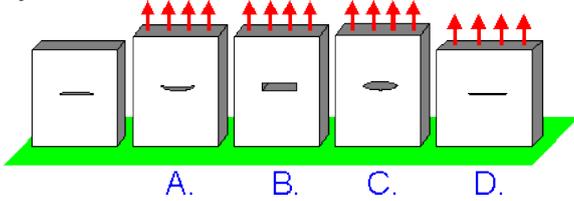
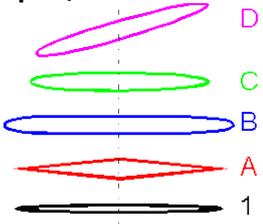
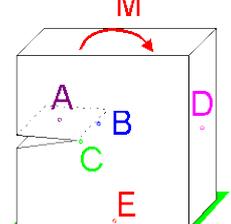
Какой образец точно показывает распределение силовых линий?

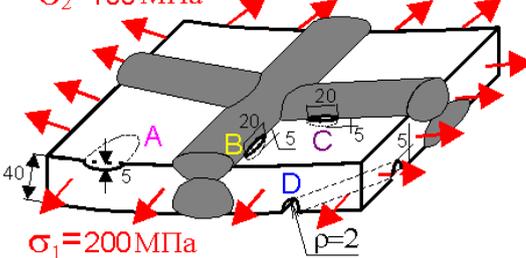
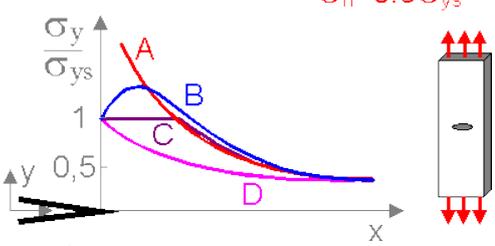
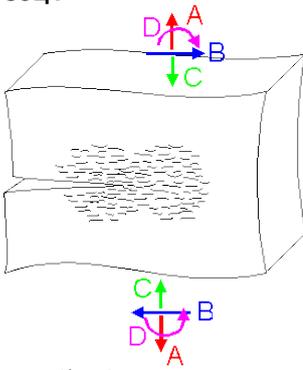
- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

6. В какой точке растягивающие напряжения максимальны?



- 1) A
- 2) B
- 3) C

<p>7</p>	<p>4) D</p> <p>Эпюра напряжений на линии продолжения трещины при растяжении пластины. Какая эпюра напряжений является наиболее точной?</p>  <p>1) A 2) B 3) C 4) D</p>
<p>8</p>	<p>Отношение деформаций растяжения <math>e_2 / e_1</math> равно</p> <p><math>\sigma = 100 \text{ МПа}</math></p>  <p>1) 0,25 2) 2 3) 4 4) 0,5</p>
<p>9</p>	<p>Какой вид имеет деформированная форма идеально упругой пластины с центральной трещиной?</p>  <p>1) A 2) B 3) C 4) D</p>
<p>10</p>	<p>Схема 1 показывает первоначальную форму и размер трещины в резиновом листе. После растяжения в вертикальном направлении форма изменилась. Какова новая форма трещины?</p>  <p>1) A 2) B 3) C 4) D</p>
<p>11</p>	

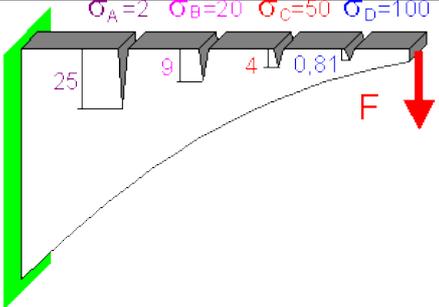
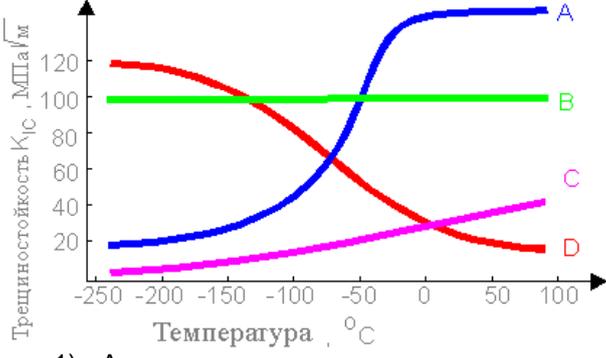
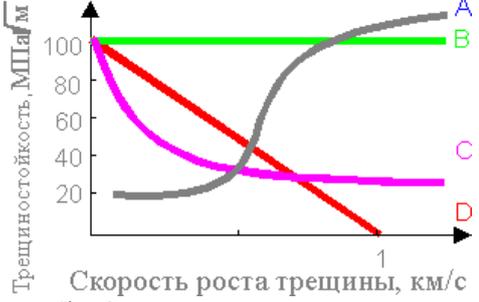
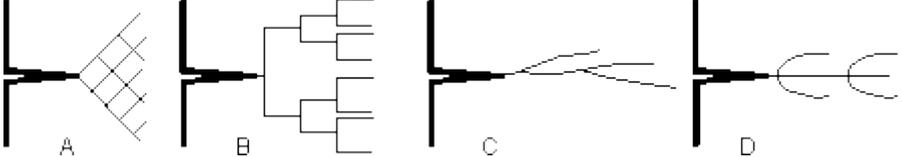
	<p>В какой точке растягивающие напряжения максимальны?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A</li> <li>2) B</li> <li>3) <b>C</b></li> <li>4) D</li> </ol>
<p>12</p>	<p>Сварное соединение сосуда давления с дефектом коррозии A, поверхностными трещинами B, C и царапиной D. Схема нагрузки двухосное растяжение. Все размеры в мм. Какой дефект имеет самый высокий коэффициент интенсивности напряжений?</p> <p><math>\sigma_2 = 100 \text{ МПа}</math></p>  <p><math>\sigma_1 = 200 \text{ МПа}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A</li> <li>2) B</li> <li>3) <b>C</b></li> <li>4) D</li> </ol>
<p>13</p>	<p>Какое распределение напряжений на линии роста трещины в центре толстой стальной пластины? YS - Предел текучести.</p> <p><math>\sigma_n = 0.5 \sigma_{ys}</math></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A</li> <li>2) <b>B</b></li> <li>3) C</li> <li>4) D</li> </ol>
<p>14</p>	<p>Имеется рябь на полированной поверхности толстой пластины из низко-углеродистой стали, которая отражает внутренние пластические деформации. Как испытывался образец?</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A</li> <li>2) <b>B</b></li> <li>3) C</li> <li>4) D</li> </ol>
<p>15</p>	<p>Эффективный размер трещины <math>2a_e</math>, который составляет пластическую деформацию, равен</p>

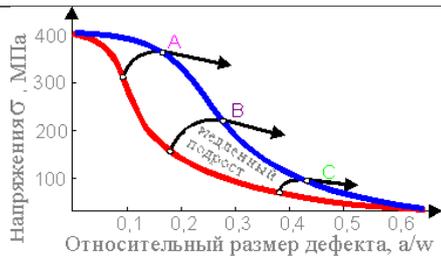
$\sigma_n = 200 \text{ МПа}$   
 $\sigma_{ys} = 400 \text{ МПа}$   
 20 мм  
 $2a_e - ?$

- 1) 20мм
- 2) **22,5мм**
- 3) 21мм
- 4) 25мм

**3.1.2 ПКв-6:** Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)

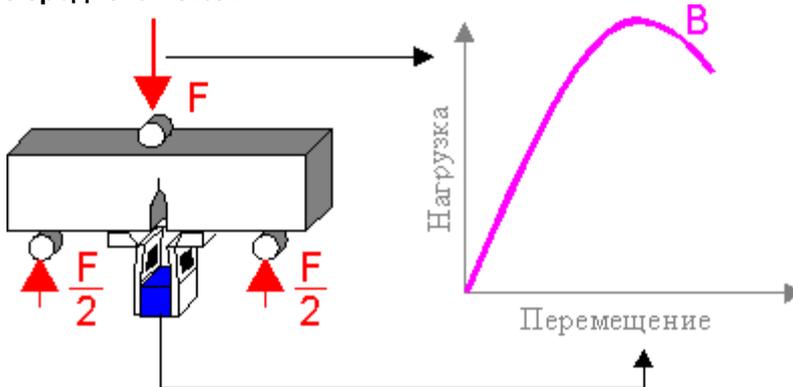
№ задания	Тестовое задание
16	<p>Низко-углеродистая стальная пластина с трещиной в центре при растяжении. Предел текучести - 300 МПа и максимальный предел прочности - 700 МПа. Какая кривая показывает распределение напряжений по оси x?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 20 МПа - 100 мм</li> <li>2) 100 МПа - 60 мм</li> <li>3) <b>200 МПа - 40 мм</b></li> <li>4) 250 МПа - 10 мм</li> </ol>
17	<p>Выберите образец для испытания на хрупкое разрушение:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) A</li> <li>2) B</li> <li>3) <b>C</b></li> <li>4) D</li> </ol>
18	<p>В какой точке в образце начнется первоначальный рост трещины если нагрузка увеличивается? Номинальные напряжения в соответствующей области показаны для каждой трещины.</p>

	 <p>1) A 2) B 3) <b>C</b> 4) D</p>
19	<p>Какая кривая точно отражает трещиностойкость оконного стекла?</p>  <p>1) A 2) B 3) <b>C</b> 4) D</p>
20	<p>Какая кривая точно отражает трещиностойкость углеродистой стали?</p>  <p>1) A 2) B 3) <b>C</b> 4) D</p>
21	<p>Какой механизм разрушения является типичным для быстрого роста трещины со «взрывной» скоростью в углеродистой стали?</p>  <p>1) A 2) B 3) <b>C</b> 4) D</p>
22	<p>Испытание на трещиностойкость. Скорость увеличения напряжения постоянная. Какой образец имеет самый большой период времени между началом медленного роста трещины и окончательным разрушением?</p>



- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) A и C

23 Увеличение какого параметра повышает трещиностойкость (вязкость разрушения) углеродистой стали?



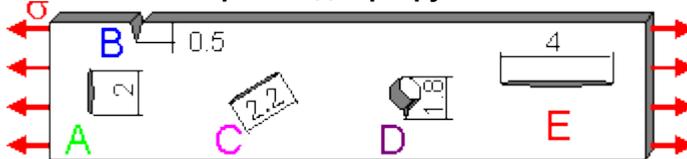
- 1) Температура
- 2) Толщина
- 3) Скорость деформирования
- 4) размер зерна

24 Для оценки долговечности сосуда давления был испытан опытный образец с пропорционально уменьшенными размером и давлением. Число циклов до образования трещины усталости данного образца 100,000. Толщина опытного образца - в десять раз меньше, чем сосуда. Возможно ли использовать данные этого эксперимента для оценки долговечности сосуда давления?

- 1) Да. Это меньше 100000.
- 2) Да. Это больше 100000.
- 3) Да. Это приблизительно равно 100000.
- 4) **Нет. Эти данные не возможно использовать.**

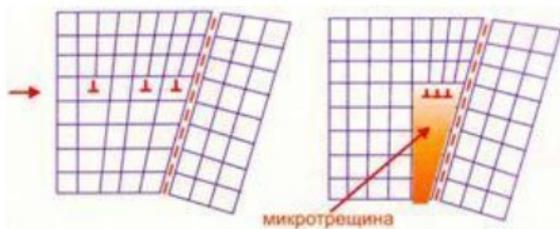
Ответ: 4

25 В каком месте произойдет разрушение?

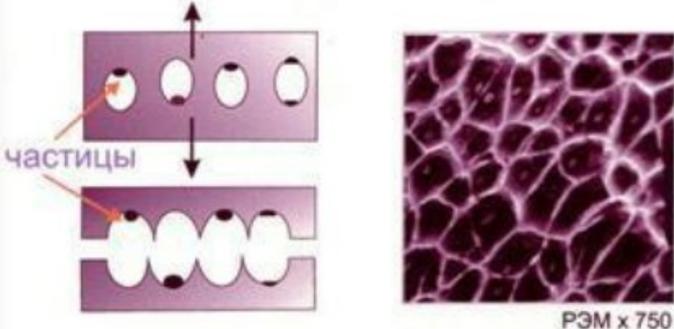
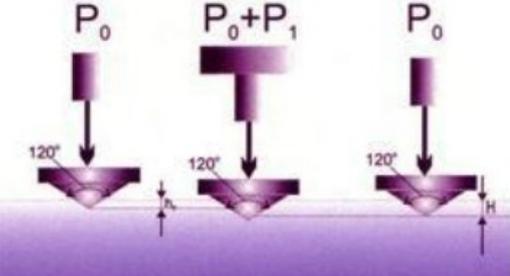


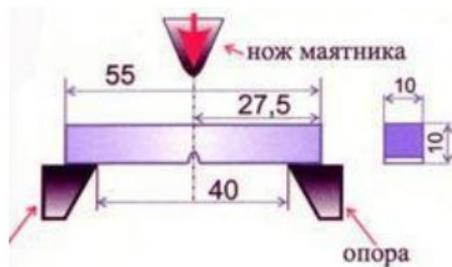
- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

26 Схема зарождения микротрещины при сдвиге:



- 1) слиянии дислокаций у препятствия;

	<p>2) <b>переползание дислокаций</b>;  3) уничтожении дислокаций;  4) пересечении двух плоскостей скольжения</p>
<p>27</p>	<p><b>Схема зарождения микротрещины при растягивающих усилиях нагружения:</b></p>  <p>1) слиянии дислокаций у препятствия;  2) переползании дислокаций;  3) уничтожении дислокаций;  4) <b>пересечении двух плоскостей скольжения</b>;</p>
<p>28</p>	<p><b>На рисунке приведена схема разрушения:</b></p>  <p>1) хрупкого разрушения;  2) <b>вязкого разрушения</b>;  3) образования дислокаций;  4) пластической деформации скольжением;</p>
<p>29</p>	<p><b>Схема определения твердости материала:</b></p>  <p>1) по Роквеллу;  2) по Шору;  3) <b>по Бринеллю</b>;  4) по Виккерсу;</p>
<p>30</p>	<p><b>Схема проведения испытаний на:</b></p>



- 1) твердость;
- 2) усталость;
- 3) ползучесть;
- 4) **ударную вязкость;**

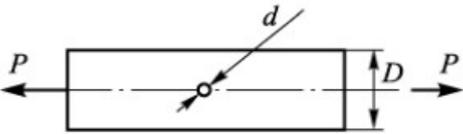
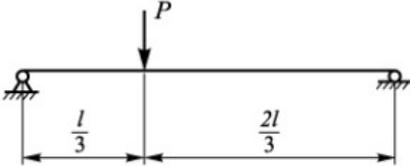
### 3.2 Задания к практическим работам

**3.2.1 ПКв-2:** Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления

Номер задания	Формулировка задания
31	Дана двухконсольная балка. Свободный конец нижней балки закреплен, а в симметричной точке на конце верхней балки приложена изгибающая сила. Найти разрушающую нагрузку.
32	Дан образец в виде двухконсольной балки. На концах консолей действуют силы $P$ , раскрывающие прорезь между верхней и нижней консолью. Высота консолей $h$ , толщина $t$ . определить удельную работу разрушения.
33	Одна консоль двухконсольной балки закреплена через пружину. опорная точка крепления пружины смещена на величину $\Delta$ . Определить условия, при которых трещина будет распространяться устойчиво или неустойчиво.
34	Имеется балка прямоугольного сечения из линейно-упругого материала с центральной трещиной. Трещина расположена на оси балки и вдоль неё, но не доходит до торцов балки. силы приложены посередине и раскрывают балку. Найти $J$ -интеграл.
35	Балка из линейно-упругого материала сечением $2hb$ содержит сквозную центральную трещину длиной $2l$ , расположенную вдоль оси. В средних сечениях верхней и нижней балки приложены изгибающие моменты $M$ . Найти $J$ -интеграл.
36	Балка из линейно-упругого материала сечением $2hb$ содержит трещину длиной $2l$ . К концам балки приложены раскрывающие нагрузки. Найти форму консоли ДКБ-образца, чтобы $J$ -интеграл имел постоянное значение с ростом трещины.
37	Двухконсольная балка из линейно-упругого материала содержит трещину длиной $l$ , расположенную вдоль оси. В средних сечениях верхней и нижней балки приложены изгибающие моменты $M$ . Найти $J$ -интеграл.
38	На цилиндрический стержень со ступенчато изменяющимся круглым сечением (диаметры $D$ и $d$ ) действуют приложенные на его торцах продольные силы $P$ , изменяющиеся по симметричному циклу. определить коэффициент запаса прочности. В расчётах принять $P_{\max}=100\text{кН}$ , $d=4\text{мм}$ , $D=48\text{мм}$ , стержень изготовлен из стали 45 ( $\sigma_b=610\text{МПа}$ , $\sigma_t=360\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ ); на стыке участков с различными диаметрами имеет место концентрация напряжений, определяемая коэффициентами $K_\sigma=1,66$ ; $K_{\sigma d}=0,775$ .
39	Для указанного в предыдущей задаче стержня определить запас прочности в случае нагружения стержня на его торцах крутящими моментами $M$ , изменяющимися по отнулевому циклу. в расчётах принять $M_{\max}=0,5\text{кНм}$ ; коэффициенты концентрации заменить

	следующими $K_T=1,45$ ; $K_{Td}=0,775$ .
40	Определить коэффициент запаса прочности консольно закреплённого круглого вала диаметра $d$ и длины $l$ . Вал нагружен на свободном краю поперечной силой $P$ , изменяющейся по симметричному циклу и крутящим моментом $M$ , изменяющимся по отнулевому циклу. В расчётах принять $P_{\max}=2\text{кН}$ , $M_{\max}=1,5\text{кНм}$ , $l=0,5\text{м}$ , $d=5\text{см}$ , вал изготовлен из стали 45 ( $\sigma_B=650\text{МПа}$ , $\sigma_T=360\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ )

**3.2.2 ПКв-6:** Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)

Номер задания	Формулировка задания
41	Стержень с постоянным круглым поперечным сечением диаметра $d$ имеет кольцевую выточку, вызывающую концентрацию напряжений. Он нагружен продольной силой, изменяющейся от $P_{\min}=1\text{кН}$ до $P_{\max}=2\text{кН}$ . Определить коэффициент запаса прочности стержня. В расчётах принять $K_{\sigma}=0,833$ , $K_{\sigma F}=0,909$ , $d=12\text{мм}$ , стержень изготовлен из легированной стали ( $\sigma_B=650\text{МПа}$ , $\sigma_B=900\text{МПа}$ , $\sigma_T=600\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=300\text{МПа}$ ).
42	Определить коэффициент запаса прочности вращающегося ступенчатого круглого вала (диаметры $D$ и $d$ ), испытывающий во времени изгиб с кручением по симметричному циклу, полагая, что в опасном сечении . Вал нагружен на свободном краю поперечной силой $P$ , изменяющейся по симметричному циклу и крутящим моментом $M$ , изменяющимся по отнулевому циклу. В расчётах принять $P_{\max}=2\text{кН}$ , $M_{\max}=1,5\text{кНм}$ , $l=0,5\text{м}$ , $d=5\text{см}$ , вал изготовлен из стали 45 ( $\sigma_B=650\text{МПа}$ , $\sigma_T=360\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ )
43	Определить коэффициент запаса прочности вращающегося ступенчатого круглого вала (диаметры $D$ и $d$ ), испытывающий переменный во времени изгиб с кручением по симметричному циклу, полагая, что в опасном сечении $\sigma_{\max}=20\text{МПа}$ , $\tau_{\max}=15\text{МПа}$ . В расчётах принять $D=60\text{мм}$ , $d=6\text{мм}$ , в опасном сечении $K_{\sigma}=2,09$ , $K_{\sigma d}=0,769$ , $K_{\sigma F}=0,952$ , $K_T=2,03$ , $K_{Td}=0,833$ . Вал изготовлен из стали 3 ( $\sigma_B=450\text{МПа}$ , $\sigma_T=240\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=130\text{МПа}$ , $\tau_{-1}=100\text{МПа}$ )
44	Круглый вал диаметра $d$ ослаблен шпоночной канавкой. К его торцам приложены крутящие моменты, изменяющиеся от $M_{\min}=0,5\text{кНм}$ до $M_{\max}=1\text{кНм}$ . Определить коэффициент запаса прочности. В расчётах принять: $d=4\text{см}$ , в сечениях с канавкой $K_T=1,8$ , $K_{Td}=0,833$ , $K_{TF}=0,952$ материал- сталь 45 ( $\sigma_B=650\text{МПа}$ , $\sigma_T=360\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ ).
45	Цилиндрический стержень диаметра $D$ имеет поперечное отверстие с диаметром $d$ . На торцах он нагружен растягивающими силами, изменяющимися от $P_{\min}=100\text{кН}$ до $P_{\max}=300\text{кН}$ . Определить коэффициент запаса прочности стержня. В расчётах принять: $D=60\text{мм}$ , $d=6\text{мм}$ ; в сечении с отверстием $K_{\sigma}=1,57$ , $K_{\sigma d}=0,77$ , материал-легированная сталь $\sigma_B=900\text{МПа}$ , $\sigma_T=600\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=300\text{МПа}$ .
	
46	Определить коэффициент запаса прочности, изображённой на рисунке балки, имеющей круговое поперечное сечение диаметра $d$ . Сила $P$ изменяется от $P_{\max}=5\text{кН}$ до $P_{\min}=-1,2\text{кН}$ . В расчётах принять $l=0,5\text{м}$ , $d=3\text{см}$ , балка изготовлена из легированной стали ( $\sigma_B=1000\text{МПа}$ , $\sigma_T=600\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=300\text{МПа}$ )
	
47	Двух опорный вал кругового поперечного сечения диаметра $d$ и длины $l$ в центральном сечении нагружен сосредоточенной силой $P$ , изменяющейся от $P_{\max}=1,5\text{кН}$ до $P_{\min}=-1\text{кН}$ , и постоянным по длине вала крутящим моментом $M$ , изменяющимся по отнулевому циклу. Определить коэффициент запаса прочности. В расчётах принять: $M_{\max}=0,1\text{кНм}$ ; $l=0,3\text{м}$ ; $d=2\text{см}$ ; материал-сталь 45 ( $\sigma_B=610\text{МПа}$ , $\sigma_T=340\text{МПа}$ , $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ )

48	Имеется балка прямоугольного сечения из линейно-упругого материала с боковой трещиной. Трещина расположена перпендикулярно оси балки и не доходит до середины балки. Силы приложены посередине и раскрывают балку. Найти критические величины нагрузок, раскрывающие трещину.
49	Имеется балка круглого сечения из упругого материала с центральной трещиной. Трещина расположена на оси балки и вдоль неё, но не доходит до торцов балки. Силы приложены посередине и раскрывают балку. Найти коэффициент интенсивности напряжений, при котором начинается вязкое разрушение.
50	Имеется балка квадратного профиля из линейно-упругого материала с концентраторами напряжений в виде ряда отверстий, расположенные на оси балки и вдоль неё, но не доходит до торцов балки. Силы приложены посередине и раскрывают балку. Найти J-интеграл.

### 3.3 Вопросы к зачету

**3.3.1 ПКв-2:** Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления

Номер задания	Формулировка вопроса
51	Эмпирические знания о прочности конструкций в прошлом.
52	Становление научного подхода к исследованию прочности.
53	Свойства и поведение твердых тел в зависимости от условий нагружения.
54	Виды критериев прочности в зависимости от условий нагружения.
55	Критерий наибольших нормальных напряжений.
56	Критерий наибольших удлинений.
57	Критерий максимальных касательных напряжений.
58	Критерий наибольшей интенсивности касательных напряжений.
59	Критерий Мора.
60	Критерий Шлейхера-Надаи.
61	Задача Инглиса о растяжении пластинки с эллиптическим отверстием.
62	Концентрация напряжений.
63	Основные приложения механики контактного взаимодействия.
64	Деформация упругого полупространства под действием поверхностных сил.
65	Задача Герца о сжатии двух упругих тел.
66	Геометрия контактирующих гладких поверхностей.
67	Распределение напряжений при качении упругих тел.
68	Деформация упругого полупространства под действием касательных напряжений.
69	Скольжение упругих тел.
70	Влияние адгезии.
71	Математическая модель трещины.
72	Виды трещин.
73	Распределение напряжений и смещений у края трещины.
74	Коэффициент интенсивности напряжений.
75	Определение коэффициентов интенсивности напряжений численными методами.

**3.3.2 ПКв-6:** Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)

Номер задания	Формулировка вопроса
76	Раскрытие и смещение берегов трещины
77	Оценка вязкости разрушения по модели Черепанова-Райса

78	Определение коэффициентов интенсивности напряжений экспериментальными методами.
79	Удельная энергия разрушения.
80	Энергетический критерий роста трещины в хрупком материале.
81	Измерение удельной энергии разрушения.
82	Расширение критерия Гриффитса, связанного с учетом пластической работы в вершине трещины.
83	Силовой критерий Ирвина.
84	Эквивалентность силового и энергетического критериев развития трещины.
85	Устойчивый и неустойчивый рост трещины.
86	Конструкционное торможение трещины.
87	Разгружающие отверстия.
88	Малоцикловая усталость.
89	Много цикловая усталость.
90	Кривые Велера.
91	Формула Париса.
92	Факторы, влияющие на характеристики усталостного разрушения.
93	Факторы, влияющие на характеристики коррозионного разрушения.
94	Исследования скорости распространения усталостной трещины.
95	Энергетический инвариантный интеграл
96	Интегрирование вокруг вершины трещины
97	Развитие трещин подобных дефектов при циклическом нагружении композитных конструкций
98	Аппроксимация диаграммы деформирования материала
99	Диаграмма сдвига точек приложения нагрузки при моделировании сингулярности напряжений
100	Кинетическая диаграмма усталостного разрушения материалов - КДУР

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах зачетах;

П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости, а также следующими методическими указаниями.

Аттестация по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Методика оценки	Показатель оценивания	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения
<b>ПКв-2:</b> Способен участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления					
<b>Знать</b> методы и способы анализа конструкций и машин, методы и способы расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость, типы и основные конструкции узлов и деталей машин с учетом технологичности их изготовления.	Тест	Результат тестирования	75% и более правильных ответов	Отлично	освоена
			60-75% правильных ответов	Хорошо	освоена
			50-60% правильных ответов	Удовлетворительно	освоена
			Менее 50% правильных ответов	Не удовлетворительно	Не освоена
<b>Уметь</b> выполнять функциональный, технический и технологический анализ состояний деталей и узлов, выполнять расчеты конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость, выполнять конструирование узлов и деталей машин	Практическая работа	Материалы выполненной работы	Содержание практической работы соответствует заданию	зачтено	освоена
			Содержание практической работы не соответствует заданию	незачтено	неосвоена
<b>Владеть</b> методиками проведения технического и технологического анализа конструкций и машин, методиками выполнения расчетов конструкций, узлов и деталей машин на прочность, устойчивость, долговечность, надежность и износостойкость, методами конструирования узлов и деталей машин с учетом	Зачет	Собеседование с преподавателем	- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	зачтено	Освоена
			- оценка «не зачтено», если студент ответил на менее 60 % вопросов;	незачтено	Неосвоена

технологичности их изготовле-					
<b>ПКв-6:</b> Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)					
<b>Знать</b> основные типы математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники. методы и способы планирования, организации и проведения экспериментальных исследований.	Тест	Результат тестирования	75% и более правильных ответов	Отлично	Освоена
			60-75% правильных ответов	Хорошо	Освоена
			50-60% правильных ответов	удовлетворительно	Освоена
			Менее 50% правильных ответов	Не удовлетворительно	Не освоена
<b>Уметь</b> выполнять анализ математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в объектах современной техники, выполнять экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов.	Практическая работа	Материалы выполненной работы	Содержание практической работы соответствует заданию	зачтено	освоена
			Содержание практической работы не соответствует заданию	незачтено	неосвоена
<b>Владеть</b> методиками и инструментарием разработки математических моделей, характеризующих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники, методами планирования, организации и проведения экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов	Зачет	Собеседование с преподавателем	- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	Отлично	Освоена
			- оценка «не зачтено», если студент ответил на менее 60 % вопросов;	Хорошо	Освоена

