

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

И. о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

"\_30\_" \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы механики деформируемого твердого тела**

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

Целью освоения дисциплины «Основы механики деформируемого твердого тела» 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

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-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)
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	Знает: основы разработки математических моделей физико-механических процессов в объектах современной техники
	Умеет: создавать физико-математические модели механических процессов в объектах современной техники
	Владеет: навыками физико-математического описания механических процессов в объектах современной техники
ИД2 <sub>ПКв-6</sub> – Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов	Знает: основы планирования и проведения экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов
	Умеет: планировать экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов
	Владеет: способностью проводить экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Основы механики деформируемого твердого тела» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Композиционные материалы в машиностроении»

Дисциплина является предшествующей для освоения следующих дисциплин: «Механика контактного взаимодействия и разрушения», «Механика контактного взаимодействия и разрушения», «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «Методы и средства испытания материалов и механических систем», «Системы компьютерного моделирования и инженерного анализа», «Организация и планирование технологических процессов в машиностроении», «Производственная практика, преддипломная практика», «Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>100,7</b>	<b>61,6</b>	<b>39,1</b>
Лекции	48	30	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия	48	30	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	48	30	18
Консультации текущие	2,4	1,5	0,9
Консультации перед экзаменом	2	-	2
<b>Виды аттестации (зачет, экзамен)</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>81,5</b>	<b>46,4</b>	<b>35,1</b>
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	59,5	35,4	24,1
Выполнение домашней КР	18	9	9
Подготовка к аудиторной КР	4	2	2
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>33,8</b>	<b>-</b>	<b>33,8</b>

**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/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, ак.ч
5 семестр			
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой деформации	Основы вариационного исчисления. Метод Ритца. Принцип Кастильяно. Функционалы Рейсснера и Ху-Вашицу. Перемещения и деформации в пластине при изгибе. Напряжения в пластинах при изгибе. Расчет пластин на	106,4

		прочность. Пологие оболочки. Деформации полой оболочки. Уравнения равновесия полой оболочки. Разрешающая система уравнений полой оболочки. Безмоментное осесимметричное напряженное состояние оболочек вращения. Метод конечных разностей и его применение при решении плоской задачи. Метод конечных элементов. Построение матрицы жесткости конечного элемента. Общая процедура расчета по МКЭ.	
6 семестр			
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации	Теория малых упругопластических деформаций. Теория пластического течения. Идеальная пластичность. Модель жесткопластического тела. Метод совместного решения приближенных условий равновесия с условием пластичности. Метод линий скольжения. Уравнения осесимметричной деформации при условиях текучести Мизеса и Треска-Сен-Венана. Экстремальные принципы для жесткопластического тела. Критерии устойчивости пластического формоизменения. Одноосное напряженное состояние вязкоупругих тел. Соотношения между напряжениями и деформациями при объемном напряженном состоянии. Принцип Вольтерры. Вариационные принципы теории ползучести	71,1
		Консультации текущие	2,4
		Консультации перед экзаменом	2
		Зачет, экзамен	0,3

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	Практические занятия, ак. ч	СРО, ак. ч
5 семестр				
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой деформации	30	30	46,4
6 семестр				
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации	18	18	35,1
	Консультации текущие		2,4	
	Консультации перед экзаменом		2	
	Зачет, экзамен		0,3	

## 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
5 семестр			
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой деформации	<p>Основы вариационного исчисления. Понятие о функционале и его экстремалах. Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа. Связь между вариационной и дифференциальной формулировками задач теории упругости. Метод Ритца. Принцип Кастильяно. Применение принципа Кастильяно для приближенного решения задач теории упругости. Понятие о других вариационных принципах. Функционалы Рейсснера и Ху-Вашицу.</p> <p>Основные понятия и гипотезы. Перемещения и деформации в пластине при изгибе. Напряжения в пластинах при изгибе. Дифференциальное уравнение изгиба пластины. Внутренние усилия в пластинах при изгибе. Дифференциальные соотношения. Граничные условия на контуре пластины. Наибольшие напряжения в пластинах. Расчет пластин на прочность.</p> <p>Основные определения и гипотезы. Деформации, напряжения и внутренние усилия в тонких оболочках. Пологие оболочки. Деформации пологой оболочки. Уравнения равновесия пологой оболочки. Разрешающая система уравнений пологой оболочки. Граничные условия. Потенциальная энергия пологой оболочки. Безмоментное осесимметричное напряженное состояние оболочек вращения.</p> <p>Метод конечных разностей и его применение при решении плоской задачи. Метод конечных элементов. Построение матрицы жесткости конечного элемента. Общая процедура расчета по МКЭ.</p>	30
6 семестр			
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации	<p>Деформация. Скорость деформации. Условия текучести Треска-Сен-Венана и Мизеса. Простое и сложное нагружения. Условия упрочнения. Теория малых упругопластических деформаций. Теория пластического течения. Идеальная пластичность. Модель жесткопластического тела.</p> <p>Основные уравнения. Метод совместного решения приближенных условий равновесия с условием пластичности. Метод линий скольжения. Уравнения осесимметричной деформации при условиях текучести Мизеса и Треска-Сен-Венана. Экстремальные принципы для жесткопластического тела. Основное энергетическое уравнение. Минимальные свойства действительного поля скоростей. Максимальные свойства действительного напряженного состояния. Критерии устойчивости пластического формоизменения.</p> <p>Зависимость между напряжениями и деформациями при одноосном напряженном состоянии вяз-</p>	18

		коупругих тел. Соотношения между напряжениями и деформациями при объемном напряженном состоянии. Принцип Вольтерры. Вариационные принципы теории ползучести. Плоская задача вязкоупругости.	
--	--	---	--

### 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Практические занятия	Трудоемкость, час
5 семестр			
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой деформации	<p>Определение экстремалей у функционалов. Определение потенциальной энергии упругой деформации. Определение прогибов методом Ритца. Применение принципа Кастильяно к решению задач.</p> <p>Расчет эллиптической пластины. Чистый изгиб прямоугольной пластины. Расчет круглых пластин.</p> <p>Расчет цилиндрических, конических и сферических оболочек.</p> <p>Применение МКР в задачах изгиба пластин. Вариационно-разностный метод. Метод Бубнова-Галеркина. Метод Канторовича-Власова.</p>	30
6 семестр			
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации	<p>Диаграммы растяжения, сдвига и деформирования. Пластический изгиб балок. Полый шар под действием давления. Цилиндрическая труба под действием давления. Пластическое кручение стержней.</p> <p>Задача о вдавливании плоского штампа. Осадка прямоугольной полосы неограниченной длины. Осадка правильной призмы и цилиндра. Осадка полосы конечной длины. Неравномерность деформации при осадке. Толстостенная труба под равномерным давлением. Труба под внутренним давлением. Труба со стержнем под внешним давлением. Анализ некоторых операций листовой штамповки.</p> <p>Анализ устойчивости осадки тонкостенного кольца.</p>	18

### 5.2.3 Лабораторный практикум

Не предусмотрен

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
5 семестр			
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой деформации	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	35,4
		Выполнение домашней КР	9
		Подготовка к аудиторной КР	2
6 семестр			
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	24,1
		Выполнение домашней КР	9
		Подготовка к аудиторной КР	2

## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

### **6.1 Основная литература**

1. Бажанов, В. Л. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие для вузов (гриф УМО ВО) / В. Л. Бажанов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 178 с. <https://urait.ru/bcode/539465>

2. Юрьев, А. Г. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / А. Г. Юрьев ; под редакцией А. Г. Юрьева. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 194 с. <https://e.lanbook.com/book/162042>

3. Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 532 с. <https://e.lanbook.com/book/335192>

4. Практикум по механике деформируемого твердого тела : учебное пособие / И. В. Кузнецов, И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков [и др.]. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. — 165 с. <https://e.lanbook.com/book/115133>

### **6.2 Дополнительная литература**

6 Паначев, И. А. Основы теории упругости и пластичности : учебно-методическое пособие / И. А. Паначев, И. В. Кузнецов, А. В. Покатилов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 107 с. <https://e.lanbook.com/book/105416>

7 Миронов, А. А. Прикладные задачи теории упругости : учебное пособие / А. А. Миронов, О. А. Сергеев, С. А. Сергеева. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. — 138 с. <https://e.lanbook.com/book/254870>

8 Савельев, Л. М. Теория упругости : учебное пособие / Л. М. Савельев. — Самара : Самарский университет, 2021. — 339 с. [https://e.lanbook.com/book/257033\\_](https://e.lanbook.com/book/257033_)

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

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**

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp">http://www.elibrary.ru/defaulttx.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**

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
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 в том числе в формате практической подготовки включают в себя:

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

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:

- 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  
«ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА»**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенции:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПКв-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

**Содержание разделов дисциплины.** Основы вариационного исчисления. Понятие о функционале и его экстремалях. Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа. Связь между вариационной и дифференциальной формулировками задач теории упругости. Метод Ритца. Принцип Кастильяно. Применение принципа Кастильяно для приближенного решения задач теории упругости. Понятие о других вариационных принципах. Функционалы Рейсснера и Ху-Вашицу. Основные понятия и гипотезы. Перемещения и деформации в пластине при изгибе. Напряжения в пластинах при изгибе. Дифференциальное уравнение изгиба пластины. Внутренние усилия в пластинах при изгибе. Дифференциальные соотношения. Граничные условия на контуре пластины. Наибольшие напряжения в пластинах. Расчет пластин на прочность. Основные определения и гипотезы. Деформации, напряжения и внутренние усилия в тонких оболочках. Пологие оболочки. Деформации пологой оболочки. Уравнения равновесия пологой оболочки. Разрешающая система уравнений пологой оболочки. Граничные условия. Потенциальная энергия пологой оболочки. Безмоментное осесимметричное напряженное состояние оболочек вращения. Метод конечных разностей и его применение при решении плоской задачи. Метод конечных элементов. Построение матрицы жесткости конечного элемента. Общая процедура расчета по МКЭ.

Деформация. Скорость деформации. Условия текучести Треска-Сен-Венана и Мизеса. Простое и сложное нагружения. Условия упрочнения. Теория малых упругопластических деформаций. Теория пластического течения. Идеальная пластичность. Модель жесткопластического тела. Основные уравнения. Метод совместного решения приближенных условий равновесия с условием пластичности. Метод линий скольжения. Уравнения осесимметричной деформации при условиях текучести Мизеса и Треска-Сен-Венана. Экстремальные принципы для жесткопластического тела. Основное энергетическое уравнение. Минимальные свойства действительного поля скоростей. Максимальные свойства действительного напряженного состояния. Критерии устойчивости пластического формоизменения. Зависимость между напряжениями и деформациями при одноосном напряженном состоянии вязкоупругих тел. Соотношения между напряжениями и деформациями при объемном напряженном состоянии. Принцип Вольтерры. Вариационные принципы теории ползучести. Плоская задача вязкоупругости.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
к рабочей программе**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Основы механики деформируемого твердого тела**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-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)
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	Знает: основы разработки математических моделей физико-механических процессов в объектах современной техники
	Умеет: создавать физико-математические модели механических процессов в объектах современной техники
	Владеет: навыками физико-математического описания механических процессов в объектах современной техники
ИД2 <sub>ПКв-6</sub> – Планирует, организывает и проводит экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов	Знает: основы планирования и проведения экспериментальных исследований по оценке характеристик механических объектов
	Умеет: планировать экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов
	Владеет: способностью проводить экспериментальные исследования по оценке характеристик механических объектов

## 2. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Оценка характеристик механических объектов при упругой	ПКв-6	Тест	1-15	Контроль преподавателем
			Домашняя КР	34-36	

	деформации				преподавателем
			Аудиторная КР	40,41	Проверка преподавателем
			Зачет	44-112	Контроль преподавателем
2	Оценка характеристик механических объектов при упругопластической деформации		Тест	16-33	Контроль преподавателем
			Домашняя КР	37-39	Проверка преподавателем
			Аудиторная КР	42,43	Проверка преподавателем
			Экзамен	113-147	Контроль преподавателем

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

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

Аттестация обучающегося по дисциплине/практике проводится в форме тестирования (или письменного ответа или выполнения расчетно-графической (практической) работы или решения контрольных задач и т.п.) и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета, экзамена).

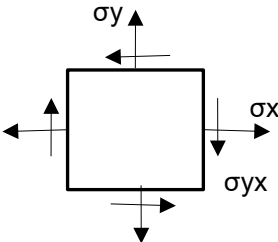
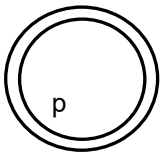
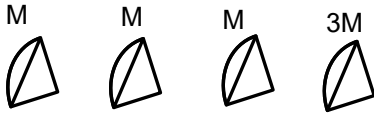

Каждый вариант теста включает 10 контрольных вопросов (задач), из них:

- 4 контрольных вопросов (задач) на проверку знаний;
- 4 контрольных вопросов (задач) на проверку умений;
- 2 контрольных вопросов (задач) на проверку навыков и т.п.

#### 3.1 Тесты (тестовые задания)

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

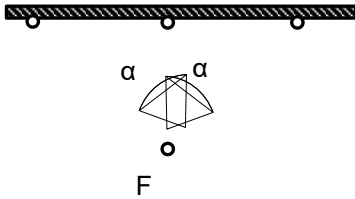
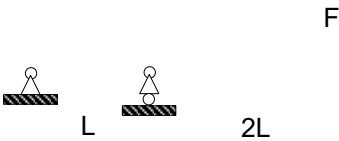
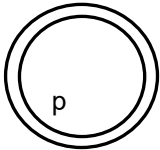
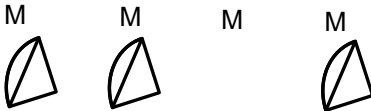
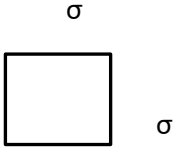
Номер задания	Тестовое задание
1	Если $\sigma_x = 10$ МПа, $\sigma_y = 10$ МПа, $\tau_{yx} = 5$ МПа, то максимальное главное напряжение равно _____ МПа (Вписать число)

	<div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Ответ: 15</b></p>
2	<p>Если внутреннее давление в трубе, радиус и толщина стенки тонкостенной трубы равны <math>p = 1</math> МПа, <math>R = 10</math> см, <math>\delta = 2</math> мм то окружное напряжение в трубе равно _____ МПа (Вписать число)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Ответ: 50</b></p>
3	<p>При параметре нагрузки <math>M = 1</math> кНм, диаметре стержня <math>d = 3</math> см максимальное касательное напряжение в стержне равно _____ кН/см<sup>2</sup> (Вписать целое число)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Ответ: 19</b></p>
4	<p>Балка имеет прямоугольное сечение. Если поперечная сила <math>Q = 80</math> кН, ширина сечения <math>b = 4</math> см, высота сечения <math>h = 6</math> см, то касательные напряжения на оси балки равны _____ кН/см<sup>2</sup> (Вписать число)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Ответ: 5</b></p>
5	<p>Если напряжение <math>\sigma = 200</math> кН/см<sup>2</sup>, модуль Юнга <math>E = 2 \cdot 10^4</math> кН/см<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона <math>\mu = 0,3</math>, то относительная поперечная деформация равна _____ (Вписать число с точностью до тысячных долей единицы)</p> <p><b>Ответ: 0,003</b></p>
6	<p>Как формулируется гипотеза об идеальной упругости тела?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b><u>Идеально упругое твердое тело полностью восстанавливает первоначальные форму и объем после устранения внешних физических воздействий</u></b></li> <li>2. Идеально упругое твердое тело восстанавливает первоначальные форму и объем после устранения внешних физических воздействий</li> <li>3. Идеально упругое твердое тело полностью восстанавливает первоначальную форму по-</li> </ol>

	<p>сле устранения внешних физических воздействий</p> <p>4. Идеально упругое твердое тело полностью восстанавливает первоначальный объем после устранения внешних физических воздействий</p>
7	<p>Какая из формул выражает уравнение связи сдвиговой деформации в плоскости XOY с компонентами вектора перемещения?</p> <p>1. <math>\gamma_{xz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y},</math></p> <p>2. <math>\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x},</math></p> <p>3. <math>\gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z},</math></p> <p>4. <math>\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},</math></p>
8	<p>Какая из формул выражает уравнение связи линейной деформации в направлении оси OY с компонентами тензора напряжений?</p> <p>1. <math>\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)],</math></p> <p>2. <math>\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}</math></p> <p>3. <math>\gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z},</math></p> <p>4. <math>\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x},</math></p>
9	<p>Как преобразуются условия на поверхности твердого тела при решении задачи теории упругости в перемещениях?</p> <p>1. Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через деформации</p> <p>2. <b>Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через перемещения</b></p> <p>3. Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через интенсивность деформаций</p> <p>4. Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через интенсивность напряжений</p>
10	<p>Какую систему уравнений необходимо интегрировать при решении задачи теории упругости в напряжениях?</p> <p>1. <b>Три уравнения равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и три уравнения неразрывности деформаций, записанные в напряжениях</b></p> <p>2. Шесть уравнений равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и три уравнения неразрывности деформаций, записанные в напряжениях</p> <p>3. Три уравнения равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и шесть уравнений неразрывности деформаций, записанные в напряжениях</p> <p>4. Шесть уравнений равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и шесть уравнений неразрывности деформаций, записанные в напряжениях</p>



11	<p>Дайте определение теоремы единственности решения задачи теории упругости для твердого тела</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Если заданы объемные и поверхностные силы, действующие на упругое твердое тело, то решение задачи теории упругости для твердого тела единственно</b></li> <li>Если заданы объемные и поверхностные силы, действующие на упругое твердое тело, или заданы перемещения на поверхности упругого тела, то решение задачи теории упругости для твердого тела единственно</li> <li>Если заданы перемещения на поверхности упругого тела, то решение задачи теории упругости для твердого тела единственно</li> <li>Если заданы поверхностные силы, действующие на упругое твердое тело, или заданы перемещения на поверхности упругого тела, то решение задачи теории упругости для твердого тела единственно</li> </ol>
12	<p>Какая из формул соответствует плоской деформации в плоскости XOY?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\sigma_x = \mu(\sigma_y + \sigma_z)</math></li> <li><math>\sigma_z = \mu(\sigma_x + \sigma_y)</math></li> <li><math>\sigma_y = \mu(\sigma_x + \sigma_z)</math></li> <li><math>\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},</math></li> </ol>
13	<p>Какая из формул соответствует обобщенному плоскому напряженному состоянию в плоскости XOY?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\varepsilon_x = -\mu(\sigma_y + \sigma_z)/E</math></li> <li><math>\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},</math></li> <li><math>\varepsilon_y = -\mu(\sigma_x + \sigma_z)/E</math></li> <li><math>\varepsilon_z = -\mu(\sigma_x + \sigma_y)/E</math></li> </ol>
14	<p>Сформулируйте гипотезу прямых нормалей при изгибе тонких пластин</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной плоскости до деформации, остается прямолинейным и нормальным к срединной поверхности после деформирования пластинки, и длина его не изменяется.</b></li> <li>Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной плоскости до деформации, остается нормальным к срединной поверхности после деформирования пластинки, и длина его не изменяется.</li> <li>Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной плоскости до деформации, остается прямолинейным и длина его не изменяется.</li> <li>Любой прямолинейный элемент, нормальный к срединной плоскости до деформации, остается прямолинейным и нормальным к срединной поверхности после деформирования пластинки</li> </ol>
15	<p>Сформулируйте гипотезу об отсутствии давления между слоями пластинки, параллельными срединной плоскости</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Нормальные напряжения на площадках, параллельных срединной поверхности тонкой оболочки, равны нулю</b></li> <li>Нормальные напряжения на площадках, параллельных срединной плоскости тонкой пластинки, могут быть выражены через нормальные напряжения в срединной поверхности пластинки</li> <li>Нормальные напряжения на площадках, параллельных срединной плоскости тонкой пластинки, пренебрежимо малы по сравнению с прочими напряжениями</li> <li>Нормальные напряжения на площадках, параллельных срединной плоскости тонкой пластинки, находятся из решения уравнения равновесия пластинки</li> </ol>
16	<p>Если площадь стержней <math>A = 1 \text{ см}^2</math>, предел текучести материала <math>\sigma_T = 32 \text{ кН/см}^2</math>, угол <math>\alpha = 60^\circ</math>,</p>

	<p>то предельная величина силы <math>F</math> равна _____ кН (Вписать число)</p> <p><b>Ответ: 64</b></p> 
17	<p>Балка имеет прямоугольное сечение. Если ширина сечения <math>b = 3</math> см, высота сечения <math>h = 5</math> см, параметр длины <math>L = 1</math> м, предел текучести материала <math>\sigma_T = 32</math> кН/см<sup>2</sup>, то предельная величина силы <math>F</math> равна _____ кН (Вписать число)</p> <p><b>Ответ: 300</b></p> 
18	<p>Если предел текучести материала <math>\sigma_T = 32</math> кН/см<sup>2</sup>, радиус и толщина стенки тонкостенной трубы равны <math>R = 15</math> см, <math>\delta = 3</math> мм то предельная величина внутреннего давления <math>p</math> в трубе равна _____ кН/см<sup>2</sup> (Вписать число с точностью до сотых долей единицы)</p> <p><b>Ответ: 0,64</b></p> 
19	<p>Если диаметр вала <math>d = 2</math> см, предел текучести при сдвиге <math>\tau_T = 16</math> кН/см<sup>2</sup>, то предельное значение параметра нагрузки <math>M</math> равно _____ кНм (Вписать целое число)</p> <p><b>Ответ: 17</b></p> 
20	<p>Если предел текучести материала <math>\sigma_T = 32</math> кН/см<sup>2</sup>, то при использовании критерия пластичности Треска напряжение <math>\sigma</math>, при котором начнется пластическое течение, равно _____ кН/см<sup>2</sup> (Вписать число)</p> <p><b>Ответ: 16</b></p> 
21	<p>Какое свойство не относится к пластичному твердому телу?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не разрушаясь изменять форму</li> <li>2. Сохранять остаточные деформации</li> </ol>

	<p>3. Изменять размеры</p> <p><b>4. Деформироваться пропорционально нагрузке</b></p>
22	<p>Какие твердые тела называются упругопластическими?</p> <p>1. Обладающие упругими свойствами в конце нагружения</p> <p>2. Обладающие упругими свойствами в процессе всего нагружения</p> <p>3. Не обладающие явно упругими и пластическими свойствами</p> <p><b>4. Обладающие упругими свойствами в начале нагружения</b></p>
23	<p>Зависят ли законы пластического деформирования от того, что увеличивается или уменьшается нагрузка?</p> <p>1. Не зависят</p> <p>2. Зависят иногда</p> <p><b>3. Зависят всегда</b></p> <p>4. Зависят при определенных свойствах материала</p>
24	<p>Простым называется нагружения, при котором ...</p> <p>1. Внешние силы возрастают медленно</p> <p>2. Внешние силы не изменяются</p> <p><b>3. Внешние силы возрастают одновременно</b></p> <p>4. Внешние силы со временем уменьшаются</p>
25	<p>Математический аппарат теории пластичности состоит из ... групп управлений.</p> <p>1. Четверых</p> <p><b>2. Трех</b></p> <p>3. Шести</p> <p>4. Девяти</p>
26	<p>Условие пластичности, согласно которому пластические деформации в материале возникают тогда, когда максимальные касательные напряжения достигают значения, равного пределу текучести при чистом сдвиге, называется условием ...</p> <p><b>1. Треска - Сен – Венана</b></p> <p>2. Пуассона – Готье</p> <p>3. Стоунера – Эванса</p> <p>4. Кулона – Бойля</p>
27	<p>Теория малых упругопластических деформаций дает правильные результаты в том случае, если процесс нагружения тела является ...</p> <p>1. Мгновенным</p> <p>2. Медленным</p> <p>3. Затухающим</p> <p><b>4. Простым</b></p>
28	<p>Важной особенностью деформирования тел за пределом упругости является характер ...</p> <p>1. Прокатки</p> <p><b>2. Нагрузки</b></p> <p>3. Разгрузки</p> <p>4. Погрузки</p>
29	<p>Сколько неизвестных функций трех координат X, Y и Z имеется в задаче теории пластичности?</p> <p>1. 19</p> <p>2. 13</p> <p><b>3. 15</b></p> <p>4. 1</p>
30	<p>В балках, выполненных из неупрочняющегося материала, по мере увеличения внешней нагрузки появляются пластические деформации, которые увеличиваются по длине балки и высоте сечения. Это приводит к образованию в одном или нескольких сечениях ...</p> <p>1. Трещин</p> <p><b>2. Пластических шарниров</b></p>

	3. Максимальных прогибов 4. Простых шарниров
31	При достижении нагруженной системой предельного состояния, она превращается в ... систему.  1. Мгновенно неизменяемую 2. Статически неопределимую 3. Геометрически неопределимую 4. <b>Геометрически изменяемую</b>
32	Линия, которая в каждой своей точке касается площади максимального касательного напряжения, называется линией ...  1. Касания 2. <b>Скольжения</b> 3. Подъема 4. Прандтля
33	Если все компоненты тензора напряжений возрастают пропорционально одному параметру, то напряжение является ...  1. Пропорциональным 2. Параллельным 3. <b>Простым</b> 4. Линейным

### 3.2 Задания к домашним контрольным работам

#### 3.2.1 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
5 семестр	
34	Плоское напряженное состояние (обратная задача): по заданным нормальным и касательным напряжениям на произвольной площадке аналитически и графически определить главные напряжения и положение главной площадки, определяемое углом $\alpha$ . Определить главные деформации (Алмаметов Ф.З., Арсеньев С.И. и др. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учебное пособие. – СПб: Лань, 2005. – С.97, 99).
35	Определение напряжений в трехслойной составной трубе: по заданным внутренним и наружным радиусам трех толстостенных цилиндрических труб, натягам, модулю продольной упругости материала труб и избыточному внутреннему давлению, приложенному к трехслойной трубе определить окружные и радиальные нормальные напряжения в стенках скрепленных труб до и после приложения внутреннего давления, а также эквивалентные напряжения на внутренних и наружных поверхностях каждой трубы. Сравнить максимальные эквивалентные напряжения для скрепленной трехслойной трубы с максимальными эквивалентными напряжениями для однослойной трубы тех же размеров (Алмаметов Ф.З., Арсеньев С.И. и др. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учебное пособие. – СПб: Лань, 2005. – С.214 – 216).
36	Анализ напряжений и перемещений при стесненном кручении тонкостенного стержня: по заданным величинам сосредоточенных или распределенных по длине стержня крутящих пар, условиям стеснения кручения, геометрическим параметрам стержней определить взаимный поворот крайних сечений, распределение нормальных и касательных напряжений по контуру сечения и длине стержня (Алмаметов Ф.З., Арсеньев С.И. и др. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учебное пособие. – СПб: Лань, 2005. – С.176 - 178).
6 семестр	
37	Расчет по предельным нагрузкам стержневой системы, работающей на растяжение-сжатие: для стержневых систем, изображенных на рис.13.1 – 13.10, определить предельное значение внешней силы, действующей на систему (Горшков А.Г. Сборник задач по сопротивлению материалов с теорией и примерами. – М.: Физматлит, 2003. – С.450 -451)
38	Расчет балки по предельным нагрузкам: для балок, изображенных на рис.13.39 – 13.48, определить указанное предельное значение внешней нагрузки (Горшков А.Г. Сборник задач по сопротивлению материалов с теорией и примерами. – М.: Физматлит, 2003. – С.454 -455).

39	Определение параметров напряженно-деформированного состояния при упругопластическом нагружении колец и труб: в задачах 294 – 303 определить силовые параметры, распределение напряжений и деформаций в осесимметричных элементах конструкций (Безухов Н.И. Сборник задач по теории упругости и пластичности. – М.: ГИТТЛ, 1957. – С. 225 - 231).
----	--

### 3.3 Задания к аудиторным контрольным работам

#### 3.3.1 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
5 семестр	
40	С применением основных уравнений теории упругости решить следующие задачи: 37 – 44, 47, 50 (Безухов Н.И. Сборник задач по теории упругости и пластичности. – М.: ГИТТЛ, 1957. – С. 31 – 40).
41	Применяя результаты решения плоской задачи теории упругости в декартовых координатах, решить следующие задачи: 88, 90, 91 (а, б, в, г, д, е, ж, з) (Безухов Н.И. Сборник задач по теории упругости и пластичности. – М.: ГИТТЛ, 1957. – С. 64 – 66).
6 семестр	
42	Для валов, изображенных на рис.13.55 – 13.59, определить предельное значение скручивающего момента при пластическом кручении. В расчетах принять:  в вариантах 1–5 диаметр вала -40 мм, предел текучести при сдвиге-80 МПа;  в вариантах 6–10 диаметр вала -30 мм, предел текучести при сдвиге-90 МПа (Горшков А.Г. Сборник задач по сопротивлению материалов с теорией и примерами. – М.: Физматлит, 2003. – С.456 -457).
43	Определить условия потери устойчивости пластического формоизменения в виде локализации деформаций в задачах 23 – 32 (Малинин Н.Н., Романов К.И., Ширшов А.А. Сборник задач по прикладной теории пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1984. – С.9 – 11).

### 3.4 Зачет

#### Тестовые вопросы для зачета

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

Номер вопроса	Текст вопроса
44	Нагрузки и напряжения
45	Определение напряжений в площадке общего положения. Тензор напряжений
46	Главные напряжения
47	Круговая диаграмма напряженного состояния
48	Типы напряженных состояний

49	Октаэдрическое касательное напряжение
50	Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений
51	Инварианты напряженного состояния. Интенсивность напряжений
52	Перемещения и деформации в точке тела. Тензор деформации
53	Главные деформации
54	Обобщенный закон Гука
55	Потенциальная энергия деформации в общем случае напряженного состояния
56	Шаровой тензор деформаций и девиатор деформаций
57	Интенсивность деформаций
58	Три группы основных уравнений теории упругости
59	Уравнения равновесия элементов тела (статические уравнения)
60	Геометрические уравнения теории упругости
61	Уравнения совместности деформаций
62	Физические уравнения теории упругости
63	Понятие о методе напряжений и методе перемещений
64	Принцип Сен-Венана
65	План решения плоской задачи напряженного состояния
66	Статическая сторона плоской задачи напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия
67	Напряжения по наклонным площадкам плоского элемента
68	Главные напряжения. Условия на контуре в плоской задаче
69	Геометрическая и физическая сторона плоской задачи
70	Уравнение совместности для плоской задачи
71	Функция напряжений
72	Решение плоской задачи в полиномах
73	Решение плоской задачи в полярных координатах
74	Решение пространственной задачи в напряжениях
75	Решение пространственной задачи в перемещениях
76	План решения пространственной задачи на примере чистого изгиба призматического бруса
77	Решение пространственной задачи в цилиндрических координатах
78	Сосредоточенная сила, приложенная внутри упругого пространства

79	Последовательность расчета балки на упругом основании
80	Понятие функционала.
81	Примеры экстремалей функционала.
82	Понятие первой вариации функционала.
83	Необходимое условие существования экстремали у функционала.
84	Метод Ритца для приближенного отыскания экстремалей.
85	Энергия деформируемого тела как функционал.
86	Функционал полной энергии для балки
87	Вариационный принцип Лагранжа.
88	Связь между вариационной и дифференциальной формулировками задач теории упругости.
89	Метод Ритца для приближенного определения прогибов.
90	Принцип Кастильяно.
91	Применение принципа Кастильяно для приближенного решения задач теории упругости.
92	Перемещения и деформации в пластине при изгибе.
93	Напряжения в пластинах при изгибе.
94	Дифференциальное уравнение изгиба пластины.
95	Внутренние усилия в пластинах при изгибе.
96	Дифференциальные соотношения.
97	Граничные условия на контуре пластины.
98	Наибольшие напряжения в пластинах.
99	Расчет пластин на прочность.
100	Основные определения и гипотезы теории оболочек.
101	Деформации, напряжения и внутренние усилия в тонких оболочках.
102	Пологие оболочки.
103	Деформации пологой оболочки.
104	Уравнения равновесия пологой оболочки.
105	Разрешающая система уравнений пологой оболочки. Граничные условия.
106	Потенциальная энергия пологой оболочки.
107	Безмоментное осесимметричное напряженное состояние оболочек вращения.

108	Метод конечных разностей (МКР).
109	Применение МКР при решении плоской задачи.
110	Метод конечных элементов (МКЭ).
111	Построение матрицы жесткости конечного элемента.
112	Общая процедура расчета по МКЭ.

### 3.5 Экзамен

#### Тестовые вопросы для экзамена

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

Номер вопроса	Текст вопроса
113	Понятие о деформации и скорости деформации.
114	Условие текучести Треска-Сен-Венана.
115	Условие текучести Мизеса.
116	Простое и сложное нагружение.
117	Условия упрочнения.
118	Теория малых упруго-пластических деформаций.
119	Теория пластического течения.
120	Идеальная пластичность.
121	Модель жестко-пластического тела.
122	Диаграммы растяжения, сдвига и деформирования..
123	Пластический изгиб балок.
124	Пластическое кручение стержней.
125	Расчет стержневых систем по предельным нагрузкам.
126	Основные уравнения плоской задачи теории пластичности
127	Метод совместного решения приближенных условий равновесия с условием пластичности.
128	Метод линий скольжения.
129	Задача о вдавливании плоского штампа.
130	Осадка прямоугольной полосы неограниченной длины.
131	Осадка правильной призмы и цилиндра.
132	Осадка полосы конечной длины.



133	Неравномерность деформации при осадке.
134	Уравнения осесимметричной деформации при условиях текучести Мизеса и Треска-Сен-Венана..
135	Толстостенная труба под равномерным давлением.
136	Труба со стержнем под внешним давлением.
137	Экстремальные принципы для жестко-пластического тела.
138	Основное энергетическое уравнение.
139	Минимальные свойства действительного поля скоростей.
140	Максимальные свойства действительного напряженного состояния.
141	Критерии устойчивости пластического формоизменения.
142	Локализация деформаций.
143	Зависимость между напряжениями и деформациями при одноосном напряженном состоянии вязкоупругих тел.
144	Соотношения между напряжениями и деформациями при объемном напряженном состоянии вязкоупругости.
145	Принцип Вольтерры.
146	Вариационные принципы теории ползучести.
147	Плоская задача вязкоупругости.

#### **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,  
шкал оценивания для каждого результата обучения**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценки	
				Академическая оценка	Уровень освоения компетенции
<b>ПКв-6 - Способен участвовать в работах по оценке характеристик конкретных механических объектов (машины, конструкции, композитные структуры, установки, оборудование и другие объекты современной техники)</b>					
<b>Знать</b> основы разработки математических моделей физико-механических процессов в объектах современной техники	Тест	Результат тестирования	более 75% правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			60-75% правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышенный)
			50-60% правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			менее 50% правильных ответов	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
<b>Уметь</b> создавать физико-математические модели механических процессов в объектах современной техники	Домашняя КР, аудиторная КР	Материалы работы	Решение задачи выполнено верно и не содержит вычислительных ошибок	отлично	освоена (повышенный)
			Решение задачи выполнено верно и не содержит существенных вычислительных ошибок	хорошо	освоена (повышенный)
			Решение задачи выполнено верно и содержит существенные вычислительные ошибки	удовлетворительно	освоена (базовый)

			Решение задачи выполнено не верно	неудовлетворительно	не освоена (недостаточный)
<b>Владеть</b> навыками физико-математического описания механических процессов в объектах современной техники	Зачет	Знает основы разработки математических моделей физико-механических процессов в объектах современной техники	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
		Умеет создавать физико-математические модели механических процессов в объектах современной техники	Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Экзамен	Владеет навыками физико-математического описания механических процессов в объектах современной техники	Обучающийся грамотно ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся правильно ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
			Обучающийся грамотно ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)