Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 02.11.2023 14:44:12
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан транспортного факультета
/П. Итурралде/
«29» 05 2020 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Механика деформируемого твердого тела»

Направление подготовки
**16.06.01 Физико-технические науки и технологии**

профиль
**«Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»**

Квалификация (степень) выпускника
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения
**Очная**

Москва 2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины.

Целью дисциплины является выработка у аспирантов навыков самостоятельного решения задач различной сложности в области механики деформируемого твердого тела; получение знаний для успешной сдачи кандидатского экзамена.

Задачей дисциплины является углубленное изучение теоретических и методологических основ механики деформируемого твердого тела; подготовка аспиранта к сдаче кандидатского минимума.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры.

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы аспирантуры. Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП: Пластинки и оболочки; Методы определения деформации поверхности оптических элементов; Физико-технические проблемы в науке и технологии.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

– способностью критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты (ОПК-1);

– устанавливать законы деформирования, повреждения и разрушения материалов и применять эти навыки в преподавательской деятельности (ПК-1);

– разрабатывать методы постановки и методы решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях (ПК-2);

– решать технологические проблемы деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения (ПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

***знать:***

• основные теории механики разрушений;

• теорию деформации твердого тела;

• основные виды напряженного и деформированного состояния;

***уметь:***

• самостоятельно работать с научной литературой;

• работать с измерительными приборами и экспериментальными установками;

• самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа;

• самостоятельно анализировать полученную информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями;

***владеть:***

• навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений;

• основами программного моделирования задач по деформации;

• навыками анализа поступающей информации;

## 4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы (з.е.) или 108 академических часов (час), в том числе 24 часа аудиторных занятий и 84 часа самостоятельной работы.

### 4.1. Виды учебной работы

Таблица 1

| Виды учебной работы | в зачетных единицах | в академ. часах |
|---|---|---|
| **Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану** | **3** | **108** |
| **Аудиторные занятия:** | **0,67** | **24** |
| Лекции (Лек) | | 12 |
| Практические занятия (ПЗ) | | 12 |
| Исследовательские лабораторные занятия (ИЛЗ) | | |
| **Самостоятельная работа (СР):** | **2,33** | **84** |
| Консультации | | 4 |
| Реферат | | |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины | | 80 |
| Вид контроля: экзамен | | |

### 4.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

| № п/п | Раздел дисциплины (модуля) | Трудоемкость по видам учебной работы (час.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | очная форма обучения | | | |
| | | | Л | ПЗ | ИЛЗ | СР |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Основы механики деформируемого твердого тела | 20 | 2 | 2 | | 16 |
| 2 | Теория упругости | 22 | 2 | 2 | | 18 |
| 3 | Теория пластичности | 22 | 2 | 2 | | 18 |
| 4 | Теория вязкоупругости и ползучести | 22 | 3 | 3 | | 16 |
| 5 | Механика разрушения | 22 | 3 | 3 | | 16 |
| | Итого: | 108 | 12 | 12 | | 84 |

*Примечание:* Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ИЛЗ – исследовательские лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа обучающихся.

### 4.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

| № раздела | № лекции | Основное содержание | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Понятие сплошного тела. Основные принципы МДТТ. Деформация элемента сплошной среды.<br>Лагранжево и эйлерово описание деформаций и течения. Переход от Эйлерова описания к Лагранжеву и обратно.<br>Основные механические свойства твердых тел. Упругость, пластичность, вязкость. | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. | |
| 1 | 2 | Тензор напряжений Коши. Понятие главных осей и главных напряжений. Круги напряжений Мора. Понятие девиатора и шарового тензора напряжений.<br>Условия пластичности и разрушения. Критерий Сен-Венана. Критерий Мизеса. Дифференциальные уравнения равновесия и движения.<br>Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Формулировка условий совместности деформаций в цилиндрической и сферической системе координат.<br>Законы сохранения механики сплошных сред: уравнения баланса массы, импульса, момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии. | 1 |
| 2 | 3 | Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Упругие модули изотропного тела.<br>Основные задачи статики упругого тела. Основные уравнения. Прямая и обратная задачи теории упругости.<br>Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами—Митчелла в напряжениях. Граничные условия. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана.<br>Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема о единственности решения. Теорема Бетти. Вариационные принципы. | 2 |
| 3 | 4 | Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.<br>Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения. | 2 |
| 4 | 5 | Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.<br>Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.<br>Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема о единственности решения.<br>Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба. | |
| 5 | 6 | Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.<br>Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.<br>Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Метод разложения по собственным функциям в задаче о построении асимптотик полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.<br>Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения. Силовой подход в механике разрушения: модели Баренблатта и Ирвина. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина. | 1 |
| 5 | 7 | Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).<br>Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Оценка линейного размера пластической зоны у вершины трещины по Ирвину. Модель трещины Леонова—Панасюка—Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.<br>Кинетическая концепция прочности твердых тел. Формула Журкова. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.<br>Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин. | 2 |
| | | Итого: | 12 |

Тематика практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

| № раздела | № занятия | Наименование | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Термодинамические процессы и циклы. Термодинамические параметры состояния. Понятия о работе, теплоте, внутренней энергии, температуре и энтропии. Первый и | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | второй законы термодинамики. Термодинамические потенциалы состояния. Общие формы определяющих соотношений механики сплошных сред. | |
| 2 | 2 | Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе. | 2 |
| 3 | 3 | Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. | 2 |
| 4 | 4 | Установившаяся ползучесть. Уравнения состояния деформируемых тел, находящихся в условиях установившейся ползучести. Постановка краевых задач. Вариационные принципы теории установившейся ползучести: принцип минимума полной мощности, принцип минимума дополнительного рассеяния. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня. | 3 |
| 5 | 5 | Кинетическая концепция прочности твердых тел. Формула Журкова. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести. | 3 |
| | | Итого: | 12 |

Программой дисциплины исследовательские лабораторные занятия не предусмотрены

### 4.4. Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

Таблица 5

| № раздела | Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика | Кол-во часов |
|---|---|---|
| 4 | Интерактивная игра, тематика «Механика разрушений» | 2 |
| | Итого: | 2 |

## 5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

В процессе обучения используются следующие оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

- устный опрос.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме экзамена в 5-ом семестре. Экзамен проводится по билетам. Вопросы, содержащиеся в билетах и пример билета приведены в фонде оценочных средств

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Код компетенции | **В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать** |
|---|---|
| 1 | 2 |
| ОПК-1 | способностью критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты |
| ПК-1 | устанавливать законы деформирования, повреждения и разрушения материалов и применять эти навыки в преподавательской деятельности |
| ПК-2 | разрабатывать методы постановки и методы решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях |
| ПК-4 | решать технологические проблемы деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

| **ОПК-1 способностью критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты**<br>**ПК-1 устанавливать законы деформирования, повреждения и разрушения материалов и применять эти навыки в преподавательской деятельности**<br>**ПК-2 разрабатывать методы постановки и методы решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях**<br>**ПК-4 решать технологические проблемы деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Показатель** | **Критерии оценивания** | | | |
| | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **знать:**<br>основные теории механики разрушений; теорию | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| деформации твердого тела; основные виды напряженного и деформированного состояния. | соответствие следующих знаний: основные теории механики разрушений; теорию деформации твердого тела; основные виды напряженного и деформированного состояния. | знаний: основные теории механики разрушений; теорию деформации твердого тела; основные виды напряженного и деформированного состояния. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей. | знаний: основные теории механики разрушений; теорию деформации твердого тела; основные виды напряженного и деформированного состояния, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | знаний: основные теории механики разрушений; теорию деформации твердого тела; основные виды напряженного и деформированного состояния. |
| **уметь:** самостоятельно работать с научной литературой; работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; самостоятельно анализировать полученную информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет самостоятельно работать с научной литературой; работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; самостоятельно анализировать полученную | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: самостоятельно работать с научной литературой; работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; самостоятельно анализировать полученную | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: самостоятельно работать с научной литературой; работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; самостоятельно анализировать полученную | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: самостоятельно работать с научной литературой; работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; самостоятельно анализировать полученную информацию и |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. | информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей. | информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических решениях. | составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **владеть:** навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; основами программного моделирования задач по деформации; навыками анализа поступающей информации. | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; основами программного моделирования задач по деформации; навыками анализа поступающей информации. | Обучающийся в недостаточной степени владеет навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; основами программного моделирования задач по деформации; навыками анализа поступающей информации. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; основами программного моделирования задач по деформации; навыками анализа поступающей информации. Частично демонстрирует способность и готовность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области, но допускаются незначительны | Обучающийся в полном объеме владеет навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; основами программного моделирования задач по деформации; навыками анализа поступающей информации. Демонстрирует способность и готовность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | е ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | сложности. |

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»:

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации |
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, плохо оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками применяет их в простых ситуациях. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации |

| | |
|---|---|
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

**6. Образовательные технологии по дисциплине**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

при проведении лекционных и практических занятий используются технические средства интерактивного обучения: компьютеры, плакаты, натурные образцы, проектор. Часть материала представляется в виде презентаций.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).**

а) основная литература:

1. Маневич Л.И. Физика поверхности. Аналитически разрешимые модели механики твердого тела [Электронный ресурс] / Л.И. Маневич, О.В. Гендельман. — М.: Институт компьютерных исследований, 2016. — 339 с. Режим доступа: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1961990#1.

2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учеб. / П.А. Павлов [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 556 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/90853.

б) дополнительная литература:

1. Иванов Н.Б. Теория деформируемого твердого тела: тексты лекций [Электронный ресурс] / Н.Б. Иванов. —Казань: Издательство КНИТУ, 2013. — 124 с. Режим доступа: http://www.knigafund.ru/books/185341.

2. Шевченко, О.Ю. Основы физики твердого тела [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 76 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43443.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Лицензионное программное обеспечение (ОС Windows, MS OFFICE)

| Наименование программного обеспечения / ссылка на Интернет-ресурс | Компания-производитель |
|---|---|
| http://www.rsl.ru/ | Российская государственная библиотека |
| http://www.gpntb.ru/ | Государственная публичная научно-техническая библиотека России |
| http://elibrary.ru/ | Научная электронная библиотека |
| http://www.gost.ru/ | Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) |
| http://www.ansi.org/ | ANSI (American National Standards Institute) |

| | |
|---|---|
| http://www.iso.org/ | ISO (International Organization for Standardization) |
| http://www.extech.ru/ | Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт — Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы" (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ) |
| http://www.rfbr.ru/ | Российский фонд фундаментальных исследований |
| http://www.shareware.com/ | Служба поиска свободно распространяемого программного обеспечения |
| http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm, | Международный научно-образовательный сайт EqWorld |
| http://www.mi.ras.ru | Сайт Математического института им. В.А. Стеклова Российской Академии наук |
| http://www.mysopromat.ru | MYsopromat.ru: Сопротивление материалов и науки о прочности |
| http://lib.mami.ru/ | Научно-техническая библиотека университета машиностроения |
| http://e.lanbook.com/ | Электронно-библиотечная система издательства «Лань» |
| http://iprbookshop.ru | Электронно-библиотечная система IPRbooks |
| http://www.biblio-online.ru | Электронно-библиотечной системе издательства «Юрайт» |
| http://cyberleninka.ru | Электронный ресурс «КиберЛенинка» |
| www.scopus.com | Реферативная база данных Scopus |
| Springer Protocols – www.springerprotocols.com<br>Springer Materials – www.springermaterials.com<br>Springer Images – www.springerimages.com<br>Zentralblatt MATH – www.zentralblatt-math.org/zbmath/en | Ресурсы издательства Springer |

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Компьютерный класс кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов», оснащенный компьютерами с установленным программным обеспечением и выходом в сеть Internet, маркерной доской, подвесным проектором с интерактивной доской.

Аудитория общего фонда, оснащенная аудиторной доской, столами, стульями (столами со скамьями)

Лаборатория оснащенная: микроскопом Metam P1, микротвердомером ПМТ-3, Установка для ультразвуковой приварки контактов, Переносной фотоэлектрический модуль с различными преобразователями; установка для импульсной диагностики режимов работы систем металлизации и контактов полупроводниковых структур.

Читальные зал библиотеки, оснащенный компьютерной техникой с выходом в сеть Internet и сеть Университета.

Приложение
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

**Направление подготовки:** 16.06.01 Физико-технические науки и технологии

Профиль
«Механика деформируемого твердого тела»
Форма обучения: очная

**Кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»**

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## Механика деформируемого твердого тела

Квалификация (степень) выпускника
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Москва, 2020 год

Таблица 1

**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

| **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ФГОС **16.06.01 Физико-технические науки и технологии** | | | | | |
| В процессе освоения данной дисциплины аспирант формирует и демонстрирует следующие **компетенции**: | | | | | |
| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенций** | **Форма оценочного средства**** | **Степени уровней освоения компетенций** |
| **ИН-ДЕКС** | **ФОРМУЛИРОВ-КА** | | | | |
| ОПК-1 | способностью критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты | ***знать:*** • основные теории механики разрушений; • теорию деформации твердого тела; • основные виды напряженного и деформированного состояния; ***уметь:*** • самостоятельно работать с научной литературой; • работать с измерительными приборами и экспериментальными установками; • самостоятельно провести измерения, обработать результаты и представить их в форме, удобной для последующего анализа; • самостоятельно анализировать полученную информацию и составить отчет с соответствующими выводами и рекомендациями. ***владеть:*** • навыками работы с измерительными приборами по механике разрушений; • основами программного | лекция, практическое занятие, самостоятельная работа | УО, Э | **Базовый уровень** - способен проводить исследования в области механики деформируемого твердого тела. **Повышенный уровень** - способен проводить исследования в области механики деформируемого твердого тела, давать рекомендации на основе проведенных исследований, выбирать оптимальные методы исследований |
| ПК-1 | устанавливать законы деформирования, повреждения и разрушения материалов и применять эти навыки в преподавательской деятельности | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ПК-2 | разрабатывать методы постановки и методы решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях | моделирования задач по деформации;<br>• навыками анализа поступающей информации. | | | |
| ПК-4 | решать технологические проблемы деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения | | | | |

## Описание оценочных средств

**1. Примерные вопросы для проведения устного опроса:**

1. Тензор напряжений;
2. Упругий потенциал и энергия деформации;
3. Упругие модули изотропного тела;
4. Уравнение Ламе;
5. Принцип Сен-Венана
6. Теорема Клайперона;
7. Критерии Треска и Мизеса
8. Концентраторы напряжений;
9. Критерии длительной и усталостной прочности;
10. Динамический коэффициент интенсивности напряжений.

**2. Вопросы для проведения экзамена по дисциплине:**

1. Деформация элемента сплошной среды
2. Лагранжево и эйлерово описание деформаций и течения
3. Критерий Мизеса
4. Дифференциальные уравнения равновесия и движения
5. Тензор деформации Коши-Грина
6. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина
7. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси
8. Формулировка условий совместности деформаций в цилиндрической и сферической системе координат
9. Упругий потенциал и энергия деформации
10. Упругие модули изотропного тела
11. Полная система уравнений теории упругости
12. Уравнения Ламе в перемещениях
13. Уравнения Бельтрами—Митчелла в напряжениях
14. Постановка краевых задач математической теории упругости
15. Теорема Бетти

# Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Механика деформируемого твердого тела
Направление 16.06.01 Физико-технические науки и технологии
Курс 3, семестр 5

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3.

1. Критерий Мизеса.
2. Уравнения Ламе в перемещениях.

Утверждено на заседании кафедры «  »  _____  201_  г., протокол № ___.

Зав. кафедрой  _____ /А.А.Скворцов/