**Программа утверждена на заседании кафедры теории упругости**

**Протокол № 4 от 14 октября 2015 г.**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля) Неклассические модели в механике сплошных сред

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки: 01.06.01 — «Математика и механика».

Направленность программы:

специальность 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела»

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП.

Тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения: электив на любом периоде обучения

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** ***(код компетенции)*** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)** |
| *УК-1* *УК-4* | З1 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областяхУ1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантовЗ1 (УК-4) Знать методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках |
| *ОПК-1* | З1 (ОПК-1) Знать основные понятия, результаты и задачи фундаментальной математики и механики.У1 (ОПК-1) Уметь применять основные математические методы и алгоритмы для решения стандартных задач математики.В1 (ОПК-1) Владеть методами математического моделирования. |
| *ПК-1* | З1 (ПК-1) Знать основные и специальные разделы механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, качественные и количественные методы исследования механических систем, современные тенденции в разработке моделей механикиУ1 (ПК-1) Уметь физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессыВ1 (ПК-1) Владеть навыками постановки и решения новых теоретических и практических задач для неклассических моделей тел |

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (30 часов занятия лекционного типа, 0 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 2 часа групповые консультации, 2 часа индивидуальные консультации, 0 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен

Знать основы механики сплошной среды.

Уметь формулировать задачи механики сплошной среды с использованием различных определяющих соотношений, решать стандартные задачи механики деформируемого твердого тела, механики жидкостей.

Владеть элементами тензорного аппарата механики деформируемых сред, навыками применения методов математического анализа, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений с частными производными к решению стандартных задач.

8. Формат обучения:

спецкурс по выбору кафедры, аудиторные занятия.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего****(часы**) | В том числе |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** из них |
| Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа  | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др. | **Всего**  | Выполне-ние домашних заданий | Подготовка рефератови т.п.. | **Всего** |
| Тема 1. Основные элементы теории классической механики сплошной среды и пути их модификации в неклассических построениях.Основные понятия и законы классической механики. Тела, их атрибуты. Формы взаимодействий и движений тел. Тела с их атрибутами как носители движений и взаимодействий. Совпадение пространства сил и трансляционного пространства конфигураций, понятие мощности работы сил. Замена системы отсчета и основные законы классической механики — независимость (индифферентность) атрибутов тел, взаимодействий и работы от системы отсчета. Большая система тел, законы инерции Ньютона, законы движения Эйлера.Основные гипотезы классической механики сплошной среды: сплошность, распределенность массы, массовых и контактных сил. Законы движения Коши—Эйлера. Постулат Коши и тензор напряжений Коши. Локальная форма законов баланса: уравнение неразрывности, уравнения движения Коши, симметричность тензора напряжений.Теория определяющих соотношений сопротивления деформированию классической механики сплошной среды: динамический процесс, основные принципы теории, гипотеза макроскопичности. Мощность работы результирующих сил и работы (по преодолению) внутренних сил, энергетическая сопряженность тензоров напряжений и деформаций. Внутренние кинематические связи, опорные силы Гаммеля. Замкнутость теории классической механики сплошной среды.Задачи адекватного описания сред сложной микроструктуры в усложненных движениях и взаимодействиях. Возможные подходы к построению неклассических моделей сплошных сред. Принцип соответствия. Модели с дополнительными степенями свободы движений и взаимодействий. Модели гетерогенных сред. | 18 | 6 | 0 | 2 | 2 | 0 | 10 | 6 | 2 | 8 |
| Тема 2. Модели континуума Коссера.Континуум Коссера (модель без внутренних связей). Движения несущей среды (матрицы) и вращения включений. Тензоры силовых напряжений Коши и Пиолы—Кирхгофа второго рода. Тензоры моментных напряжений Коши—Коссера и Пиолы—Коссера. Уравнения движения в терминах пространственных и материальных тензоров напряжений.Определяющие соотношения линейно упругой изотропной среды Коссера (случай малых движений). Безмоментные и несвязанные модели.Псевдоконтинуум Коссера (модель с внутренней кинематической связью совпадения вращений включений с вращениями несущей среды — случай малых движений). Определяющие соотношения. Обобщения на конечные повороты. Модели оснащенных стержней типа Коссера. Модель продольно-крутильных движений и модель плоскопараллельных движений. Собственные колебания упругих моделей в случае малых движений, наличие парных форм и частот колебаний в одной моде. | 26 | 12 |  |  |  |  | 12 | 10 | 4 | 14 |
| Тема 3. Модели наполненных пористых сред.Многофазные среды с жидкими, твердыми и смешанными компонентами (смеси, взвеси, суспензии, сплавы, композиты, наполненные пористые среды). Подходы к построению моделей гетерогенных сред. Гипотеза совмещения фаз в пространстве конфигураций.Модель среды Био. Параметры модели, определяющие соотношения, уравнения движения. Характеристики связанности фаз. Интерактивные силы вязкого (типа Дарси) и инерционного (типа присоединенных масс Био) сопротивления.Модель двухфазной наполненной пористой среды в произвольных движениях. Параметры модели. Определяющие соотношения. Законы баланса. Интерактивные силы статического и динамического (фронтального, вязкого и инерционного) сопротивления. Независимость инерционных сил от системы отсчета. Оценки по теории размерностей.Задачи о стесненном и нестесненном объемном сжатии-растяжении пористого тела, погруженного в жидкость. Сравнение решений по модели Био и новой модели. Смысл константы связанности фаз в модели Био.Распространение продольных волн в двухфазной пористой среде. Скорости распространения возмущений. | 26 | 12 |  |  |  |  | 12 | 10 | 4 | 14 |
| Промежуточная аттестация: экзамен | 2 |  | 2 |  |
| **Итого**  | 72 | 30 | 0 | 2 | 2 | 2 | 36 | 26 | 10 | 36 |

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю):

Список литературы, см. 12.

Научная библиотека МГУ им. А.М.Горького

Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ (lib.mexmat.ru)

11. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

* Перечень компетенций: УК-1, УК-4, ОПК-1, ПК-1
* Описание шкал оценивания: экзамен с *оценкой по пятибалльной шкале.*
* Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ** **по дисциплине (модулю)** | **КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ** **по дисциплине (модулю) и** **ШКАЛА оценивания** | **ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ** |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
| З1 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач | Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных | Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных | Индивидуальное собеседование  |
| У1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | Отсутствие умений | Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов | В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов | Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | Индивидуальное собеседование  |
| З1 (ОПК-1) Знать основные понятия, результаты и задачи фундаментальной математики и механики. | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях | Неполные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях | Сформированные систематические представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях | Индивидуальное собеседование |
| У1 (ОПК-1) Уметь применять основные математические методы и алгоритмы для решения стандартных задач математики. | Отсутствие умений | Фрагментарное умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований | В целом успешное, но не систематическое умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований | Сформированное умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований | Практические контрольные задания |
| З1 (ПК-1) Знать основные и специальные разделы механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, качественные и количественные методы исследования механических систем, современные тенденции в разработке моделей механики | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления об основных и специальных разделах механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, методах исследования механических систем, современных тенденциях в механике | Неполные представления об основных и специальных разделах механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, методах исследования механических систем, современных тенденциях в механике | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных и специальных разделах механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, методах исследования механических систем, современных тенденциях в механике | Сформированные систематические представления об основных и специальных разделах механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, методах исследования механических систем, современных тенденциях в разработке моделей механики | Индивидуальное собеседование |
| У1 (ПК-1) Уметь физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессы | Отсутствие умений | Фрагментарное умение физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессы | В целом успешное, но не систематическое умение физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессы | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессы | Сформированное умение физически корректно ставить задачи механики деформируемых тел с дополнительными степенями свободы, механики наполненных пористых сред, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о поведении сложных механических систем, анализировать протекающие процессы | Практические контрольные задания |

* Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контрольные вопросы и задания по обязательной и вариативной частям дисциплины для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Тела, их атрибуты. Масса. Системы сил.
2. Мир событий, системы отсчета. Родственные системы отсчета.
3. Движение. Тела с их атрибутами как носители движений и взаимодействий.
4. Характеристики движений и взаимодействий. Преобразование кинематических характеристик при замене системы отсчета.
5. Основные законы классической механики — независимость (индифферентность) атрибутов тел, взаимодействий и работы от системы отсчета.
6. Теорема о сбалансированности сил и моментов и следствие о попарной уравновешенности.
7. Инерциальные системы отсчета, галилеев класс. Законы инерции.
8. Законы движения Эйлера.
9. Основные гипотезы классической механики сплошных сред: сплошность, распределенность массы, массовых и контактных сил.
10. Законы движения Коши—Эйлера.
11. Постулат Коши и тензор напряжений Коши.
12. Локальная форма законов баланса: уравнение неразрывности, уравнения движения Коши, симметричность тензора напряжений.
13. Теория определяющих соотношений сопротивления деформированию классической механики сплошной среды: динамический процесс, основные принципы теории, гипотеза макроскопичности.
14. Определяющие соотношения У.Нолла и А.А.Ильюшина, их эквивалентность.
15. Мощность работы результирующих сил и работы (по преодолению) внутренних сил, энергетическая сопряженность тензоров напряжений и деформаций.
16. Внутренние кинематические связи, опорные силы Гаммеля. Замкнутость теории классической механики сплошной среды.
17. Возможные подходы к построению неклассических моделей сплошных сред. Принцип соответствия.
18. Континуум Коссера (модель без внутренних связей). Движения несущей среды (матрицы) и вращения включений.
19. Тензоры силовых напряжений Коши и Пиолы—Кирхгофа второго рода.
20. Тензоры моментных напряжений Коши—Коссера и Пиолы—Коссера.
21. Уравнения движения моментных теорий в терминах пространственных и материальных тензоров напряжений.
22. Определяющие соотношения линейно упругой изотропной среды Коссера (случай малых движений). Безмоментные и несвязанные модели.
23. Псевдоконтинуум Коссера (модель с внутренней кинематической связью совпадения вращений включений с вращениями несущей среды — случай малых движений).
24. Определяющие соотношения псевдоконтинуума. Обобщения на конечные повороты.
25. Модели оснащенных стержней типа Коссера. Модель продольно-крутильных движений.
26. Модель плоскопараллельных движений оснащенного стержня.
27. Собственные колебания упругих моделей в случае малых движений, наличие парных форм и частот колебаний в одной моде. Дивергенция.
28. Многофазные среды с жидкими, твердыми и смешанными компонентами (смеси, взвеси, суспензии, сплавы, композиты, наполненные пористые среды).
29. Подходы к построению моделей гетерогенных сред. Гипотеза совмещения фаз в пространстве конфигураций.
30. Модель среды Био. Параметры модели, определяющие соотношения, уравнения движения.
31. Характеристики связанности фаз. Интерактивные силы вязкого (типа Дарси) и инерционного (типа присоединенных масс Био) сопротивления.
32. Модель двухфазной наполненной пористой среды в произвольных движениях. Параметры модели. Определяющие соотношения. Законы баланса.
33. Интерактивные силы статического и динамического (фронтального, вязкого и инерционного) сопротивления.
34. Независимость инерционных сил от системы отсчета. Оценки по теории размерностей.
35. Задачи о стесненном и нестесненном объемном сжатии-растяжении пористого тела, погруженного в жидкость. Сравнение решений по модели Био и новой модели. Смысл константы связанности фаз в модели Био.
36. Распространение продольных волн в двухфазной пористой среде. Скорости распространения возмущений.
* Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения:

Экзаменационные билеты формируются в виде двух вопросов (1 и 2) из вышеуказанного списка.

При сдаче экзамена обсуждаются и оцениваются реферативные работы, выполненные в процессе обучения.

Образцы билетов.

Билет №1. 1. Постулат Коши и тензор напряжений Коши. 2. Модели оснащенных стержней типа Коссера. Модель продольно-крутильных движений.

Билет №2. 1. Теорема о сбалансированности сил и моментов и следствие о попарной уравновешенности. 2. Модель двухфазной наполненной пористой среды в произвольных движениях. Параметры модели. Определяющие соотношения. Законы баланса.

Билет №3. 1. Определяющие соотношения У.Нолла и А.А.Ильюшина, их эквивалентность. 2. Псевдоконтинуум Коссера (модель с внутренней кинематической связью совпадения вращений включений с вращениями несущей среды — случай малых движений).

Темы рефератов (образцы).

1. Основные понятия и законы классической механики. Подходы к построению неклассических моделей сплошных сред.
2. Кинематические и динамические тензоры в теории континуума Коссера.
3. Интерактивные силы в моделях наполненных пористых сред.

12. Ресурсное обеспечение:

* Перечень основной и дополнительной учебной литературы
1. Седов Л.И. Введение в механику сплошной среды. М.: Физматгиз, 1962.
2. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.
3. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М.: Мир, 1975.
4. Жермен П. Курс механики сплошных сред. М.: Высшая школа, 1983.
5. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
6. Ильюшин А.А., Ленский В.С. Сопротивление материалов. М., 1959.
7. Ляв А. Математическая теория упругости. М.: ОНТИ, 1935. 674 с.
8. Ломакин В.А. Статистические задачи механики твердых деформируемых тел. М.: Наука, 1970. 139 с.
9. Ильюшин А.А., Ломакин В.А. Моментные теории в механике твердых деформируемых тел. В сб. Прочность и пластичность. М.: Наука, 1971. С. 54-61.
10. Cosserat E., Cosserat F.Theorie des corps deformables. Hermann. Paris, 1909.
11. Truesdell C., Toupin R.A. The classical field theories. Handbuch der Physik. III/I. Berlin: Springer, 1960.
12. Mindlin R.D. Micro-structure in linear elasticity. Arch. Rat. Mech. Anal. 1964. 16, No7. Pp. 51-78.
13. Аэро Э.Л., Кувшинский Е.В. Континуальная теория асимметрической упругости. Равновесие изотропного тела. ФТТ, 1964. 6, № 9. С. 2689-2699.
14. Green A.E., Naghdi P.M. A thermomechanical theory of a Cosserat point with application to composite materials. Q. J. Mech. Appl. Math. 1991. V. 44. Pt. 3. Pp. 335-355.
15. Новацкий В. Теория упругости. Мир. М., 1975.
16. Пальмов В.А. Основные уравнения несимметричной упругости. Прикл. матем. и механ. 1964. Т. 28. С. 401-408.
17. Ванин Г.А. Градиентная теория упругости. Изв. РАН. Механика твердого тела. 1999. № 1. С. 46-53.
18. Green A.E. Micro-materials and multipolar continuum mechanics. Int. J. Eng. Sci. 1965. 3. Pp. 533-537.
19. Козицын А.С., Шмаков А.П. Определяющие соотношения несимметричной теории упругости при наличии внешних полей и функция Эри. Вестн. Моск. ун-та. Сер.1. Матем., механ. 2000. №3. С.32-35.
20. Бровко Г.Л. Моделирование неоднородных сред сложной структуры и континуум Коссера. Вестн. Моск. ун-та. Матем. Механ. 1996. № 5. С. 55—63.
21. Бровко Г.Л. Об одной конструкционной модели среды Коссера. Изв. РАН. Механика твердого тела. 2002. № 1. С. 75-91.
22. Бровко Г.Л., Иванова О.А. Моделирование свойств и движений неоднородного одномерного континуума сложной микроструктуры типа Коссера. Изв. РАН. Механика твердого тела. 2008. №1. С. 22-36.
23. Biot M.A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. 1956. J. Acoust. Soc. Am. V. 28. Pp. 168-178.
24. Biot M.A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media. J. Appl. Phys. 1962. V. 33. No 4. Pp. 1482-1498.
25. Green A.E., Naghdi P.M. A dynamical theory of interacting continua. Int. Journ. Eng. Sci. 1965. V.3. No2. Pp. 231-241.
26. Коллинз Р. Течения жидкостей через пористые материалы. М., 1964.
27. Николаевский В.Н., Басниев К.С., Горбунов А.Т., Зотов Г.А. Механика насыщенных пористых сред. М., 1970.
28. Рахматуллин Х.А., Саатов Я.У., Филиппов И.Г., Артыков Т.У. Волны в двухкомпонентных средах. Ташкент, 1974.
29. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. 336 с.
30. Хорошун Л.П., Солтанов Н.С. Термоупругость двухкомпонентных смесей. Киев: Наукова думка, 1984. 109 с.
31. Рущицкий Я.Я. Элементы теории смесей. Киев: Наукова думка, 1999.
32. Погорелов Е.Г. Распространение волн Лява и Релея в упругой и двухфазной средах при неклассических граничных условиях. Дисс. … канд. Физ.-мат. наук. МГУ им. М.В.Ломоносова. Мех-мат ф-т. М., 1999.
33. Wilmanski K., Albers B. A note on objectivity of momentum sources in porous materials. Preprint No 579. Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics. Berlin, 2000. Pp.1-13.
34. Бровко Г.Л. Модель неоднородной жидкогазонаполненной среды с деформируемым твердым каркасом. Вестн. Моск. ун-та. Матем., механ. 1998. №5. С.45-52.
35. Бровко Г.Л. Принцип материальной независимости от системы отсчета и структура интерактивных взаимодействий в гетерогенных средах. Изв. ТулГУ. Серия Математика. Механика. Информатика. 2005.
36. Гришаев А.Г. Влияние параметров связности в моделях двухфазных наполненных пористых сред. Изв. ТулГУ. Серия Математика. Механика. Информатика. 2005.
37. Кунин И.А. Терия упругих сред с микроструктурой. М.: Наука, 1975. 416 с.
38. Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред. М.: Наука, 1977. 400 с.
39. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. М., 1984.
40. Бровко Г.Л., Ильюшин А.А. Об одной плоской модели перфорированных плит. Вестн. Моск. ун-та. Матем., механ. 1993. №2. С.83-91.
41. Бровко Г.Л. Материальные и пространственные представления определяющих соотношений деформируемых сред. Прикл. матем. и механ. 1990. **54,** № 5. 814—824.
42. Brovko G.L. Invariance Types of Tensors, Tensor Processes and Their Transforms in Classical Continuum Mechanics. In: Proc. of the Fifth Int. Seminar on Geometry, Continuum and Microstructures. Sept. 26-28, 2001, Sinaia, Romania. Eds: S.Cleja-Tigoiu, V.Tigoiu. Editura Academiei Romane. Bucuresti, 2002. Pp.~13-24.
43. Brovko G.L., Grishayev A.G. and Ivanova O.A. Continuum models of discrete heterogeneous structures and saturated porous media: constitutive relations and invariance of internal interactions. Journal of Physics: Conference Series. **62.** 2007. Pp. 1–22.
44. Бровко Г.Л. Модели и задачи для наполненных пористых сред. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 1. Математика. Механика. 2010. № 6. С. 33-44.
* Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ (lib.mexmat.ru)

* Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Мультимедийные средства представления информации (мультимедиа-проектор)

* Описание материально-технической базы.

Аудиторный фонд механико-математического факультета.

Мультимедийные средства представления информации (персональный компьютер, мультимедиа-проектор).

Традиционные средства представления информации (доска меловая; доска пластиковая).

13. Язык преподавания.

Русский

14. Преподаватель (преподаватели).

д.ф.-м.н., профессор Георгий Леонидович Бровко

Заведующий кафедрой теории упругости

механико-математического факультета МГУ

д.ф.-м.н., профессор РАН Д.В. Георгиевский