

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:



Ю.Н. Рыжих

20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория пластичности и ползучести

по направлению подготовки

15.04.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) подготовки :

Компьютерный инжиниринг конструкций, биомеханических систем и материалов

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2023

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

В.А. Скрипняк

Руководитель ОПОП

Е.С. Марченко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследований;

ОПК-6 Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность, используя современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы;

ПК-3 Готов овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу конструкций, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать современные проблемы и задачи прикладной механики, приоритетные направления научных и прикладных работ в области прикладной механики, подходы и методы формулировки критериев оценки решения задач в области прикладной механики

ИОПК 1.2 Уметь формулировать цели и задачи исследования при решении приоритетных задач прикладной механики, выбирать и создавать критерии оценки решений задач прикладной механики

ИОПК 1.3 Владеть навыками формулировки целей и задач исследования при решении приоритетных задач прикладной механики, выбирать и создавать критерии оценки решений задач прикладной механики

ИОПК 6.1 Знать современные информационно-коммуникационные технологии, основные глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности

ИОПК 6.2 Уметь применять современные информационно-коммуникационные технологии и глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности.

ИОПК 6.3 Владеть методикой использования современной информационно-коммуникационной технологии, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской деятельности

ИПК 3.1 Знать современные методы и средства проведения экспериментальных исследований по динамике, прочности, устойчивости, надежности, трению и износу конструкций

ИПК 3.2 Уметь овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу конструкций

ИПК 3.3 Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов

ИПК 3.4 Владеть навыками использования современных методов и средств проведения экспериментальных исследований, навыками обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач.

– Научиться применять понятийный аппарат теории пластичности для постановки и решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Механика композитов и композитных систем; Конструкционная прочность и ее физические основы; Материаловедение и технология материалов.

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 14 ч.

-практические занятия: 28 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Экспериментальные и физические основы неупругого деформирования.

Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Деформационное упрочнение. Остаточные деформации.

Физические механизмы пластического течения. Локализация пластических деформаций. Линии Людерса - Чернова. Идеальное упругопластическое тело.

Идеальное жесткопластическое тело.

Тема 2. Определяющие уравнения пластического материала.

Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения на пластическое течение.

Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.

Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения.

Тема 3. Простейшие задачи теории пластичности.

Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Плоские задачи теории пластичности. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей.

Тема 4. Задачи теории пластичности.

Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения. Плоское напряженное состояние. Плоские упругопластические задачи теории идеальной пластичности. Двухосное растяжение толстой и тонкой пластин с круговым отверстием.

Тема 5. Экстремальные принципы теории пластичности.

Энергетические тождества. Дополнительные неравенства в теории пластичности. Минимальные свойства действительного поля скоростей. Минимальные свойства действительного поля напряжений. Кинематическая теорема о предельной нагрузке. Статическая теорема о предельной нагрузке.

Тема 6. Основы теории ползучести.

Нестационарная и стационарная ползучесть. Высокотемпературная ползучесть, контролируемая дислокационным скольжением и описываемая степенным законом. Ползучесть по Хаперу-Дорну. Нарушение степенного закона ползучести.

Тема 7. Численное решение задач теории пластичности средствами пакета WB ANSYS.

Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала. Растяжение и кручение тонкостенной трубы. Толстостенная сферическая оболочка под действием давления. Изгиб балки. Цилиндрическая труба из упрочняющегося материала под действием давления.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и домашним заданиям, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен во Третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 5 вопросов, проверяющих ИОПК – 1.1, ИОПК – 1.2, ИОПК – 1.3. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из предложенного списка.

Примерный перечень вопросов по первой части:

1. Количество независимых компонент тензора напряжений -
1) три; 2) шесть; 3) девять.
2. Количество независимых компонент тензора деформаций -
1) три; 2) шесть; 3) девять.
3. Какие напряжения равны нулю на главных площадках тензора?
1) нормальные; 2) касательные; 3) и те, и другие.
4. Какие напряжения экстремальны в главных осях тензора напряжений?
1) нормальные; 2) касательные; 3) октаэдрические.
5. Как наклонены октаэдрические площадки? Они равно наклонены
1) к осям координат; 2) к главным осям; 3) к первой и третьей главным осям.
6. Как определяются компоненты тензора напряжений на косых площадках?
1) $\sigma_{vi} = \sigma_{ij} l_j$; 2) $\sigma_{vi} = \sigma_{ij} l_v$; 3) $\sigma_{vi} = \sigma_{ij} \bar{e}_j$.
7. Где достигают максимума касательные напряжения?
1) На главных площадках; 2) на октаэдрических площадках;
3) на площадках равно наклоненных к 1-й и 3-й главным осям.
8. При изменениях, каких факторов сохраняются инварианты тензора напряжений?
Инварианты тензора напряжений сохраняются при замене:
1) системы координат; 2) поверхностной нагрузки; 3) граничных условий.

9. При изменениях каких факторов сохраняются инварианты тензора деформаций?

Инварианты тензора напряжений сохраняются при замене:

1) системы координат; 2) массовых сил; 3) граничных условий.

10. Определение первого инварианта тензора напряжений-

$$1) J_{1\sigma} = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}), \quad 2) J_{1\sigma} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3); \quad 3) J_{1\sigma} = (\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}).$$

11. Определение второго инварианта тензора напряжений-

$$1) J_{2\sigma} = \sigma_1\sigma_2\sigma_3; \quad 2) J_{2\sigma} = \frac{1}{2}[\sigma_{ii}\sigma_{jj} - \sigma_{ij}\sigma_{ij}]; \quad 3) J_{2\sigma} = \frac{1}{2}[\sigma_{ii}\sigma_{jj} + \sigma_{ij}\sigma_{ij}]$$

12. Определение третьего инварианта тензора напряжений-

$$1) J_{3\sigma} = \frac{1}{3}\sigma_1\sigma_2\sigma_3; \quad 2) J_{3\sigma} = \|\sigma_{ij}\|; \quad 3) J_{3\sigma} = \frac{1}{2}[\sigma_{ii}\sigma_{jj} - \sigma_{ij}\sigma_{ij}].$$

13. Определение первого инварианта тензора деформаций-

$$1) J_{1\varepsilon} = \frac{1}{3}(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}), \quad 2) J_{1\varepsilon} = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3); \quad 3) J_{1\varepsilon} = (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}).$$

14. Определение второго инварианта тензора деформаций-

$$1) J_{2\varepsilon} = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3; \quad 2) J_{2\varepsilon} = \frac{1}{2}[\varepsilon_{ii}\varepsilon_{jj} - \varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}]; \quad 3) J_{2\varepsilon} = \frac{1}{2}[\varepsilon_{ii}\varepsilon_{jj} + \varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}].$$

15. Определение третьего инварианта тензора деформаций-

$$1) J_{3\varepsilon} = \frac{1}{3}\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3; \quad 2) J_{3\varepsilon} = \|\varepsilon_{ij}\|; \quad 3) J_{3\varepsilon} = \frac{1}{2}[\varepsilon_{ii}\varepsilon_{jj} - \varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}].$$

16. Величина объемной деформации-

$$1) \theta = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3; \quad 2) \theta = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3; \quad 3) \theta = \varepsilon_1\varepsilon_2 + \varepsilon_2\varepsilon_3 + \varepsilon_3\varepsilon_1.$$

17. Определение интенсивности напряжений –

$$1) \sigma_u = \sigma_{ij} - \sigma\delta_{ij}; \quad 2) \sigma_u = \left[\frac{3}{2}S_{ij}S_{ij}\right]^{1/2}; \quad 3) \sigma_u = [S_{ij}S_{ij}]^{1/2}; \quad 4)$$

$$\sigma_u = \frac{\sqrt{3}}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2}.$$

18. Определение девиатора тензора напряжений-

$$1) S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma\delta_{ij}; \quad 2) S_{ij} = \sigma_{ii}/3; \quad 3)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{6}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2}.$$

19. Определение шаровой части тензора напряжений-

$$1) \sigma = \sigma_{ii}/3; \quad 2) \sigma = \frac{1}{3}\sigma_1\sigma_2\sigma_3; \quad 3) \sigma = \frac{1}{2}[\sigma_{ii}\sigma_{jj} - \sigma_{ij}\sigma_{ij}].$$

20. Что характеризует шаровая часть тензора напряжений?

1) равномерное всестороннее растяжение (сжатие); 2) сдвиг; 3) изгиб.

21. Что характеризует девиаторная часть тензора напряжений?

1) равномерное всестороннее растяжение (сжатие); 2) сдвиг; 3) изгиб.

22. Что характеризует девиаторная часть тензора деформаций?

1) объемное деформирование; 2) сдвиг; 3) изгиб.

23. Определение шаровой части тензора деформаций –

$$1) \varepsilon = \varepsilon_{ii}/3; \quad 2) \varepsilon = \frac{1}{3}\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3; \quad 3) \varepsilon = \frac{1}{2}[\varepsilon_{ii}\varepsilon_{jj} - \varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}].$$

24. Определение девиатора тензора деформаций –

$$1) e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon\delta_{ij}; \quad 2) e_{ij} = \left[\frac{3}{2}\varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}\right]^{1/2}; \quad 3) e_{ij} = [\varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}]^{1/2}; \quad 4) e_{ij} = \frac{\sqrt{3}}{2}[(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2]^{1/2}.$$

25. Что характеризует шаровая часть тензора деформаций?

- 1) объемное деформирование; 2) сдвиг; 3) изгиб.

26. Определение интенсивности тензора деформаций-

$$1) \varepsilon_u = \left[\frac{2}{3} e_{ij} e_{ij} \right]^{1/2}; \quad 2) \varepsilon_u = \frac{\sqrt{3}}{2} [(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2]^{1/2}; \quad 3) \varepsilon_u = \frac{1}{2} [\varepsilon_{ii} \varepsilon_{jj} - \varepsilon_{ij} \varepsilon_{ij}].$$

27. Первый инвариант какого тензора равен нулю?

- 1) Деватора тензора напряжений; 2) тензора деформаций; 3) шаровой части тензора напряжений.

28. Соотношения Коши имеют вид -

$$1) \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad 2) \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2\mu} \left[\sigma_{ij} - \frac{3\nu}{1+\nu} \sigma \delta_{ij} \right]; \quad 3) \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right).$$

29. Какие параметры связывают соотношения Коши -

- 1) напряжения и деформации; 2) деформации и перемещения; 3) главные оси.

30. Какие параметры варьируются в методе возможных сил?

- 1) перемещения, 2) перемещения и деформации; 3) деформации и напряжения;
4) напряжения ; 5) напряжения, поверхностные и массовые силы.

31. Какое значение приобретает потенциальная энергия на действительных напряжениях?

- 1) максимальное; 2) минимальное; 3) равное нулю.

32. На какой поверхности тела задаются граничные условия?

- 1) Деформированной; 2) не деформированной;
3) на деформированной и не деформированной.

33. В чем состоит прямая задача теории упругости?

- 1) В определении компонент тензоров напряжений, деформаций и вектора перемещения;
2) в определении усилий, приложенных на границе тела;
3) в определении перемещений на границе тела.

34. Чему соответствует условный предел текучести?

- 1) Напряжению при $\varepsilon^p = 0.2\%$; 2) Функциональной связи $\sigma_{eq} = \Phi(\varepsilon_{eq})$;
3) Пределу текучести при повторном нагружении.

35. Теория пластического течения связывает:

- 1). напряжения и деформации; 2) напряжения и скорости деформаций;
3). скорости напряжений и деформаций.

36. При повторном нагружении образца предел текучести:

- 1) повышается; 2) понижается; 3) не изменяется.

37. При повторном упругопластическом знакопеременном нагружении образца предел текучести:

- 1) повышается; 2) понижается; 3) не изменяется.

38. Теория идеальной пластичности предполагает в пластической области постоянство:

- 1) напряжений и деформаций; 2) деформаций; 3) напряжений.

39. Как записывается ассоциированный закон пластического течения ?

$$1) \quad \dot{\varepsilon} = \frac{2}{3} \frac{\dot{\varepsilon}_{eq}}{\sigma_{eq}} S_{ij} \quad 2) \quad \sigma_{eq} = \Phi(\varepsilon_{eq}); \quad 3) \quad S_{ij} = \frac{2}{3} \frac{\sigma_{eq}}{d\varepsilon_{eq}^p} d e_{ij}^p, \quad e_{ij}^p = \varepsilon_{eq}^p - \varepsilon_{kk}^p \delta_{ij}.$$

40. В теории пластического течения объемная деформация:

- 1) упругая; 2) пластическая; 3) упругопластическая.

41. В деформационной теории пластичности девиаторы напряжений и деформаций:

- 1) пропорциональны; 2) линейно зависимы; 3) не связаны между собой.

42. В теории пластического течения девиатор напряжений связан:

- 1) с девиатором деформаций; 2) с девиатором пластических деформаций;

3) со скоростью деформирования.

43. В деформационной теории пластичности материал предполагается:

1) разупрочняющимся; 2) упрочняющимся; 3) идеально пластическим.

44. Гипотеза упрочнения деформационной теории пластичности:

$$1) \sigma_{\text{eq}} = \Phi(\varepsilon_{\text{eq}}); 2) \sigma_{\text{eq}} = \Phi(\int d\varepsilon_{\text{eq}}); 3) \dot{\varepsilon} = \frac{2}{3} \frac{\dot{\varepsilon}_{\text{eq}}}{\sigma_{\text{eq}}} S_{ij}.$$

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий ИОПК – 6.1, ИОПК – 6.2, ИОПК – 6.3. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Третья часть содержит 1 вопрос, проверяющих ПК-3.1, ПК – 3.2, ПК – 3.3, ПК – 3.4. и оформленные в виде практических задач. Ответы на вопросы третьей части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов для второй части экзамена.

1. Экспериментальные и физические основы неупругого деформирования.
2. Условия начала пластичности для изотропного и анизотропного материала.
3. Кинематика упругопластического деформирования.
4. Ассоциированный закон пластического течения.
5. Деформационная теория пластичности.
6. Теория пластического течения.
7. Растяжение и кручение тонкостенной трубы.
8. Толстостенная сферическая оболочка под действием внутреннего давления.
9. Изгиб упругопластической балки.
10. Цилиндрическая труба из упрочняющегося материала под действием давления.
11. Линии скольжения и их свойства.
12. Поле скоростей при плоской деформации.
17. Растяжение полосы с вырезами, имеющими круговое основание.
18. Энергетические тождества. Дополнительные неравенства в теории пластичности.
19. Минимальные свойства действительного полей скоростей и напряжений.
20. Кинематическая и статическая теорема о предельной нагрузке.

Примеры задач:

Задача 1. Записать критерий Мизеса для плоского напряженного состояния

Дано: Компоненты тензора напряжения, удовлетворяющие уравнениям равновесия (при отсутствии массовых сил).

Требуется: Определить интенсивность напряжений и записать критерий пластичности в форме Мизеса.

Записать критерий пластичности Мизеса в главных напряжениях.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Уровень владения темой
неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none">○ грубые ошибки в знании основных положений и понятий теории пластичности, направленности профессионального образования (прикладная механика);○ отсутствие знаний основных положений теории пластичности, умения оперировать ими;○ недостаточное владение научным стилем речи;○ не умение защитить ответы на основные вопросы.
удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none">○ удовлетворительные знания основных понятий теории пластичности, умение оперировать ими, умение оперировать ими, неточности знаний;

	<ul style="list-style-type: none"> ○ удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов теории пластичности, раскрытия темы; ○ посредственные ответы на вопросы.
хорошо	<ul style="list-style-type: none"> ○ хорошие знания основных положений теории пластичности, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности; ○ достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности; ○ единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности; ○ умение защитить ответы на основные вопросы; ○ хорошее владение научным стилем речи
отлично	<ul style="list-style-type: none"> ○ глубокие знания основных понятий в области теории пластичности, умение оперировать ими; ○ высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы; ○ отличное умение представить основные вопросы в научном контексте; ○ отличное владение научным стилем речи

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24749>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

Занятие 1. Тема: Критерии пластичности Треска –Сен-Венана, Губера- Мизеса.

Занятие 2. Геометрическая интерпретация процесса нагружения. Поверхность текучести в пространстве напряжений.

Занятие 3. Задача об изгибе тонкой пластины.

Занятие 4. Задача об упругопластической деформации пластины с отверстием.

Занятие 5. Задача о деформации толстостенной трубы под давлением.

Занятие 6. Линии скольжения в задачах теории пластичности.

Занятие 7. Задача о вдавливании плоского штампа в полубесконечное упругопластическое пространство.

Занятие 8. Задача об упругопластическом изгибе трехслойной пластины.

Занятие 9. Задача о кручении призматических стержней.

Занятие 10. Определение параметров определяющих уравнений упругопластических сред для конструкционных материалов.

Занятие 11. Подготовка данных для численного решения задач инженерного анализа с применением WB ANSYS для упругопластических сред.

Занятие 12. Подготовка данных для решения динамических задач с применением автономных программ в WB ANSYS для упругопластических сред.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Зубчанинов В. Г. Механика процессов пластических сред / В. Г. Зубчанинов. – М. : Физматлит, 2010. – 352 с.

2. Коларов Д., Балтов А., Бончева Н. Механика пластических сред. М.: МИР, 1979. - 302 с.
3. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. Теория упругости и пластичности Учеб. для вузов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 416 с
4. [Александров А. В.](#), [Потапов В. Д.](#) Основы теории упругости и пластичности учебник для вузов Москва : Высш. шк., 1990. 400 с.
5. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности, Изд-во: М.: Металлургия, 1987 г.; 352 с.
6. Андреев В. И. Механика неоднородных тел : учебное пособие / В. И. Андреев ; Моск. гос. строит. ун-т - Нац. исслед. ун-т. – М. : Юрайт, 2015. – 254 с. – Режим доступа ЭБС Юрайт: <https://www.biblio-online.ru/book/3F97844B-D9D7-4995-84A7-03683495A972>

б) дополнительная литература:

1. Соппротивление материалов с основами теории упругости и пластичности : учебник / Г. С. Варданян, В. И. Андреев, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна, Н. М. Атарова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 510 с. – Режим доступа ЭБС Znanium.com <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448729>
2. Прикладная теория пластичности / [Митенков Ф. М., Волков И. А., Игумнов Л. А. и др.]. – М. : Физматлит, 2015. – 1 онлайн-ресурс (282 с.) – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71993
3. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука. 1969. - 420 с.
4. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1975. 400 с.
5. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория упрочняющегося пластического тела. М.: Наука, 1971.-232 с.
6. Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. С.-Петербург: Наука. 1993. - 471 с.
7. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории // М.: Изд-во АН СССР, 1963. -271 с.
8. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.:Мир, 1976. - 464 с.
9. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности / Пер. с англ.; Под ред. Н.В. Баничука. М.: Мир, 1987. -542 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

- EqWorld : мир математических уравнений [Электронный ресурс] / под ред. А. Д. Полянина. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2004-2016. –

URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

- Библиотека научной литературы LIB.org.by [Электронный ресурс] : книги, журналы, статьи / Белорусская научная библиотека. – Электрон. дан. – [Б. м., б. г.].
- URL: <http://lib.org.by/>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

- Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
- Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Скрипняк Владимир Владимирович, кандидат физико-математических наук, кафедра механики деформируемого твердого тела, доцент