

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Н.В. Дубив /

«14» сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕОРИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Теория ползучести» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем), утвержденной «28» августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры

Д.А. Курасов

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Механика машин и
основы конструирования»

Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе
Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единицы трудоемкости (144 академических часа).

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	48	48
Лекции	16	16
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	16	16
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	96	96
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы	78	78
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	144	144

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория ползучести» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений. Является дисциплиной по выбору вариативной части.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов;
- Теория пластин и оболочек.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения дипломной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Теория ползучести» является формирование у обучаемых знаний о принципах и методах обеспечения длительной прочности деталей машин и конструкций.

Задачами дисциплины является изучение основных положений, моделей, существующих теорий ползучести материалов и методов их использования в инженерных расчётах.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность проводить работы по проектированию, конструированию и расчету машин, оборудования, транспортных средств и трубопроводной арматуры с использованием современных наукоемких программных комплексов (ПК-10).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать теоретические основы расчёта конструкций в условиях ползучести;
- уметь осуществлять постановку задачи, выбирать расчётные схемы и способ решения задачи; анализировать полученные результаты расчёта в условиях ползучести;
- владеть навыками расчёта конструкций на длительную прочность.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Ползучесть и релаксация напряжений. Кривые ползучести	2	1	12
	2	Длительная прочность	2	1	4
	3	Технические теории ползучести. Теория старения	2	2	
	4	Теория течения. Теория упрочнения	2	2	
		Рубежный контроль № 1	-	2	
Рубеж 2	5	Особенности кратковременной ползучести. Неустановившаяся и установившаяся ползучесть	2	1	
	6	Ползучесть при изгибе балок	2	2	
	7	Ползучесть при кручении валов	2	2	
	8	Ползучесть цилиндрических труб	2	1	
		Рубежный контроль № 2	-	2	
Всего:			16	16	16

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Ползучесть и релаксация напряжений. Кривые ползучести

Ползучесть материала, понятие, проявления, причины возникновения, факторы влияния. Явление упругого и пластического последействия.

Релаксация напряжений. Кривая релаксации.

Кривые ползучести. Стадии ползучести. Опыты Эндрейда. Понятие о гомологической температуре.

Тема 2. Длительная прочность

Предел ползучести. Предел длительной прочности. Явление охрупчивания материала. Зависимость предела длительной прочности от времени испытания до разрушения.

Определение коэффициента запаса при длительном нагружении в случае одноосного напряженного состояния. Коэффициент запаса по времени. Коэффициент запаса по напряжениям. Определение коэффициентов запаса при нестационарном режиме напряженности и нагрева.

Тема 3. Технические теории ползучести. Теория старения

Основные понятия и общие допущения технических теорий ползучести. Потенциал скоростей деформации ползучести. Гиперповерхность ползучести. Зависимость компонентов скоростей деформаций ползучести от компонентов девиаторов напряжений.

Теория старения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории старения.

Тема 4. Теория течения. Теория упрочнения

Теория течения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории течения.

Теория упрочнения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории упрочнения.

Результаты экспериментальной проверки теорий ползучести. Анализ теорий ползучести.

Тема 5. Особенности кратковременной ползучести. Неустановившаяся и установившаяся ползучесть

Понятие о кратковременной ползучести. Кривые кратковременной ползучести. Области ползучести с начальной стадией и без неё. График зависимости напряжения от времени. Аналитическое описание кратковременной ползучести.

Понятие о неустановившейся и установившейся ползучести. Особенности расчётов при установившейся и неустановившейся ползучести (на примере статически неопределимой стержневой системы). Приближённые методы решения задач неустановившейся ползучести.

Тема 6. Ползучесть при изгибе балок

Чистый изгиб балки при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (на примере двухопорной балки).

Поперечный изгиб балки при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (на примере консольной балки).

Чистый изгиб балки при неустановившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы. Принцип минимума дополнительной мощности.

Тема 7. Ползучесть при кручении валов

Кручение вала при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (на примерах валов с некруглым поперечным сечением, с тонкостенным открытым профилем, с тонкостенным замкнутым профилем).

Тема 8. Ползучесть цилиндрических труб

Тонкостенная цилиндрическая труба при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (на примере совместного действия продольной силы и крутящего момента).

Толстостенная цилиндрическая труба с дном при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (на примере совместного действия внутреннего давления и осевой силы).

4.3. Практические занятия

Но- мер раз- дела, темы	Наименование разде- ла, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
1	Ползучесть и релакса- ция напряжений. Кри- вые ползучести	Кривая релаксации. Кривые ползучести	9 сем.
			1
2	Длительная прочность	Определение коэффициента запаса при длительном нагружении в случае одноос- ного напряженного состояния	1
3	Технические теории ползучести. Теория старения	Применение теории старения при реше- нии задач	2
4	Теория течения. Теория упрочнения	Применение теории течения и теории уп- рочнения при решении задач	2
		Рубежный контроль №1	2
5	Особенности кратко- временной ползучести. Неустановившаяся и установившаяся ползу- честь	Приближённые методы решения задач не- установившейся ползучести	1
6	Ползучесть при изгибе балок	Изгиб балки при установившейся ползу- чести	2
7	Ползучесть при круче- нии валов	Кручение вала при установившейся пол- зучести	2
8	Ползучесть цилиндри- ческих труб	Тонкостенная цилиндрическая труба при установившейся ползучести	1
		Рубежный контроль №2	2
Всего:			16

4.4. Лабораторные работы

Но- мер раз- дела, темы	Наименование разде- ла, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.
1	Ползучесть и релакса- ция напряжений. Кри- вые ползучести	Построение кривой ползучести	4
		Ползучесть и эластическое восстано- вление синтетических нитей	4
		Исследование обратной ползучести	4
2	Длительная прочность	Определение предела ползучести вязко- упругих материалов	4
Всего:			16

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия или лабораторной работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

На практических занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Приветствуется активное участие обучающихся в решении (как правило, коротких фрагментов) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высоких баллов по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям и лабораторным работам, к рубежным контролям, подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомен- дуемая трудоем- кость, акад. час.
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	62
Ползучесть и релаксация напряжений. Кривые ползучести	9 сем.
Длительная прочность	7
Технические теории ползучести. Теория старения	8
Теория течения. Теория упрочнения	8
Особенности кратковременной ползучести. Неустановившаяся и установившаяся ползучесть	8
Ползучесть при изгибе балок	8
Ползучесть при кручении валов	8
Ползучесть цилиндрических труб	7
Подготовка к лабораторным занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	4
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	8
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	4
Подготовка к зачету	18
Всего:	96

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ
2. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, 2
3. Перечень вопросов к зачету
4. Отчеты по лабораторным работам

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание
1	Распределе-	Распределение баллов за 9 сем.

	ние баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Посещение практических занятий и активность на них	Выполнение и защита лабораторных работ	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет
		Балльная оценка:	до 16	до 18	до 16	до 10	до 10	до 30
		Примечания:	8 лекций по 2 балла	За посещение «обычных» практических занятий – по 1,5 балла (6x1,5=9) и за активность на них – по 1,5 балла (6x1,5=9)	За выполнение работы – по 2 балла (4x2=8) и за защиту отчёта – по 2 балла (4x2=8)	На 4-м практическом занятии	На 8-м практическом занятии	
			Корректирующий коэффициент К: К=2 за активную работу; К=0,5 за опоздание не более чем на 15 мин; К=0 за опоздание более чем на 15 мин, за грубое нарушение дисциплины на занятиях: порча имущества, сон, игры, шум, телефонные звонки, SMS, MMS, нахождение в нетрезвом состоянии, демонстрация пренебрежительного отношения к занятиям и окружающим.					
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачет; 61...100 – зачет						
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (к зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические и лабораторные работы.</p> <p>Для «автоматического» получения зачета студенту необходимо набрать за семестр 61 балл.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в значимых учебных, научных, методических и внеучебных мероприятиях университета и выставлен зачет «автоматически».</p>						

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае, если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все задания, студенту необходимо выполнить дополнительные задания до конца последней (зачетной) недели.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> – написание лекции по пропущенной теме, отчета по пропущенному практическому или лабораторному занятию и их защита (за предоставление материала начисляется 1/2 из пропущенных баллов, за защиту – еще 1/2 из пропущенных баллов); – прохождение рубежного контроля (вместо пропущенного или неудовлетворительного); – разработка учебной модели, компьютерной программы, мультимедийного и др. продукта для применения в курсе «Теория ползучести» (от 4 до 40 баллов за каждую разработку, при этом общая сумма баллов к промежуточной аттестации не может превышать 70). <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяются преподавателем.</p>
---	--	---

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей состоят из 20 вопросов. За правильный ответ на 1 вопрос на рубежных контролях начисляется 0,5 балла.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 60 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Промежуточный контроль знаний (зачет) студентов проводится в традиционном виде по вопросам. Студент отвечает на 2 теоретических вопроса, что позволяет обучающимся продемонстрировать свои навыки представления и изложения материала, развить грамотную техническую речь. Каждый теоретический вопрос оценивается до 15 баллов.

Для получения высоких баллов на зачете не допускается списывание, использование подсказок, шпаргалок, карманных компьютеров, телефонов и др. Время, отводимое студенту на зачет, составляет 2 астрономических часа.

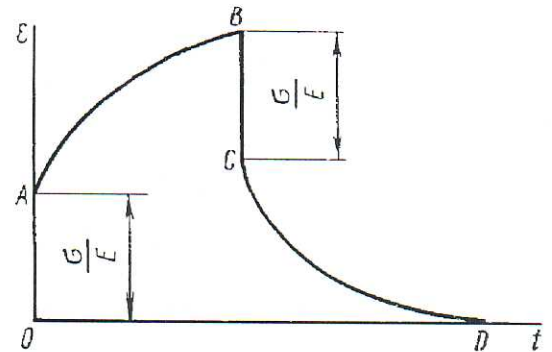
Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №1

ЗАДАНИЕ №1 (выберите номер правильного ответа)

Представленный график иллюстрирует ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) явление упругого последействия;
- 2) явление пластического последействия;
- 3) явление релаксации.

ЗАДАНИЕ №2: выберите номер правильного ответа.

Температура плавления стали 1500°C . При температуре 614°C гомологическая температура такой стали равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 25%;
- 2) 50%;
- 3) 75%.

ЗАДАНИЕ №3: выберите номер правильного ответа.

Напряжение, при котором деформация ползучести за заданный промежуток времени достигает установленной величины, представляет собой ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) предел ползучести;
- 2) предел длительной прочности;
- 3) допускаемое напряжение.

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №2

ЗАДАНИЕ №1 (*выберите номер правильного ответа*)

Отличительной особенностью мгновенной ползучести является наличие ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) упругой деформации;
- 2) мгновенной пластической деформации;
- 3) деформации ползучести.

ЗАДАНИЕ №2 (*выберите номер правильного ответа*)

Процесс ползучести, протекающий при изменяющихся во времени напряжениях, – это ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) неустановившаяся ползучесть;
- 2) установившаяся ползучесть;
- 3) мгновенная ползучесть.

ЗАДАНИЕ №3 (*выберите номер правильного ответа*)

При чистом изгибе бруса в условиях установившейся ползучести его поперечное сечение ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) остаётся плоским;
- 2) искривляется;
- 3) утолщается вблизи нейтральной оси.

Примерный перечень вопросов к зачёту

1. Ползучесть материала, понятие, проявления, причины возникновения, факторы влияния. Явление упругого и пластического последдействия.
2. Релаксация напряжений. Кривая релаксации.
3. Кривые ползучести. Стадии ползучести. Опыты Эндрейда. Понятие о гомологической температуре.
4. Предел ползучести. Предел длительной прочности. Явление охрупчивания материала. Зависимость предела длительной прочности от времени испытания до разрушения.
5. Определение коэффициента запаса при длительном нагружении в случае одноосного напряженного состояния. Коэффициент запаса по времени. Коэффициент запаса по напряжениям. Определение коэффициентов запаса при нестационарном режиме напряженности и нагрева.
6. Основные понятия и общие допущения технических теорий ползучести. Потенциал скоростей деформации ползучести. Гиперповерхность ползучести. Зависимость компонентов скоростей деформаций ползучести от компонентов девиаторов напряжений.
7. Теория старения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории старения.
8. Теория течения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории течения.
9. Теория упрочнения, её основные положения и допущения. Аналитические зависимости деформации ползучести от напряжения и времени в теории упрочнения.
10. Результаты экспериментальной проверки теорий ползучести. Анализ теорий ползучести.
11. Понятие о кратковременной ползучести. Кривые кратковременной ползучести. Области ползучести с начальной стадией и без неё. График зависимости напряжения от времени. Аналитическое описание кратковременной ползучести.
12. Понятие о неустановившейся и установившейся ползучести. Особенности расчётов при установившейся и неустановившейся ползучести (проиллюстрировать на примере статически неопределимой стержневой системы).
13. Приближённые методы решения задач неустановившейся ползучести.
14. Чистый изгиб балки при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере двухопорной балки).
15. Поперечный изгиб балки при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере консольной балки).
16. Чистый изгиб балки при неустановившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы.

17. Принцип минимума дополнительной мощности.
18. Кручение вала при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере вала с некруглым поперечным сечением).
19. Кручение вала при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере вала с тонкостенным открытым профилем).
20. Кручение вала при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере вала с тонкостенным замкнутым профилем).
21. Тонкостенная цилиндрическая труба при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере совместного действия продольной силы и крутящего момента).
22. Толстостенная цилиндрическая труба с днищем при установившейся ползучести: последовательность расчёта и расчётные формулы (проиллюстрировать на примере совместного действия внутреннего давления и осевой силы).

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Чемодуров В.Т. Основы теории упругости, пластичности и ползучести : учебное пособие / В.Т. Чемодуров, С.Г. Ажермачев, К.С. Пшеничная-Ажермачева. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 238 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Пачурин Г.В. Сопротивление материалов. Усталость и ползучесть материалов при высоких температурах : учеб. пособие / Г.В. Пачурин, С.М. Шевченко, В.Н. Дубинский ; под общ. ред. Г.В. Пачурина. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 128 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов:
 - Методические указания по изучению основ теории ползучести / И.Е. Прокопович. – Одесса: Одесский инженерно-строительный институт, 1976. – 72 с.
2. Методические рекомендации к лабораторным работам:
 - Определение предела ползучести вязкоупругих материалов : методические указания к выполнению лабораторной работы / О.А. Одинокова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – 29 с.
 - Определение физико-механических характеристик строительных композиционных материалов : методические указания к выполнению лабораторных работ / О.А. Киселева. – Тамбов: ТГТУ, 2013. – 15 с.
 - Ползучесть и эластическое восстановление синтетических нитей : методические указания к выполнению лабораторной работы / Е.А. Разумовская, Е.С. Цобкалло, Л.Н. Петрова, Ж.А. Лебедева. – СПб: СПГУТД, 2008. – 21 с.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Плакаты, макеты, модели, лабораторные установки, измерительный инструмент.

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Теория ползучести»

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 – Фундаментальная математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

Семестр: 9 (очная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Содержание дисциплины

Ползучесть и релаксация напряжений. Кривые ползучести. Длительная прочность. Технические теории ползучести. Теория старения. Теория течения. Теория упрочнения. Особенности кратковременной ползучести. Неустановившаяся и установившаяся ползучесть. Ползучесть при изгибе балок. Ползучесть при кручении валов. Ползучесть цилиндрических труб.