

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Основы теории пластичности

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика  
Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (с.н.с.) Кузнецов С.А. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), skuznets@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Способен выполнять научно-исследовательские и расчетно-экспериментальные работы, решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения и методы теории пластичности и ползучести и возможность применения этих знаний в профессиональной деятельности с привлечением необходимого физико-математического аппарата;  
 современные тенденции развития теории пластичности и ползучести, основные методы расчетов на прочность и устойчивость с учетом пластичности и ползучести, и сопутствующие математические методы

Должен уметь:

критически анализировать современные проблемы учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, самостоятельно ставить цель исследования и определять пути её достижения;  
 использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;  
 самостоятельно разрабатывать математические и компьютерные модели конструкций с учетом физической нелинейности.

Должен владеть:

методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.03.03 "Прикладная механика (Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 16 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение	8	4	0	4	0	0	0	3
2.	Тема 2. Условия начала пластичности	8	4	0	4	0	0	0	3
3.	Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций	8	6	0	6	0	0	0	3
4.	Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности	8	6	0	8	0	0	0	4
5.	Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость	8	8	0	6	0	0	0	3
	Итого		28	0	28	0	0	0	16

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Введение**

Свойства упругости, пластичности и ползучести. Эффект Баушингера. Предельные нагрузки. Теория напряжений. Разложение тензора напряжений на шаровой и девиатор. Инварианты тензора и девиатора. Интенсивность напряжений. Октаэдрические напряжения. Теория деформаций. Интенсивность и инварианты деформаций. Логарифмические деформации. Скорости деформаций. Механизм разрушения. Теоретический предел прочности. Дислокация. Закон Гука. Связь между компонентами девиаторов напряжений и деформаций. Зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций. Упругая энергия деформаций и ее связь с инвариантами тензоров.

**Тема 2. Условия начала пластичности**

Условия начала пластичности. Поверхность пластичности. Условия Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса, Ишлинского-Хилла-Ивлева. Идеально упруго-пластичный материал. Материал с упрочнением. Движение поверхности пластичности при нагружении. Простое нагружение. Траектории нагружения и деформаций. Параметр Удквиста. Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Деформационная теория. Сложное нагружение. Уравнение Прандля-Рейсса, Сен-Венана-Леви, Генки-Шмидта-Ильюшина. Основные законы деформационной теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Математическая формулировка задач теории пластичности. Теория течения и деформационная теория. Теория течения для идеально-жестко-пластической схемы.

**Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций**

Общие теоремы для упругопластических деформаций. Принцип минимума полной энергии. Обобщение формул Грина. Принцип возможных изменений напряженного состояния. Обобщение формул Кастильяно. Принцип минимума дополнительной работы. Формулы Кротти-Энгессера. Статические и кинематические теоремы для предельных состояний. Метод упругих решений.

**Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности**

Некоторые задачи теории пластичности. Чистый изгиб балки. Остаточные напряжения. Задача об изгибе балки сосредоточенной силой. Кручение круглого стержня. Кручение стержня произвольного поперечного сечения. Аналогия Надаи. Упруго-пластическое состояние толстой трубы под давлением. Совместное растяжение и кручение тонкостенной трубы. Решение по теории течения и деформационной теории. Упруго-пластическое и предельное состояние пластин при изгибе.

**Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость**

Ползучесть деформаций материала. Релаксация напряжений материала. Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации. Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений. Выбор функции влияния и методы определения ее параметров. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Библиотека Машиностроителя - <http://lib-bkm.ru/>

Библиотека строительства - <http://www.zodchii.ws/books/>

КнигаФонд - knigafund.ru

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Ваше обучение должно начинаться с внимательного ознакомления с программой курса, обязательными элементами которой являются: - перечень тем, подлежащих усвоению; - список учебных пособий и рекомендуемой литературы; - список контрольных вопросов Изучать данную учебную дисциплину следует, переходя от темы к теме, ничего не пропуская и не забегая вперед. Это обусловлено внутренней логикой науки, очевидным движением от простого к сложному.
практические занятия	Только так можно достичь полного понимания предмета, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования навыков проведения тестирования. После внимательного прочтения основной литературы по теме попробуйте самостоятельно ответить на контрольные вопросы. Если это вызывает трудности, вернитесь к соответствующим главам или разделам учебника, займитесь поиском дополнительной литературы.
самостоятельная работа	Очень важно, чтобы не оставалось непонятых положений, поскольку 'пробелы' имеют обыкновение нарастать, как снежный ком. Помните, что в процессе освоения любой науки вам необходимо: - уяснить ее связь с другими отраслями знаний; - получить четкое представление об объекте исследования и предмете данной науки; - освоить основные достижения в данной области знаний; - представлять спектр нерешенных проблем и перспективных направлений их развития.
зачет	При подготовке к зачёту прочитайте и вспомните всё содержание курса. Для поиска и проработки обширного круга дополнительных источников важно свободно ориентироваться в информационных потоках. Большую помощь, помимо библиотек, может оказать Internet. При изучении курса особое внимание необходимо обратить на классификацию и специфические особенности разных моделей. Для поиска и проработки обширного круга дополнительных источников важно свободно ориентироваться в информационных потоках. Большую помощь, помимо библиотек, может оказать Internet. При изучении курса особое внимание необходимо обратить на классификацию и специфические особенности разных моделей.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

### 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:



- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.06.01 Основы теории пластичности

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Нигматулин Р.И., Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика [Электронный ресурс] / Нигматулин Р. И. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 640 с. - ISBN 978-5-9704-2898-6 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970428986.html>
2. Иродов, И.Е. Механика. Основные законы : учебное пособие / И.Е. Иродов. - 13-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 312 с. - ISBN 978-5-00101-495-9.- Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94115>
3. Степин, П.А. Сопротивление материалов: учебник / П.А. Степин. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-1038-5. - Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/3179>

#### Дополнительная литература:

1. Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль ; под редакцией Г. М. Кобелькова ; перевод И. О. Арушаняна. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-494-2.- Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94110>
2. Агамиров Л.В. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов / Л.В. Агамиров, М.А. Алимов, Л.П. Бабичев, М.Б. Бакиров. - Москва: Машиностроение, [б. г.]. - Том II-1 - 2010. - 852 с. - ISBN 978-5-217-03469-7.- Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/789>
3. Покровский, В.В. Механика. Методы решения задач : сборник / В.В. Покровский. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 256 с. - ISBN 978-5-9963-2645-7. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84100>
4. Елисеев, В.В. Основы механики материалов / В.В. Елисеев, Т.В. Зиновьева. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 88 с. - ISBN 978-5-8114-2305-7. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101510>



*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.06.01 Основы теории пластичности*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.