

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Компьютерный практикум по механике

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Султанов Л.У. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), Lenar.Sultanov@kpfu.ru ; ассистент, б.с. Фахрутдинов Л.Р. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), LRFahrutdinov@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
ОК-2	готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1	способностью находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики
ОПК-2	способностью создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках
ОПК-3	готовностью самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов
ПК-1	способностью к интенсивной научно-исследовательской деятельности
ПК-11	способностью и предрасположенностью к просветительной и воспитательной деятельности, готовность пропагандировать и популяризировать научные достижения
ПК-12	способностью к проведению методических и экспертных работ в области математики
ПК-2	способностью к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом
ПК-3	способностью публично представить собственные новые научные результаты
ПК-4	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-5	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах
ПК-6	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках
ПК-7	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при анализе экономических и социальных процессов, задач бизнеса, финансовой и актуарной математики
ПК-9	способностью различным образом представлять и адаптировать математические знания с учетом уровня аудитории

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

область применения прикладных задач;  
принципы работы ППП.

Должен уметь:

формулировать постановку задачи;  
 решать задачу;  
 анализировать результаты, полученные в ходе решения задачи.

Должен владеть:

пакетами прикладных программ для компьютерного моделирования задачи.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.6 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика твердого деформируемого тела)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1, 2 курсах в 2, 3 семестрах.

## 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 70 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 70 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 110 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре; зачет с оценкой в 3 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Ansys. Введение. Структура CAE-интерфейса (меню утилит, главное меню).	2	0	0	2	2
2.	Тема 2. Моделирование геометрии. Построение модели "снизу вверх".	2	0	0	2	4
3.	Тема 3. Поверхности.	2	0	0	2	4
4.	Тема 4. Объемы.	2	0	0	2	4
5.	Тема 5. Построение модели "сверху вниз".	2	0	0	2	4
6.	Тема 6. Построение сетки конечных элементов.	2	0	0	2	4
7.	Тема 7. Прямое построение сетки. Библиотека конечных элементов. Двумерные конечные элементы теории упругости. Двумерные конечные элементы пластин и оболочек.	2	0	0	2	6
8.	Тема 8. Трехмерные конечные элементы теории упругости. Трехмерные конечные элементы оболочек средней толщины.	2	0	0	4	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.	2	0	0	4	6
10.	Тема 10. Выполнение типовых расчетов в среде комплекса ANSYS.	2	0	0	4	6
11.	Тема 11. Моделирование статической линейной задачи для двумерного объекта.	3	0	0	2	6
12.	Тема 12. Моделирование статической линейной задачи для трехмерного объекта.	3	0	0	2	6
13.	Тема 13. Моделирование различных типов материалов.	3	0	0	6	6
14.	Тема 14. Моделирование динамической задачи.	3	0	0	6	6
15.	Тема 15. Моделирование контактной задачи на примере падения твердого шара на свободный конец консольно закрепленной балки с различными начальными условиями.	3	0	0	4	8
16.	Тема 16. Моделирование контактной задачи на примере взаимодействия консольно закрепленной балки и лежащего на ней упругого цилиндра, нагруженного поперечной силой.	3	0	0	6	8
17.	Тема 17. Моделирование статической линейной задачи на примере нагрева и охлаждения консольно закрепленной балки.	3	0	0	6	8
18.	Тема 18. Технология моделирования роста трещины.	3	0	0	6	8
19.	Тема 19. Импорт геометрии/экспорт геометрии и моделей. Дополнительные методы создания и анализа моделей.	3	0	0	6	8
	Итого		0	0	70	110

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Ansys. Введение. Структура CAE-интерфейса (меню утилит, главное меню).

Структура CAE-интерфейса (меню утилит, главное меню). Задание имени файла и названия проекта. Задание единиц измерения. Типы систем координат. Глобальная или локальная, узловая и элементная системы координат. Рабочая плоскость. Операции с рабочей плоскостью. Программирование в текстовом файле.

##### Тема 2. Моделирование геометрии. Построение модели "снизу вверх".

Построение модели "снизу вверх". Точка. Генерация точек. Построение точек по координатам Линии: прямая, окружность, касательная к кривой, кубические сплайны. Построение кривой линии по заданной функции или таблице точек. Генерация линий. Сглаживание углов между линиями.

##### Тема 3. Поверхности.

Поверхности и работа с ними. Различные способы построения поверхностей, например: построение поверхности по угловым точкам, построение поверхности по граничным линиям, при помощи протяжки линии, вращением линии вокруг оси или какой-нибудь другой линии. Возможные способы сглаживания углов между поверхностями.

##### Тема 4. Объемы.

Объемы и работа с ними. Различные способы построения объемов, например: построение объема по угловым точкам, построение объема по граничным поверхностям, построение объема с использованием операций вытягивания (экструзии) поверхности вдоль оси или линии, либо при помощи операции вращения поверхности вокруг оси или линии.

#### **Тема 5. Построение модели "сверху вниз".**

Построение модели "сверху вниз". Виды графических примитивов:

- Плоские фигуры: прямоугольник, круг, сектор, полигоны.
- Объемные фигуры: параллелепипед, цилиндр, призма, сфера, конус, тор.

Работа с графическими примитивами. Логические операции: объединение двух или более тел, создание тела пересечения, вырезание одного тела из другого.

#### **Тема 6. Построение сетки конечных элементов.**

Построение сетки конечных элементов. Задание характеристик элементов. Задание размеров и формы элементов. Генерация свободной и "правильной" сетки. Генерация объемной сетки протяжкой. Изменение сетки.

#### **Тема 7. Прямое построение сетки. Библиотека конечных элементов. Двумерные конечные элементы теории упругости. Двумерные конечные элементы пластин и оболочек.**

Прямое построение сетки. Библиотека конечных элементов. Двумерные конечные элементы теории упругости. Двумерные конечные элементы пластин и оболочек.

#### **Тема 8. Трехмерные конечные элементы теории упругости. Трехмерные конечные элементы оболочек средней толщины.**

Трехмерные конечные элементы теории упругости.  
Трехмерные конечные элементы оболочек средней толщин.

#### **Тема 9. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.**

Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.

#### **Тема 10. Выполнение типовых расчетов в среде комплекса ANSYS.**

Выполнение типовых расчетов в среде комплекса ANSYS. Интерфейс с моделью материала. Запись и редактирование данных материала. Использование файлов библиотек материалов. Указание типа расчета и опций расчета. Приложение нагрузок (Сосредоточенные, поверхностные и массовые силы). Вызов расчета. Просмотр результатов.

#### **Тема 11. Моделирование статической линейной задачи для двумерного объекта.**

Моделирование статической линейной задачи для двумерного объекта на примере консольно закрепленной балки.

#### **Тема 12. Моделирование статической линейной задачи для трехмерного объекта.**

Моделирование статической линейной задачи для трехмерного объекта на примере изгиба консольно закрепленной балки. Использование различных типов элементов. Изменение параметров сетки.

#### **Тема 13. Моделирование различных типов материалов.**

Моделирование различных типов материалов (изотропные, ортотропные, слоистые, гиперэластичные) на примере изгиба консольно-закрепленной балки. Задание пределов пропорциональности и прочности, переход к нелинейной статической задаче.

#### **Тема 14. Моделирование динамической задачи.**

Моделирование динамической задачи на примере свободных колебаний консольно закрепленной балки. Анализ частотных характеристик, запись результатов анализа в отчетные файлы.

#### **Тема 15. Моделирование контактной задачи на примере падения твердого шара на свободный конец консольно закрепленной балки с различными начальными условиями.**

Моделирование контактной задачи на примере падения твердого шара на свободный конец консольно закрепленной балки с различными начальными условиями

#### **Тема 16. Моделирование контактной задачи на примере взаимодействия консольно закрепленной балки и лежащего на ней упругого цилиндра, нагруженного поперечной силой.**

Моделирование контактной задачи на примере взаимодействия консольно закрепленной балки и лежащего на ней упругого цилиндра, нагруженного поперечной силой. Запись результатов анализа в видеоклип.

#### **Тема 17. Моделирование статической линейной задачи на примере нагрева и охлаждения консольно закрепленной балки.**

Моделирование статической линейной задачи на примере нагрева и охлаждения консольно закрепленной балки. Исследование возникающих температурных напряжений.

### **Тема 18. Технология моделирования роста трещины.**

Технология моделирования роста трещины.

### **Тема 19. Импорт/экспорт геометрии и моделей. Дополнительные методы создания и анализа моделей.**

Импорт/экспорт геометрии и моделей. Дополнительные методы создания и анализа моделей.

## **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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 З++ - 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)

Интернет-портал систем автоматизации инженерных расчетов - <http://www.cadfem-cis.ru/>

Форум пользователей CAD/CAE систем - <http://www.emt.ru/forum/>

Форум САПР-2000 - <http://fsapr2000.ru/>

Электронная библиотека - <http://mech.math.msu.su>

Электронная библиотека - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	В ходе подготовки к лабораторным занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.
зачет с оценкой	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

### 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.

Специализированная лаборатория.

## **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 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика твердого деформируемого тела".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.6 Компьютерный практикум по механике

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

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

1. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций : учебное пособие / В.А. Срочко. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1014-9. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/378>
2. Гулин А. В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях : учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. - М. : ИНФРА-М, 2017. - 368 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/883943>
3. Бахвалов, Н.С. Численные методы: учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 639 с. - ISBN 978-5-9963-2616-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/70767>
4. Бахвалов, Н.С. Численные методы. Решения задач и упражнения: учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.А. Корнев, Е.В. Чижонков. - 2-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2016. - 355 с. - ISBN 978-5-93208-205-8. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/90239>
5. Муромцев, Д.Ю. Математическое обеспечение САПР: учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. - 2-е изд. перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 464 с. - ISBN 978-5-8114-1573-1. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/42192>

**Дополнительная литература:**

1. Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков ; под редакцией В.П. Чирков. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 200 с. - ISBN 978-5-9221-1380-9. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59633>
2. Численные методы в математическом моделировании : учеб. пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2017. - 176 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/774278>
3. Численные методы. Практикум : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 512 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/652316>
4. Основы автоматизированного проектирования : учебник / под ред. А.П. Карпенко. - М.: ИНФРА-М, 2018. - 329 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/962578>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.6 Компьютерный практикум по механике

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

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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.