

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом Ученого совета ННГУ  
от 14.12.2021 г. протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины**

Конечно-элементное моделирование

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Конечно-элементное моделирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01, «Конечно-элементное моделирование» относится к части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Владеет методами математического и экспериментального исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний	ПК-1.1. Знает теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики.	Знает теоретические основы фундаментальных методов математического и экспериментального исследования	Собеседование
	ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.	Умеет применять полученные знания для анализа объекта исследования, осуществлять анализ и выбор методов решения задач дискретизации пространственных областей.	Контрольная работа
	ПК-1.3. Владеет навыками научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в	Владеет навыками научно-исследовательской деятельности в области механики, применения базовых знаний и современного математического аппарата дискретизации пространственных	Контрольная работа

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
	соответствии с поставленной целью и выбранной методикой.	областей при решении теоретических и прикладных задач.	
ПК-2. Способен анализировать поставленную задачу, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы	ПК-2.1. Знает теоретические основы и методологию построения решений фундаментальных задач механики, основы информационных технологий.	Знает методы постановок классических задач в области дискретизации пространственных областей	Собеседование
	ПК-2.2. Умеет осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности.	Умеет осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач, математически корректно ставить в области дискретизации пространственных областей	Контрольная работа
	ПК-2.3. Владеет навыками решения задач механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов.	Владеет навыками, применяемыми при постановке классических задач в области дискретизации пространственных областей с использованием современных программных комплексов.	Контрольная работа

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 з.е.</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	

- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>43</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			ЗЛеТ <sup>2</sup>	ЗСеТ <sup>3</sup>	ЗЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
1.	Введение в САПР	8	2	2		4	4
2.	Основные концепции графического программирования	10	4	4		8	2
3.	Системы автоматизированной разработки чертежей	14	4	4		8	6
4.	Системы геометрического моделирования	14	4	4		8	6
5.	Представление кривых и работа с ними	10	2	2		4	6
6.	Представление поверхностей и работа с ними	12	4	4		8	4
7.	Метод конечных элементов	12	4	4		8	4
8.	Интеграция CAD и CAM	14	6	4		10	4
9.	Виртуальная инженерия	14	2	4		6	6
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>65</b>	<b>43</b>
<sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося. <sup>2</sup> Занятия лекционного типа. <sup>3</sup> Занятия семинарского типа. <sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.							

#### *Краткое содержание разделов и тем дисциплины*

1. Введение в САПР: определение CAD, CAM, CAE, сценарий интеграции проектирования и производства посредством общей базы данных, компоненты САПР, аппаратное обеспечение САПР, конфигурация аппаратных средств.
2. Основные концепции графического программирования: графические библиотеки, системы координат, примитивы, ввод графики, дисплейный файл, матрица преобразования, удаление невидимых линий и поверхностей, визуализация, графический интерфейс пользователя.
3. Системы автоматизированной разработки чертежей: настройка параметров чертежа, базовые функции черчения, функции аннотирования, вспомогательные функции, совместимость файлов чертежей.
4. Системы геометрического моделирования: системы каркасного моделирования, системы поверхностного моделирования, системы твердотельного моделирования, немногочисленные системы моделирования, системы моделирования устройств, базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования.
5. Представление кривых и работа с ними: типы уравнений, конические сечения, Эрмитовы кривые, кривая Безье, сплайн, интерполяционные кривые, пересечение кривых.
6. Представление поверхностей и работа с ними: типы уравнений поверхностей, билинейная поверхность, лоскут Куна, бикубический лоскут, поверхность Безье,

сплайновая поверхность, интерполяционная поверхность, пересечение поверхностей.

7. Метод конечных элементов: введение в метод конечных элементов, формулировка метода конечных элементов, моделирование конечных элементов, автоматическое построение сетки, топологическое разбиение, геометрическое разбиение, решеточные методы, повышение качества сетки
8. Интеграция CAD и CAM: производственный цикл детали, технологическая подготовка производства, автоматизированные системы технологической подготовки производства, групповая технология.
9. Виртуальная инженерия: определение виртуальной инженерии, компоненты виртуальной инженерии, применение виртуальной инженерии, исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

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

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий), контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>
<b>плохо</b>	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
<b>удовлетворительно</b>	зачт	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
		много негрубых ошибок.	с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	задач с некоторыми недочетами
	<b>хорошо</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
	<b>очень хорошо</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	<b>отлично</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	<b>превосходно</b>	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована

Оценка		Уровень подготовки
		на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Определение CAD, CAM, CAE.	ПК-1, ПК-2
2.	Определение и аппаратное обеспечение САПР.	ПК-1, ПК-2
3.	Основные концепции графического программирования.	ПК-1, ПК-2
4.	Системы каркасного моделирования.	ПК-1, ПК-2
5.	Системы поверхностного моделирования	ПК-1, ПК-2
6.	Системы твердотельного моделирования.	ПК-1, ПК-2
7.	Немногообразные системы моделирования.	ПК-1, ПК-2
8.	Базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования.	ПК-1, ПК-2
9.	Представление кривых и работа с ними.	ПК-1, ПК-2
10.	Представление поверхностей и работа с ними	ПК-1, ПК-2
11.	Формулировка метода конечных элементов.	ПК-1, ПК-2
12.	Повышение качества сетки	ПК-1, ПК-2
13.	Интеграция CAD и CAM	ПК-1, ПК-2
14.	Определение виртуальной инженерии,	ПК-1, ПК-2
15.	Применение виртуальной инженерии	ПК-1, ПК-2
16.	Исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии	ПК-1, ПК-2

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1 и ПК-2

Задания приведены в приложении 1. Для каждого варианта объекта необходимо создать конечно-элементную модель с помощью комплекса ANSYS.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды: практ. рук./Любимов А. К., Берендеев Н. Н., Втюрин М. Ю., Жидков А. В., Леонтьев Н. В., Шабаров В. В. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 227 с.	100

№	б) дополнительная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Чигарев А. В. , Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. - ANSYS для инженеров: справочное пособие. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 512 с.	25

<sup>1</sup> Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».

№	б) дополнительная литература:	К-во <sup>1</sup>
2.	Капустин С. А. - Метод конечных элементов в задачах механики деформируемых тел: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2002. - 180 с.	25
3.	Васильева В. Н. - Введение в теорию метода конечных элементов. - Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1986. - 149 с. – 25	25

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С» <sup>2</sup>
1.	ANSYS	Л

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Автор(ы) \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., ст.преп.  
Кожанов Д.А.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

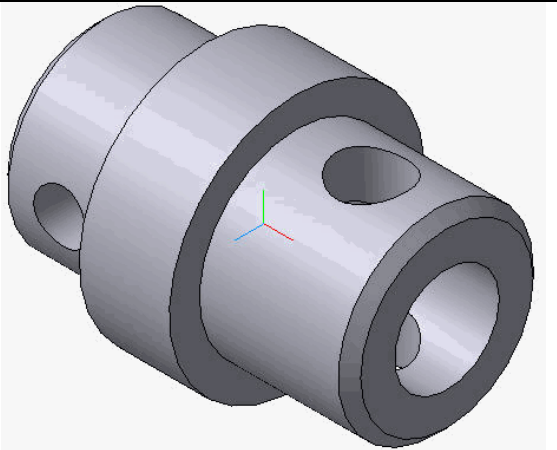
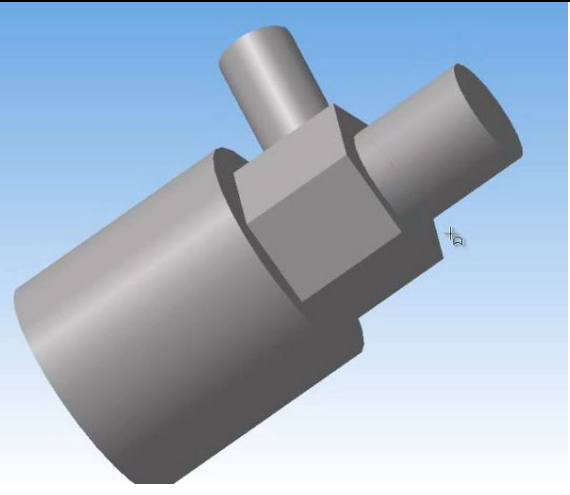
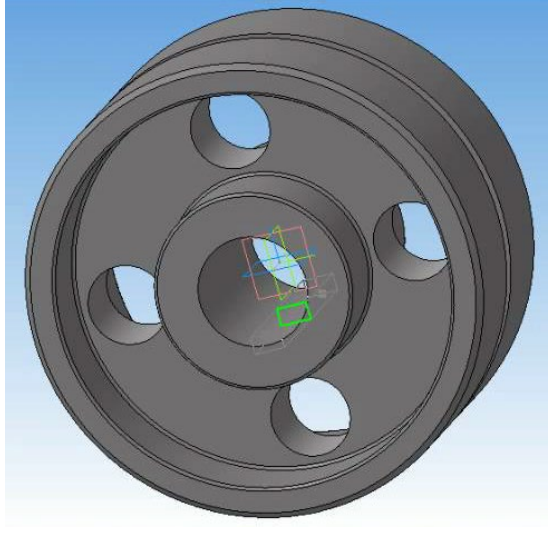
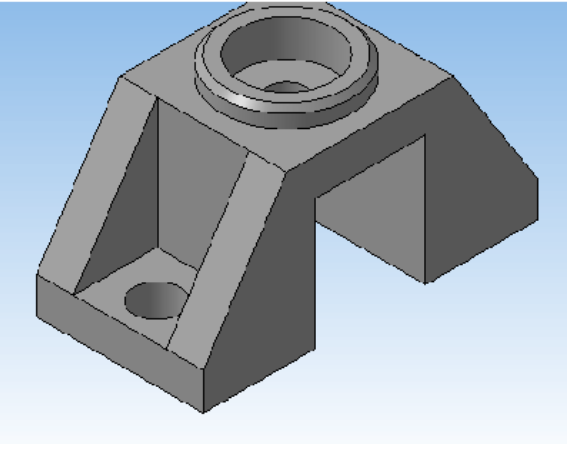
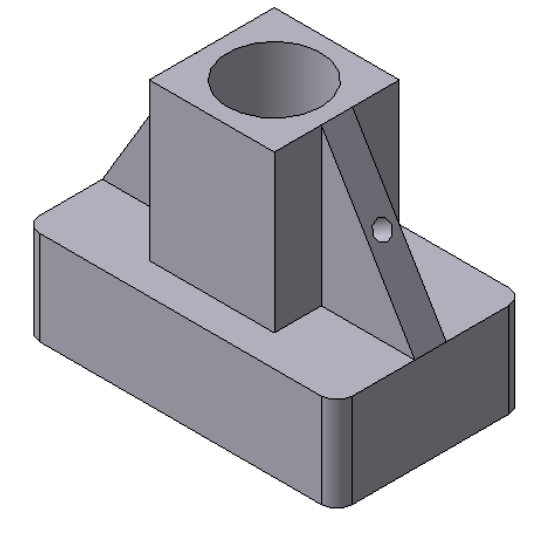
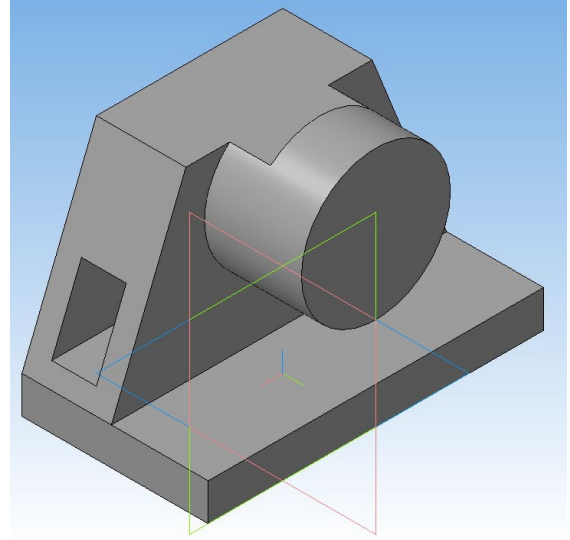
Заведующий кафедрой  
теоретической,  
компьютерной и  
экспериментальной  
механики \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., профессор  
Игумнов Л.А.

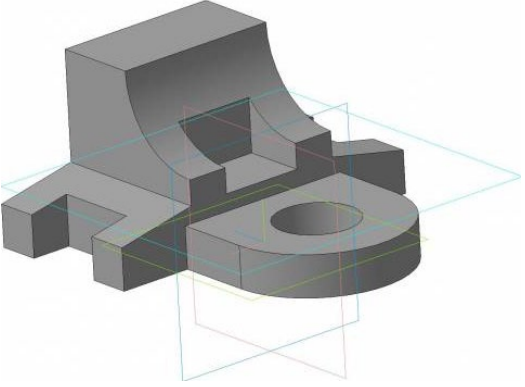
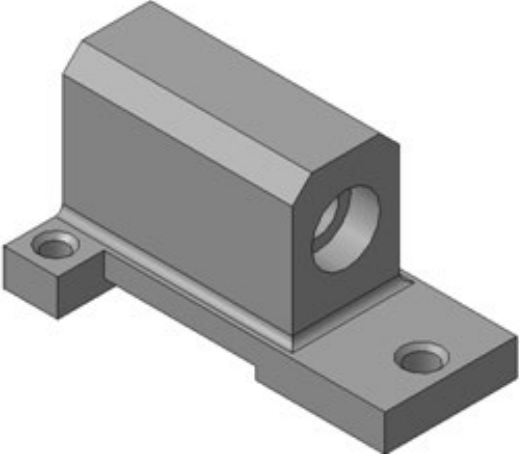
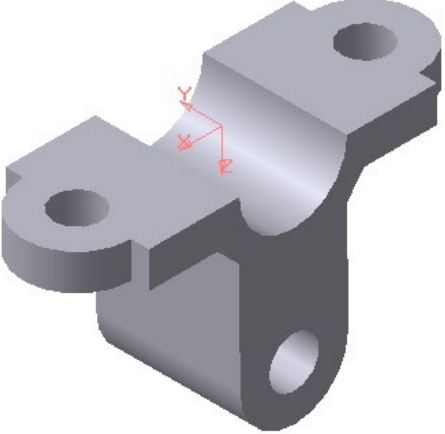
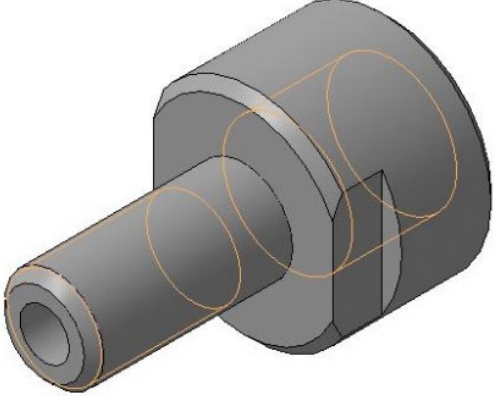
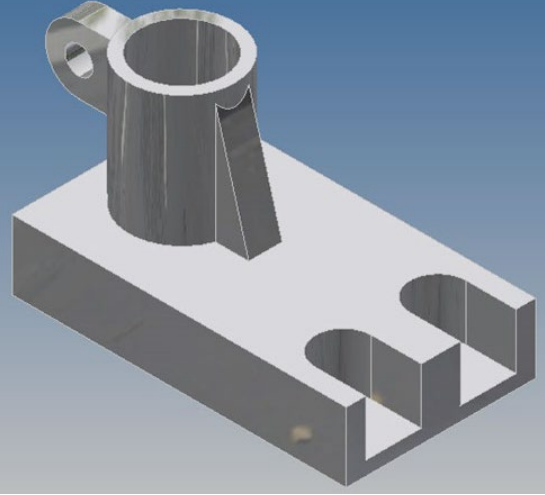
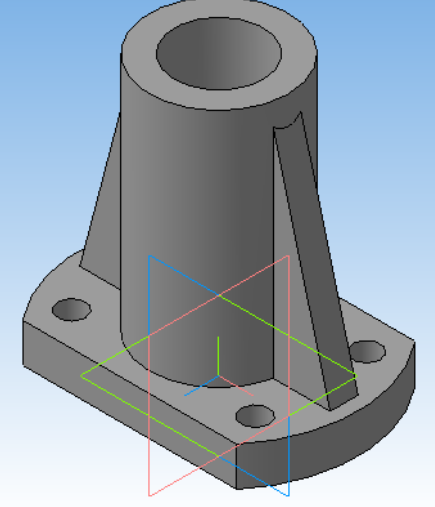
Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

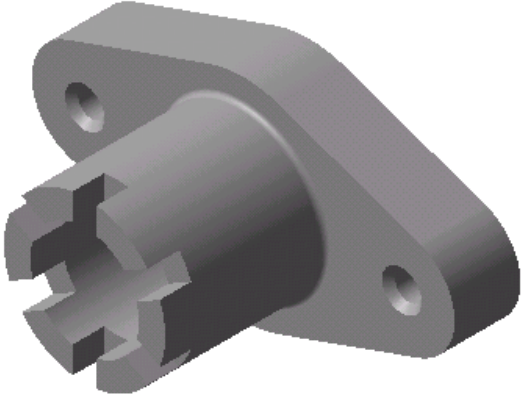
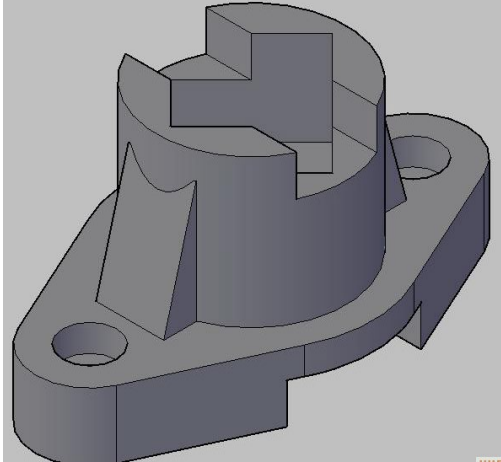
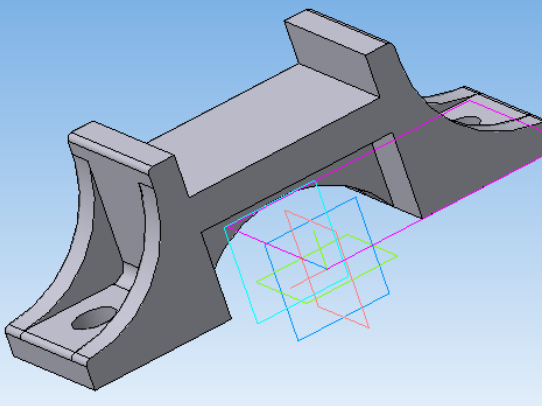


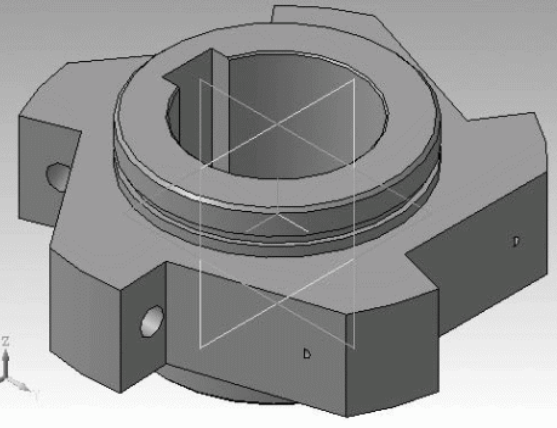
от 01.12.2021 года, протокол № 2.

<sup>2</sup> Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.

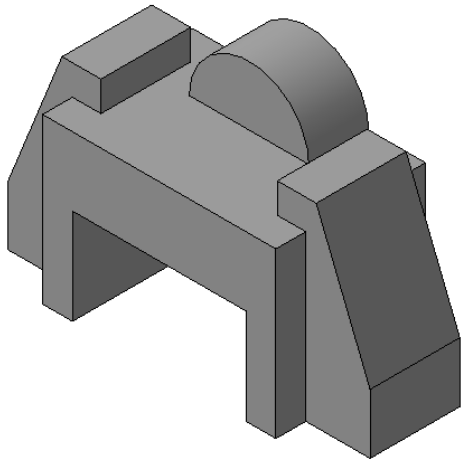
**Варианты заданий для контрольной работы**

Номер варианта		Номер варианта	
1		2	
3		4	
5		6	

7		8	
9		10	
11		12	

13		14	
15		16	
17		18	

19



20

