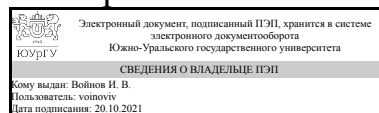


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Филиал г. Миасс  
Электротехнический



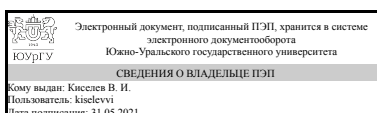
И. В. Войнов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.36 Вычислительная техника в инженерной практике  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Прикладная математика и ракетодинамика

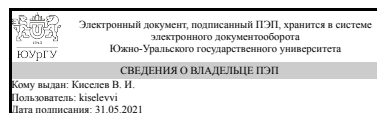
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



В. И. Киселев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой



В. И. Киселев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование: - представления о современных программных комплексах автоматизированного проектирования и разработки сложных конструкций; - понимания особенностей использования программных средств и вычислительной техники в инженерной практике; - профессиональных навыков выполнения инженерных расчетов на ПЭВМ с использованием программных комплексов конечно-элементного анализа конструкции. Задачей дисциплины является изложение: - основных принципов и особенностей выполнения инженерных расчетов с использованием современных вычислительных программных комплексов; - теоретических основ и алгоритмом метода конечных элементов применительно к решению задач механики сплошных сред и, в частности, прочностных расчетов тонкостенных конструкций корпуса ЛА; - последовательности решения задач прочностного анализа конструкций ЛА с использованием комплекса программ NASTRAN, ANSYS.

## Краткое содержание дисциплины

Программно-вычислительный комплекс MathCad при выполнении инженерных расчетов. Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем. Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред. Матричный метод перемещений для стержневых систем. Метод конечных элементов в механике конструкций Конечные элементы сплошной среды. Численное интегрирование в методе конечных элементов Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений. Критерии сходимости метода конечных элементов. Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики. Программно-вычислительные комплексы конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	Знать:основные типы математических моделей процессов и алгоритмы их реализации; основные типы математических моделей систем и алгоритмы их реализации; методы анализа, синтеза и оптимизации авиационных систем, применяемых при их исследовании с помощью математических моделей.
	Уметь:уметь использовать в проектной и конструкторской работе: основные типы математических моделей процессов и алгоритмы их реализации; основные типы математических моделей систем и алгоритмы их реализации; методы анализа, синтеза и оптимизации авиационных систем, применяемых при их исследовании с помощью математических моделей.
	Владеть:методиками разработки и использования

	математических моделей систем и процессов для решения задач анализа, синтеза, оптимизации и проектирования объектов авиационной техники
ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	Знать: теорию функций комплексного переменного и операционное исчисление; основы методов оптимизации;
	Уметь: решать задачи теории функции комплексного переменного и операционного исчисления; составлять и отлаживать алгоритмы для решения задач на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ), анализировать полученные результаты;
	Владеть: типовыми программными комплексами и языками программирования для решения математических, физических и биологических задач.
ОПК-5 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: основные информационно-коммуникационные технологии и основные требования информационной безопасности
	Уметь: решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры
	Владеть: культурой применения информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.14 Сопротивление материалов, Б.1.09 Теоретическая механика, Б.1.07 Информатика и программирование	Б.1.49 Системы управления ракет

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.09 Теоретическая механика	Знать: основные законы теоретической механики, область их применения для основных применяемых при изучении механики моделей; Уметь: использовать базовые положения математики при решении задач статики, кинематики и динамики; Владеть: навыками самостоятельной работы в области решения инженерных задач на основе применения законов механики.
Б.1.07 Информатика и программирование	Знать: основы современных информационных технологий; Уметь: использовать сетевые сервисы для получения новых знаний; Владеть: навыками работы с

	системами поиска в глобальных сетях.
Б.1.14 Сопротивление материалов	Знать: основы теории прочности; общепринятые обозначения в расчетных схемах; определение расчетных моделей; виды нагружения, виды напряжений, деформаций, напряженных состояний; методы определения механических характеристик материалов и влияние на характеристики условий эксплуатации; закон Гука; Уметь: определять предельные нагрузки и проводить расчет на прочность по предельным нагрузкам; рассчитывать жесткость бруса переменного сечения при растяжении- сжатии, кручении и изгибе; рассчитывать приведенную жесткость, приведенную массу и собственную частоту конструкции; рассчитывать оболочки на прочность по безмоментной теории; Владеть: навыками самостоятельного пользования учебной и справочной литературой.

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	16	16	0
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	80	32	48
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	120	60	60
Подготовка к экзамену	40	0	40
Подготовка к зачету	30	30	0
Подготовка к контрольным работам	50	30	20
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов.	6	1	5	0
2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем.	6	1	5	0
3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред.	12	2	10	0
4	Матричный метод перемещений для стержневых систем.	6	1	5	0

5	Метод конечных элементов в механике конструкций	6	1	5	0
6	Конечные элементы сплошной среды.	12	2	10	0
7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	12	2	10	0
8	Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений.	12	2	10	0
9	Критерии сходимости метода конечных элементов	8	2	6	0
10	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики.	7	1	6	0
11	Особенности практических расчетов с использованием программных комплексов конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	9	1	8	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Программно-вычислительный комплекс MathCad при выполнении инженерных расчетов.	1
2	2	Матричная формулировка соотношений теории упругости и строительной механики стержневых систем.	1
3	3	Основные понятия вариационных методов в механике сплошных сред.	2
4	4	Матричный метод перемещений для стержневых систем.	1
5	5	Метод конечных элементов в механике конструкций	1
6	6	Конечные элементы сплошной среды.	2
7	7	Численное интегрирование в методе конечных элементов	2
8	8	Особенности вычисления напряжений. Сглаживание напряжений.	2
9	9	Критерии сходимости метода конечных элементов.	2
10	10	Соотношения метода конечных элементов в задачах динамики. Программно-вычислительные комплексы конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	1
11	11	Программно-вычислительные комплексы конечноэлементного анализа ANSYS, NASTRAN, Kosmos/M.	1

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов	2
2	1	Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов	3
3	2	1. Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений. 1.1. Геометрическая модель конструкции. Система координат. Матрицы узловых сил и смещений.	3
4	2	1. Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений. 1.1. Геометрическая модель конструкции. Система координат. Матрицы узловых сил и смещений.	2
5	3	1.2. Местные системы координат. Матрицы жесткости стержней в местных осях.	3
6	3	1.2. Местные системы координат. Матрицы жесткости стержней в местных осях.	3

7	3	1.3. Матрица преобразования координат. Определение матрицы жесткости элементов в общей системе координат.	4
8	4	1.4. Матрица жесткости конструкции. Решение системы уравнений.	2
9	4	1.5. Вычисление узловых перемещений и сил в стержнях.	3
10	5	2. Расчет ферменной конструкции методом конечных элементов. 2.1. Идеализация конструкции. Геометрическая модель.	2
12	5	2.2. Физическая модель.	1
13	5	2.3. Решение задачи в среде ANSYS	1
14	5	2.4. Представление и обработка результатов расчета перемещений и напряжений в элементах конструкции	1
15	6	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.	4
16	6	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.	4
17	6	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.	2
18	7	Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок.	4
19	7	Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок.	4
20	7	Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок.	2
21	8	Определение собственных форм и частот.	2
22	8	Определение собственных форм и частот.	4
24	8	Определение собственных форм и частот.	4
25	9	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
26	9	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
27	9	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
28	10	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
29	10	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
30	10	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
31	11	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2

32	11	Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок. Определение собственных форм и частот.	2
33	11	Определение собственных форм и частот.	4

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к контрольным работам	1. Топольский Д.В., Топольская И.Г. Использование MathCad в электронных расчетах: Учебное пособие/Топольский Д.В., Топольская И.Г. - Челябинск : Изд-во юургу, 2009. - 30 с. (Глава 2)	50
Подготовка к экзамену	1. Топольский Д.В., Топольская И.Г. Использование MathCad в электронных расчетах: Учебное пособие/Топольский Д.В., Топольская И.Г. - Челябинск : Изд-во юургу, 2009. - 30 с. (Глава 1) 2. Мелехин, В. Ф. Вычислительные машины, системы и сети : учебник / В. Ф. Мелехин, Е. Г. Павловский. - М. : Академия, 2006. - 560 с.	40
Подготовка к зачёту	1. Топольский Д.В., Топольская И.Г. Использование MathCad в электронных расчетах: Учебное пособие/Топольский Д.В., Топольская И.Г. - Челябинск : Изд-во юургу, 2009. - 30 с. (Глава 1) 2. Мелехин, В. Ф. Вычислительные машины, системы и сети : учебник / В. Ф. Мелехин, Е. Г. Павловский. - М. : Академия, 2006. - 560 с. (Раздел 1, главы 1-3)	30

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Компьютерное моделирование и практический анализ результатов	Практические занятия и семинары	Использование программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов	40

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **7.1. Паспорт фонда оценочных средств**

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	Экзамен	1-22
Все разделы	ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	Экзамен	1-22
Все разделы	ОПК-5 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Экзамен	1-22
Все разделы	ПК-4 способностью проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов	Зачет	1-13
Все разделы	ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	Зачет	1-13
Все разделы	ОПК-5 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Зачет	1-13



## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Экзамен	Экзаменационные билеты	Отлично: более 90% правильных ответов Хорошо: более 75% правильных ответов Удовлетворительно: более 50% правильных ответов Неудовлетворительно: менее 50% правильных ответов.
Зачет	Устный опрос	Зачтено: выставляется за глубокое и полное знание и понимание всего объема материала; обоснованное изложение учебного материала с использованием понятий; аргументированные ответы на дополнительные вопросы. Не зачтено: студент не усвоил и не раскрыл основное содержание материала, не делает выводов и обобщений. Не знает и не понимает основные категории предмета и значительную часть программного материала.

## 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Экзамен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности использования программно-вычислительного комплекса MathCad при выполнении инженерных расчетов</li> <li>2. Статические соотношения. Дифференциальные уравнения равновесия.</li> <li>3. Геометрические соотношения. Уравнения Коши. Условие совместности деформаций.</li> <li>4. Физические соотношения. Закон Гука.</li> <li>5. Плоская задача.</li> <li>6. Работа внешних сил. Дополнительная работа. Потенциал внешних сил.</li> <li>7. Энергия деформации. Дополнительная энергия деформации.</li> <li>8. Вариационные принципы.</li> <li>9. Понятие о матрице жесткости. Узловые силы и перемещения.</li> <li>10. Общая и местная координатные системы. Матрица преобразования координат.</li> <li>11. Форменный элемент. Матрицы узловых сил и перемещений. Матрица жесткости.</li> <li>12. Матрица преобразования.</li> <li>13. Учет внеузловой нагрузки. Матрица реакций.</li> <li>14. Стержневая система. Пример расчета ферменной конструкции.</li> <li>15. Теоретические основы метода. Дискретизация сплошного тела. Основные допущения.</li> <li>16. Перемещения, деформации и напряжения в конечном элементе.</li> <li>17. Матрица жесткости конечного элемента. Связь узловых сил с узловыми перемещениями. Блочная структура матриц.</li> <li>18. Учет внеузловой нагрузки с помощью эквивалентных узловых сил.</li> <li>19. Определение узловых перемещений. Матрица жесткости конструкции.</li> <li>20. Связь метода конечных элементов с методом Ритца.</li> <li>21. Плоский треугольный элемент. Аппроксимирующие полиномы. Функции формы.</li> <li>22. Матрицы жесткости, упругости. Приведение внеузловых нагрузок к эквивалентным узловым силам.</li> </ol>
Зачет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет ферменной конструкции матричным методом перемещений.</li> <li>2. Геометрическая модель конструкции. Система координат. Матрицы узловых сил и смещений.</li> <li>3. Местные системы координат. Матрицы жесткости стержней в местных осях.</li> <li>4. Матрица преобразования координат. Определение матрицы жесткости элементов в</li> </ol>

общей системе координат.  
 5. Матрица жесткости конструкции. Решение системы уравнений.  
 6. Вычисление узловых перемещений и сил в стержнях.  
 7. Расчет ферменной конструкции методом конечных элементов.  
 8. Идеализация конструкции. Геометрическая модель.  
 9. Физическая модель.  
 10. Решение задачи в среде ANSYS  
 11. Представление и обработка результатов расчета перемещений и напряжений в элементах конструкции  
 12. Моделирование с использованием плоских и пространственных конечных элементов. Особенности закрепления модели.  
 13. Моделирование конструкций сложной формы. Приложение распределённых нагрузок.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### *а) основная литература:*

1. Мелехин, В. Ф. Вычислительные машины, системы и сети : учебник / В. Ф. Мелехин, Е. Г. Павловский. - М. : Академия, 2006. - 560 с.
2. Тимохин, А. Н. Моделирование систем управления с применением MatLab [Текст] : учебное пособие / А. Н. Тимохин, Ю. Д. Румянцев ; под ред. А. Н. Тимохина. - М. : Инфра-М, 2017. - 256 с. + Электронный ресурс. - (ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ : БАКАЛАВРИАТ). - ISBN 978-5-16010185-9

#### *б) дополнительная литература:*

1. Топольский Д.В., Топольская И.Г. Использование MathCad в электронных расчетах: Учебное пособие/Топольский Д.В., Топольская И.Г. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2009. + Компьютерная версия

#### *в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

#### *г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Система Mathcad. Матричные вычисления : методические указания к выполнению лабораторной работы / составитель Н.Н. Цыбина ; под ред. Б.М. Суховилова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – электрон. текстовые дан.

#### *из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Система Mathcad. Матричные вычисления : методические указания к выполнению лабораторной работы / составитель Н.Н. Цыбина ; под ред. Б.М. Суховилова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – электрон. текстовые дан.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание

1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	2. Мельников, В.Г. Компьютерные лабораторные работы в системе инженерного анализа [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В.Г. Мельников, С.Е. Иванов, Г.И. Мельников. — Электрон. дан. — Спб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2012. — 65 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=40832">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=40832</a>
2	Дополнительная литература	Учебно-методические материалы кафедры	3. Рычков, С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran [Электронный ресурс] : справочник. — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2013. — 784 с.

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. ASCON-Компас 3D(бессрочно)
4. Autodesk-Educational Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	302 (5)	Доска, парты
Практические занятия и семинары	302 (5)	CEL-1700/ASUS P4BGL/256M PC2100/40.0 G SG 7200/FDD/A313U/KB/M/Монитор 17” Samsung 743N; MathCAD (PTC:order#2456861#2497812) ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk) (ANSYS:432658) Компас 3D (ASCON:Акт приема-передачи прав №Tr038658 от 04.08.2016) Educational Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit (Autodesk: 373-62854731)