

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей  
сообщения Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Наземные транспортно-технологические комплексы»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

*дисциплины*

**Б1.О.04 «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ»**

для направления подготовки

*23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»*

по магистерской программе

*«Производство и ремонт транспортно-технологических комплексов»*

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2023

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Метаматематическое моделирование транспортных средств» (Б1.О.04) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 07.08.2020 г., приказ Минобрнауки России № 917.

Целью дисциплины «Математическое моделирование систем автомобилей» является формирование знаний и практических навыков в разработке и практическом использовании метаматематических моделей, в задачах расчета прочности и динамики автомобилей.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучение общих подходов к расчету прочности и динамических качеств автомобилей с использованием современных средств вычислительной техники,
- изучение теоретических основ используемых математических моделей,
- ознакомление с существующими пакетами прикладных программ использующихся для изучения динамики и прочности автомобиля,
- овладение навыками грамотного применения вычислительной техники в задачах расчета динамики и прочности автомобиля.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе магистратуры индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, приведенными в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе магистратуры индикаторами достижения компетенций

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	
ОПК-5.1.1	Обучающийся знает:

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
Знает программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	- программное обеспечение, применяемое для моделирования систем автомобилей.
ОПК-5.2.1 Умеет применять инструментарий формализации научно-технических задач	Обучающийся <i>умеет</i> : - разрабатывать метаматематические модели основных узлов и систем автомобилей для решения задач прочности и динамики
ОПК-5.3.1 Имеет навыки использования прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования систем и процессов	Обучающийся <i>имеет навыки</i> : - использования прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования систем (процессов) автомобилей

### 3 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, блока 1 «Дисциплины (модули)».

### 4 Объём дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Таблица 4.1

Вид учебной работы	Всего часов	Модуль 1	Модуль 2
		Семестр II	Семестр III
Контактная работа (по видам учебных занятий)	96	32	64
В том числе:			
- лекции	48	16	32
- практические занятия	48	16	32
- лабораторные работы	-	-	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	292	108	184
Контроль	8	4	4
Форма контроля знаний	Э	3	Э, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	396 / 11	144 / 4	252/7

Для заочной формы обучения:

Таблица 4.2

Вид учебной работы	Всего часов	Модули 1, 2
		Курс II
Контактная работа (по видам учебных занятий)	20	20
В том числе:		
- лекции	10	10
- практические занятия	10	10
- лабораторные работы	-	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	363	363
Контроль	13	13
Форма контроля знаний	Э,З, КР	Э,З, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	360 / 11	360/11

*Примечания: «Форма контроля знаний» – экзамен (Э), зачет (З), курсовая работа (КР).*

## 5 Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

Таблица 5.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
	<b>Модуль 1</b>		
1	Основные понятия математического моделирования.	<b>Лекция 1</b> Понятие о том, что такое модель. Виды моделей и их свойства. Понятие о математических моделях. Виды математических моделей. Средства изучения математических моделей.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 1</b> Виды моделей применяемые для изучение прочности и динамики механических систем	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Объективность моделей реальных объектов. Преимущества и недостатки моделей реальных объектов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
2	Математические модели для изучения прочности, устойчивости и динамических качеств автомобильных конструкций	<p><b>Лекция 2</b> Понятие о напряжениях. Теория напряжённого состояния в точки тела. Основные уравнения теории упругости. Уравнения Ламе.</p> <p><b>Лекция 3</b> Понятие о плоском напряженном состоянии и плоской деформации. Решение задачи определения напряжений при посадке с натягом. Прикладные задачи теории упругости.</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<p><b>Практическое занятие 2</b> Основные элементы пакета прикладных программ ANSYS</p> <p><b>Практическое занятие 3</b> Моделирование простейших механических систем с использованием пакета прикладных программ ANSYS</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<p><b>Самостоятельная работа</b> Сравнение результатов полученных на практическом занятии №2 с аналитическими решениями полученными методами сопротивления материалов и теоретической механики</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
3	Прикладные математические модели для изучения прочности и устойчивости автомобильных конструкций	<p><b>Лекция 4</b> Понятия о тонких и толстых пластинах. Теория пластин и оболочек. Использование теории оболочек для моделирования элементов автомобилей.</p> <p><b>Лекция 5</b> Классическая теория стержней. Теория тонкого стержня. Кривые стержни. Стержни переменного сечения.</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<p><b>Практическое занятие 4</b> Моделирование стержневых конструкций</p> <p><b>Практическое занятие 5</b> Моделирование кривых стержней.</p> <p><b>Практическое занятие 6</b> Моделирование стержней переменного сечения.</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<p><b>Самостоятельная работа</b> Преимущества и недостатки многослойных пластин. Использование стержней переменного сечения для моделирования элементов автомобиля.</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
<b>Модуль 2</b>			
4	Математические методы решения задач прочности автомобильных конструкций.	<p><b>Лекция 6</b> Общие понятия о численных методах решения задач математической физики. Метод Рунге. Метод взвешенных невязок. Метод Бунднова - Галеркина. Метод конечных разностей.</p> <p><b>Лекция 7</b> Преимущества и недостатки численных методов, погрешности возникающие при использовании</p>	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		численных методов. Методы минимизации погрешности при использовании численных методов.	
		<p><b>Практическое занятие 6</b> Моделирование стержней переменного сечения.</p> <p><b>Практическое занятие 7</b> Моделирование пластин и оболочек</p> <p><b>Практическое занятие 8</b> Моделирование многослойных пластин.</p> <p><b>Практическое занятие 9</b> Расчет на прочность резервуаров</p>	
		<p><b>Самостоятельная работа</b> Оценка погрешности численных методов путем сравнения численных решений (практические занятия 4-9) и точных аналитических решений.</p>	<p>ОПК-5.1.1</p> <p>ОПК-5.2.1</p> <p>ОПК-5.3.1</p>
5	Метод конечных элементов.	<p><b>Лекция 8</b> Потенциальная энергия, накапливаемая в упругом теле под нагрузкой. Вариационная формулировка задачи прочности.</p> <p><b>Лекция 9.</b> Основное уравнение метода конечных элементов (МКЭ) при статическом анализе. Пакеты прикладных программ, реализующие метод конечных элементов. Расчеты конструкций с использованием МКЭ.</p>	<p>ОПК-5.1.1</p> <p>ОПК-5.2.1</p> <p>ОПК-5.3.1</p>
		<p><b>Практическое занятие 10</b> Расчет посадок с натягом с использованием метода конечных элементов.</p>	<p>ОПК-5.1.1</p> <p>ОПК-5.2.1</p> <p>ОПК-5.3.1</p>
		<p><b>Самостоятельная работа</b> Использование метода конечных элементов для расчета элементов автомобилей</p>	<p>ОПК-5.1.1</p> <p>ОПК-5.2.1</p> <p>ОПК-5.3.1</p>
6	Расчет устойчивости сжатых элементов конструкций.	<p><b>Лекция 10</b> Понятие об устойчивости, формула Эйлера. Общий случай критической нагрузки. Влияние начального прогиба и внецентренного приложения нагрузки на выпучивания стержня. Динамический анализ устойчивости. Оценка устойчивости методом конечных элементов.</p>	<p>ОПК-5.1.1</p> <p>ОПК-5.2.1</p> <p>ОПК-5.3.1</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<b>Практическое занятие 11</b> Расчет устойчивости конструкций методом конечных элементов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Расчет устойчивости конструкций методами сопротивления материалов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
7	Расчет частот и форм собственных колебаний конструкций автомобилей	<b>Лекция 11</b> Основные понятия о колебаниях упругих систем. Свободные и вынужденные колебания. Частота и форма колебаний. Явление резонанса.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Лекция 12</b> Расчет частот и форм собственных колебания систем без демпфирования. Виды демпфирования (сухое и вязкое трение). Расчет частот и форм собственных колебаний с учетом демпфирования.	
		<b>Практическое занятие 12</b> Расчет частот и форм собственных колебаний упругих систем без демпфирования	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 13</b> Расчет частот и форм собственных колебаний упругих систем с учетом демпфирования.	
<b>Самостоятельная работа</b> Виды демпфирования, применяемые в рессорном подвешивании автомобилей.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1		
8	Применение методов спектрального и корреляционного анализа для решения задач вынужденных колебаний автотранспортных средств.	<b>Лекция 13</b> Линеаризация механических систем. Понятие о случайных процессах и функциях. Характеристики случайных процессов.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Лекция 14</b> Каноническое разложение случайного процесса. Спектр плотности мощности. Анализ случайных колебаний с использованием спектра плотности мощности в пакете прикладных программ «Ansys»	
		<b>Практическое занятие 14</b> Анализ случайных колебаний с использованием спектра плотности мощности в пакете прикладных программ «Ansys»	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Определение спектра плотности мощности по экспериментальным данным	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
9	Математическое моделирование нелинейных	<b>Лекция 15</b> Геометрические нелинейности. Решение задачи «больших перемещений».	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Лекция 16</b> Физические нелинейности. Различные теории, описывающие	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
	механических систем.	нелинейное поведение материала под нагрузкой. Методы решения нелинейных задач.	
		<b>Практическое занятие 15</b> Расчет конструкций с учетом геометрических нелинейностей. <b>Практическое занятие 16</b> Расчет конструкций с учетом нелинейного поведения материала под нагрузкой	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Нелинейные системы в конструкции автомобилей	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1

Для заочной формы обучения:

Таблица 5.2.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
<b>Модуль 1</b>			
1	Основные понятия математического моделирования.	<b>Лекция 1</b> Понятие о том, что такое модель. Виды моделей и их свойства. Понятие о математических моделях. Виды математических моделей. Средства изучения математических моделей.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 1</b> Виды моделей, применяемые для изучения прочности и динамики механических систем	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Преимущества и недостатки моделей реальных объектов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
2	Математические модели для изучения прочности, устойчивости и динамических качеств автомобильных конструкций	<b>Лекция 2</b> Понятие о напряжениях. Теория напряжённого состояния в точки тела. Основные уравнения теории упругости. Уравнения Ламе. Понятие о плоском напряженном состоянии и плоской деформации. Решение задачи определения напряжений при посадке с натягом. Прикладные задачи теории упругости.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 2</b> Основные элементы пакета прикладных программ ANSYS. Моделирование простейших механических систем с использованием пакета прикладных программ ANSYS	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<b>Самостоятельная работа</b> Сравнение результатов полученных на практическом занятии №2 с аналитическими решениями полученными методами сопротивления материалов и теоретической механики	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
3	Прикладные математические модели для изучения прочности и устойчивости автомобильных конструкций	<b>Лекция 3</b> Понятия о тонких и толстых пластинах. Теория пластин и оболочек. Использование теории оболочек для моделирования элементов автомобилей. Классическая теория стержней. Теория тонкого стержня. Кривые стержни. Стержни переменного сечения.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 3</b> Моделирование стержневых конструкций <b>Практическое занятие 4</b> Моделирование кривых стержней. <b>Практическое занятие 5</b> Моделирование стержней переменного сечения. <b>Практическое занятие 6</b> Моделирование пластин и оболочек <b>Практическое занятие 7</b> Моделирование многослойных пластин. <b>Практическое занятие 8</b> Расчет на прочность резервуаров	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Преимущества и недостатки многослойных пластин. Использование стержней переменного сечения для моделирования элементов автомобиля.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
4	Математические методы решения задач прочности автомобильных конструкций.	<b>Лекция 4</b> Общие понятия о численных методах решения задач математической физики. Метод Рунге. Метод взвешенных невязок. Метод Бундмана - Галеркина. Метод конечных разностей. Преимущества и недостатки численных методов, погрешности, возникающие при использовании численных методов. Методы минимизации погрешности при использовании численных методов.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Оценка погрешности численных методов путем сравнения численных решений (практические занятия 3-8) и точных аналитических решений.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
<b>Модуль 2</b>			

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
5	Метод конечных элементов.	<b>Лекция 5</b> Потенциальная энергия, накапливаемая в упругом теле под нагрузкой. Вариационная формулировка задачи прочности. Основное уравнение метода конечных элементов (МКЭ) при статическом анализе. Пакеты прикладных программ, реализующие метод конечных элементов. Расчеты конструкций с использованием МКЭ.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 9</b> Расчет посадок с натягом с использованием метода конечных элементов.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Использование метода конечных элементов для расчета элементов автомобилей	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
6	Расчет устойчивости сжатых элементов конструкций.	<b>Лекция 6</b> Понятие об устойчивости, формула Эйлера. Общий случай критической нагрузки. Влияние начального прогиба и внецентренного приложения нагрузки на выпучивания стержня. Динамический анализ устойчивости. Оценка устойчивости методом конечных элементов.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Практическое занятие 10</b> Расчет устойчивости конструкций методом конечных элементов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Расчет устойчивости конструкций методами сопротивления материалов	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
7	Расчет частот и форм собственных колебаний конструкций автомобилей	<b>Лекция 7</b> Основные понятия о колебаниях упругих систем. Свободные и вынужденные колебания. Частота и форма колебаний. Явление резонанса. Расчет частот и форм собственных колебания систем без демпфирования. Виды демпфирования (сухое и вязкое трение). Расчет частот и форм собственных колебаний с учетом демпфирования.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа</b> Расчет частот и форм собственных колебаний упругих систем без демпфирования. Расчет частот и форм собственных колебаний упругих систем с учетом демпфирования. Виды демпфирования, применяемые в рессорном подвешивании автомобилей.	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
8	Применение методов спектрального и корреляционного анализа для решения задач вынужденных колебаний автотранспортных средств.	<b>Лекция 8</b> Линеаризация механических систем. Понятие о случайных процессах и функциях. Характеристики случайных процессов. Каноническое разложение случайного процесса. Спектр плотности мощности. Анализ случайных колебаний с использованием спектра плотности мощности в пакете прикладных программ «Ansys»	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Анализ случайных колебаний с использованием спектра плотности мощности» Определение спектра плотности мощности по экспериментальным данным	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
9	Математическое моделирование нелинейных механических систем.	<b>Лекция 9</b> Геометрические нелинейности. Решение задачи «больших перемещений». Физические нелинейности. Различные теории, описывающие нелинейное поведение материала под нагрузкой. Методы решения нелинейных задач. Расчет конструкций с учетом геометрических нелинейностей. Расчет конструкций с учетом нелинейного поведения материала под нагрузкой	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Нелинейные системы в конструкции автомобилей	ОПК-5.1.1 ОПК-5.2.1 ОПК-5.3.1

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий  
Для очной формы обучения:

Таблица 5.3

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
1	Основные понятия математического моделирования.	3	3	-	32	38
2	Математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	6	6	-	32	44
3	Прикладные математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	6	7	-	22	35
4	Математические методы решения задач прочности автомобильных конструкций.	1	-	-	-	1
<b>Модуль 2</b>						
3	Прикладные математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	-	11	-	11	22

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
4	Математические методы решения задач прочности автомобильных конструкций.	5	-	-	33	38
5	Метод конечных элементов.	6	3	-	33	42
6	Расчет устойчивости сжатых элементов конструкций.	3	3	-	33	39
7	Расчет частот и форм собственных колебаний конструкций.	6	6	-	32	44
8	Применение методов спектрального и корреляционного анализа для решения задач вынужденных колебаний автотранспортных средств.	6	3	-	32	41
9	Математическое моделирование нелинейных механических систем.	6	6	-	32	44
Итого		48	48	-	292	388
<b>Контроль</b>						8
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						396

Для заочной формы обучения:

Таблица 5.4

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
1	Основные понятия математического моделирования.	1	1	-	40	42
2	Математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	1	1	-	40	42
3	Прикладные математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	2	3	-	43	48
4	Математические методы решения задач прочности автомобильных конструкций.	1	-	-	40	41
<b>Модуль 2</b>						
3	Прикладные математические модели для изучения прочности автомобильных конструкций	-	3	-	-	3
5	Метод конечных элементов.	1	1	-	40	42
6	Расчет устойчивости сжатых элементов конструкций.	1	1	-	40	42
7	Расчет частот и форм собственных колебаний конструкций.	1	-	-	40	41
8	Применение методов спектрального и корреляционного анализа для решения задач вынужденных колебаний автотранспортных средств.	1	-	-	40	41
9	Математическое моделирование нелинейных механических систем.	1	-	-	40	41
Итого		10	10	-	363	383
<b>Контроль</b>						13

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						396

## **6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

## **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации магистерской программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных магистерской программой, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения практических занятий используется дисплейный класс, оснащенный компьютерной техникой.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом **лицензионного и свободно распространяемого** программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- ANSYS 18.2;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/>— Режим доступа: для авториз. пользователей;

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.

- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

- Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> - Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

- Светлицкий В.А. Статистическая механика и теория надежности. М.: -Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012-504 с.
- А. В.Ханефт Основы теории упругости ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», 2013 – 99 с.
- Вентцель Е.С. Теория вероятностей, М.: 2002, 564 с.
- Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: Учебное пособие. Издательство АСВ, – М.:, 2008. – 256 с.
- Огородникова О.М. Расчет конструкций в ANSYS. Сборник учебных пособий. – Техноцентр компьютерного инжиниринга, 2009. – 452 с.
- Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела, т I, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. – 832 с..
- Феодосьев В.И. Сопротивление материалов, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1974. – 560 с.
- Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.- СПб.: Издательство «Лань», 2003-832 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

- Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: [my.pgups.ru](http://my.pgups.ru) — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Разработчик рабочей программы,  
доцент

И.К. Самаркина

« 26 » 01 \_\_\_\_\_ 2023\_ г.