

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Современные проблемы вычислительной механики**

: 15.04.03

: 1, : 2

		<b>2</b>
<b>1</b>	( )	4
<b>2</b>		144
<b>3</b>	, .	85
<b>4</b>	, .	18
<b>5</b>	, .	0
<b>6</b>	, .	54
<b>7</b>	, .	0
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	11
<b>10</b>	, .	59
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 15.04.03

1490 21.11.2014 . , : 16.12.2014 .

: 1, ,

( ): 15.04.03

, 5/1 20.06.2017

, 5 21.06.2017

:

, . . . . .

:

, . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

**Компетенция ФГОС: ПК.1** способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии; *в части следующих результатов обучения:*

2.

**Компетенция ФГОС: ПК.2** способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности; *в части следующих результатов обучения:*

13.

18.

12.

4.

8.

**Компетенция ФГОС: ПК.3** способность критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты; *в части следующих результатов обучения:*

2.

**Компетенция ФГОС: ПК.4** способность самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач; *в части следующих результатов обучения:*

1.

**Компетенция ФГОС: ПК.5** способность самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня); *в части следующих результатов обучения:*

1.

1.

**Компетенция ФГОС: ПК.6** способность самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты машин и приборов на динамику и прочность, устойчивость, надежность, трение и износ для специализированных задач прикладной механики; *в части следующих результатов обучения:*

1.

# 2.

2.1

--	--

.1. 2

--

1. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций	;	;
<b>.2. 13</b>		
2. знать основы классификации нелинейных механических систем	;	;
<b>.2. 18</b>		
3. иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин	;	;
<b>.2. 4</b>		
4. владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики		
<b>.2. 8</b>		
5. уметь получать амплитуды колебаний машин и механических систем при гармонических, случайных и иных видах нагрузок		
<b>.2. 12</b>		
6. уметь применять на практике основные расчетные методы определения динамического поведения конструкций	;	
<b>.3. 2</b>		
7. уметь рационально сочетать аналитические методы механики деформируемого твердого тела и численные методы вычислительной механики		
<b>.4. 1</b>		
<b>-</b>		
8. уметь самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, необходимые для выполнения НИР		
<b>.5. 1</b>		
9. знать физические и математические модели нелинейных процессов и систем	;	
<b>.5. 1</b>		
10. уметь выбирать параметры, режимы работы и принимать иные меры к подавлению или устранению нежелательных и опасных явлений в машинах и механических системах	;	
<b>.6. 1</b>		
11. знать основные методы и алгоритмы вычислительной механики		

### 3.

3.1

	,	.	
<b>: 2</b>			
	:	.	
1. -	0	1	1, 3
	:	.	
.	.	.	

2.	0	1	1, 2, 3, 9
3.	0	1	1, 2, 3
4.	0	1	1, 2, 3, 5
:			
5.	0	1	10, 5, 9
6.	0	1	2, 5, 6
7.	0	1	1, 2, 6, 9
:			
8.	0	1	1, 10, 2, 6
9.	0	1	1, 10, 3, 6
10.	0	2	1, 2, 6, 9
11.	0	1	1, 2, 3, 6, 9
12.	0	2	1, 10, 2, 6, 7
:			
13.	0	1	1, 10, 2, 4, 6, 8
14.	0	1	1, 2, 3, 6
:			
15.	0	2	1, 2, 3, 5

3.2

: 2				
:				
1.	0	6	1, 11, 2	
2.	0	6	1, 10, 11, 2, 3	
:				

3.	0	6	1, 2, 9	
4.	0	6	2, 3, 6	
:				
6.	0	6	1, 10, 2	
7.	0	6	1, 2, 3, 9	
8.	0	6	1, 10, 2	
:				
5.	0	6	1, 3, 6	
9.	0	6	1, 2, 3, 9	

**4.**

<b>: 2</b>				
1		1, 2, 3	49	11
<p>: . . . . . , 1985. - 88 . : . . . . . ; . . . . . : , 2017. - 24, [3] / . . . . . , . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015</a></p>				
2		1, 2, 3	10	0
<p>: . . . . . , 1985. - 88 . : . . . . . ; . . . . . : , 2017. - 24, [3] / . . . . . , . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015</a></p>				

**5.**

- , ( . 5.1).

5.1

	-
	e-mail;
	e-mail;
	e-mail;

	e-mail; ;
--	-----------

**6.**

( ),

-  
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 2</b>	
<i>РГЗ:</i>	<b>60</b>
" , 2017. - 24, [3] .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015"	
<i>Экзамен:</i>	<b>40</b>
" , 2017. - 24, [3] .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015"	

6.2

6.2

<b>.1</b>	2.		+
<b>.2</b>	13.		+
	18.		+
	12.	+	+
	4.		+
	8.	+	+
<b>.3</b>	2.	+	+
<b>.4</b>	1.		+
<b>.5</b>	1.		+
	1.	+	+
<b>.6</b>	1.	+	+

## 7.

1. Трубецков Д. И. Введение в синергетику: хаос и структуры : учебник / Д. И. Трубецков. - М., 2010
2. Кузнецов А. П. Нелинейные колебания : учебное пособие для вузов / А. П. Кузнецов, С. П. Кузнецов, Н. М. Рыскин. - М., 2005. - 292 с. : ил.

1. Лампер Р. Е. Введение в теорию нелинейных колебаний авиаконструкций. - М., 1985. - 88 с. : ил.
2. Шклярчук Ф. Н. Нелинейные и параметрические колебания упругих систем : учебное пособие / Моск. авиац. ин-т. - М., 1993. - 67 с. : ил.
3. Стокер Д. Нелинейные колебания в механических и электрических системах / Дж. Стокер ; пер. с англ. Н. А. Талицких ; под ред. А. И. Лурье. - М., 1953. - 256 с. : ил.
4. Болотин В. В. Случайные колебания упругих систем / В. В. Болотин. - Москва, 1979. - 335 с. : граф.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

## 8.

## 8.1

1. Левин В. Е. Аналитическая механика. Сборник задач : учебное пособие / В. Е. Левин, Д. А. Красноруцкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 24, [3] с. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234015](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015)

## 8.2

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

## 9.

1	( - ) , ,	



### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Современные проблемы вычислительной механики** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИиРЭ способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	у2. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций	Введение в хаотическую динамику. Аттракторы и странные аттракторы. Численный подход к решению задач движения динамических систем. Гармоническая линеаризация. Примеры. Колебания осциллятора с люфтом. Метод Ван-дер-Поля. Эквивалентная линеаризация Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Автономная система Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Неавтономная система Научно-технические проблемы и особенности изучения нелинейных колебаний Нелинейный осциллятор с квадратичным сопротивлением. Особенности фазового портрета консервативной системы. Сепаратрисы. Предельный цикл. Несколько приемов построения и анализа фазового портрета Применение свойств консервативных систем к системам неконсервативным Примеры введения малого параметра. Примеры консервативных систем. Примеры фазового портрета консервативных систем. Принцип гармонического баланса Синхронное вращение математического маятника. Система Ван- дер- Поля, система Дуффинга. Составление уравнений параметрических колебаний. Расчет границ главного и побочных резонансов для уравнения Матье Теорема Пуанкаре. Понятие о малом параметре. Разложение решений в ряды по малому параметру Теория Флоке Устойчивость стационарных режимов Фазовая плоскость для консервативной системы		Экзамен, вопросы 1-22

<p>ПК.2/НИиРЭ  способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности</p>	<p>з13. знать основы классификации нелинейных механических систем</p>	<p>Введение в хаотическую динамику. Аттракторы и странные аттракторы. Численный подход к решению задач движения динамических систем. Гармоническая линеаризация. Примеры. Колебания осциллятора с люфтом. Метод Ван-дер-Поля. Эквивалентная линеаризация Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Неавтономная система Нелинейный осциллятор с квадратичным сопротивлением. Особенности фазового портрета консервативной системы. Сепаратрисы. Поле траекторий около состояния равновесия Предельный цикл. Несколько приемов построения и анализа фазового портрета Применение свойств консервативных систем к системам неконсервативным Примеры введения малого параметра. Примеры консервативных систем. Примеры фазового портрета консервативных систем. Принцип гармонического баланса Система Ван- дер-Поля, система Дуффинга. Система Рэля. Релаксационные колебания. Составление уравнений параметрических колебаний. Расчет границ главного и побочных резонансов для уравнения Матье Теорема Пуанкаре. Понятие о малом параметре. Разложение решений в ряды по малому параметру Теория Флоке Устойчивость стационарных режимов Фазовая плоскость для консервативной системы</p>		<p>Экзамен, вопросы 1-22</p>
<p>ПК.2/НИиРЭ</p>	<p>з18. иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин</p>	<p>Введение в хаотическую динамику. Аттракторы и странные аттракторы. Численный подход к решению задач движения динамических систем. Гармоническая линеаризация. Примеры. Колебания осциллятора с люфтом. Метод Крылова-Боголюбова- Митропольского. Автономная система Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Неавтономная система Научно-технические проблемы и особенности изучения нелинейных колебаний Особенности фазового портрета</p>		<p>Экзамен, вопросы 1-22</p>

		<p>консервативной системы. Сепаратрисы. Применение свойств консервативных систем к системам неконсервативным Синхронное вращение математического маятника. Система Рэлея. Релаксационные колебания. Составление уравнений параметрических колебаний. Расчет границ главного и побочных резонансов для уравнения Матье Теория Флоке Фазовая плоскость для консервативной системы</p>		
ПК.2/НИиРЭ	у4. владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики	Устойчивость стационарных режимов		Экзамен, вопросы 1-22
ПК.2/НИиРЭ	у8. уметь получать амплитуды колебаний машин и механических систем при гармонических, случайных и иных видах нагрузок	<p>Введение в хаотическую динамику. Аттракторы и странные аттракторы. Численный подход к решению задач движения динамических систем. Поле траекторий около состояния равновесия Применение свойств консервативных систем к системам неконсервативным Траектории автономных систем</p>	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22
ПК.2/НИиРЭ	у12. уметь применять на практике основные расчетные методы определения динамического поведения конструкций	<p>Метод Ван-дер-Поля. Эквивалентная линеаризация Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Автономная система Метод Крылова- Боголюбова- Митропольского. Неавтономная система Поле траекторий около состояния равновесия Предельный цикл. Несколько приемов построения и анализа фазового портрета Принцип гармонического баланса Синхронное вращение математического маятника. Система Рэлея. Релаксационные колебания. Теорема Пуанкаре. Понятие о малом параметре. Разложение решений в ряды по малому параметру Теория Флоке Устойчивость стационарных режимов</p>	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22
ПК.3/НИиРЭ способность критически анализировать современные	у2. уметь рационально сочетать аналитические методы механики	Принцип гармонического баланса	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22

<p>проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты</p>	<p>деформируемого твердого тела и численные методы вычислительной механики</p>			
<p>ПК.4/НИИРЭ способность самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач</p>	<p>у1. уметь самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, необходимые для выполнения НИР</p>	<p>Устойчивость стационарных режимов</p>		<p>Экзамен, вопросы 1-22</p>
<p>ПК.5/НИИРЭ способность самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические</p>	<p>з1. знать физические и математические модели нелинейных процессов и систем</p>	<p>Гармоническая линеаризация. Примеры. Метод Ван-дер-Поля. Эквивалентная линеаризация Метод Крылова-Боголюбова- Митропольского. Неавтономная система Нелинейный осциллятор с квадратичным сопротивлением. Предельный цикл. Несколько приемов построения и анализа фазового портрета Составление уравнений параметрических колебаний. Расчет границ главного и побочных резонансов для</p>		<p>Экзамен, вопросы 1-22</p>

задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (САЕ-систем мирового уровня		уравнения Матъе Траектории автономных систем Фазовая плоскость для консервативной системы		
ПК.5/НИиРЭ	у1. уметь выбирать параметры, режимы работы и принимать иные меры к подавлению или устранению нежелательных и опасных явлений в машинах и механических системах	Колебания осциллятора с люфтом. Метод Крылова-Боголюбова- Митропольского. Автономная система Примеры введения малого параметра. Принцип гармонического баланса Система Ван- дер-Поля, система Дуффинга. Теорема Пуанкаре. Понятие о малом параметре. Разложение решений в ряды по малому параметру Траектории автономных систем Устойчивость стационарных режимов	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22
ПК.6/НИиРЭ способность самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты машин и приборов на динамику и прочность, устойчивость, надежность, трение и износ для специализированных задач прикладной механики	з1. знать основные методы и алгоритмы вычислительной механики	Колебания осциллятора с люфтом. Примеры консервативных систем. Примеры фазового портрета консервативных систем.	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИиРЭ, ПК.2/НИиРЭ, ПК.3/НИиРЭ, ПК.4/НИиРЭ, ПК.5/НИиРЭ, ПК.6/НИиРЭ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой,

приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/НИиРЭ, ПК.2/НИиРЭ, ПК.3/НИиРЭ, ПК.4/НИиРЭ, ПК.5/НИиРЭ, ПК.6/НИиРЭ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра прочности летательных аппаратов

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Современные проблемы вычислительной механики», 2 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет составляется из вопросов, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_  
к экзамену по дисциплине

---

1 Устойчивость состояний равновесия

2. Принцип гармонического баланса

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись) \_\_\_\_\_ (дата)

### 3. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла (табл. 6.1)*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,7 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает

характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи,

оценка составляет *менее 0,8 максимального балла.*

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *не менее 0,8 максимального балла.*

#### **4. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### **5. Вопросы к экзамену по дисциплине**

1. Фазовая плоскость консервативной системы
2. Консервативные системы с мягкой и жесткой характеристикой и с люфтом
3. Консервативные системы с добавленным сухим или вязким трением
4. Траектории автономных систем
5. Поле траекторий около состояния равновесия
6. Устойчивость состояний равновесия
7. Предельный цикл
8. Система Релея. Релаксационные колебания.
9. Метод Линдстетта.
10. Асимптотический метод Крылова-Боголюбова-Митропольского. Автономная система.
11. Метод Ван-Дер Поля.
12. Эквивалентная линеаризация.
13. Комбинационные частоты.
14. Асимптотический метод Крылова-Боголюбова-Митропольского. Неавтономная система.
15. Принцип гармонического баланса
16. Гармоническая линеаризация
17. Система с запаздыванием
18. Система Ван-Дер Поля. Захват частоты.
19. Система Ван-Дер Поля. Режим биений.
20. Решения Флоке.
21. Границы областей устойчивости уравнения Мать-Хилла.
22. Диаграмма Айнса-Стретта. Решение в областях неустойчивости.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра прочности летательных аппаратов

## Паспорт

### расчетно-графического задания

по дисциплине "Современные проблемы вычислительной механики"

#### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны решить задания в соответствии с методическими указаниями.

Обязательные структурные части РГЗ соответствуют перечню вопросов задания .

#### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС (табл. 6.1).
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,5 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,75 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,75 максимального балла

#### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Примерный перечень заданий РГЗ

I. Построить фазовый портрет динамической системы. Построить зависимость частоты колебаний от амплитуды колебаний

1.  $\ddot{x} + \sin x = 0$

2.  $\ddot{x} + x - \alpha x^3 = 0$

3.  $\ddot{x} + x + \alpha x^3 = 0$

4.  $\ddot{x} - x - \alpha x^3 = 0$

5.  $\ddot{x} - x + \alpha x^3 = 0$

6.  $\ddot{x} - 2\varepsilon\dot{x} + x - \alpha x^3 = 0$

a)  $\varepsilon \geq 1$

б)  $\varepsilon \leq 1$

7.  $\ddot{x} + k \cdot \text{sign}\dot{x} + x = 0$

8.  $\ddot{x} - b_1\dot{x} + b_3\dot{x}^3 + x = 0$

9.  $\ddot{x} - b_1\dot{x} + b_3\dot{x}^3 - b_5\dot{x}^5 + x = 0$

10.  $\ddot{x} + b_1\dot{x} - b_3\dot{x}^3 + b_5\dot{x}^5 + x = 0$

11.  $\ddot{x} + f(x) = 0, f(x) = \begin{cases} x + \delta, & x \leq -\delta \\ 0, & -\delta \leq x \leq \delta \\ x - \delta, & x \geq \delta \end{cases}$

I. Построить фазовый портрет динамической системы. Построить зависимость частоты колебаний от амплитуды колебаний

1.  $\ddot{x} + \sin x = 0$

2.  $\ddot{x} + x - \alpha x^3 = 0$

3.  $\ddot{x} + x + \alpha x^3 = 0$

4.  $\ddot{x} - x - \alpha x^3 = 0$

5.  $\ddot{x} - x + \alpha x^3 = 0$

6.  $\ddot{x} - 2\varepsilon\dot{x} + x - \alpha x^3 = 0$

a)  $\varepsilon \geq 1$

b)  $\varepsilon \leq 1$

7.  $\ddot{x} + k \cdot \text{sign}\dot{x} + x = 0$

8.  $\ddot{x} - b_1\dot{x} + b_3\dot{x}^3 + x = 0$

9.  $\ddot{x} - b_1\dot{x} + b_3\dot{x}^3 - b_5\dot{x}^5 + x = 0$

10.  $\ddot{x} + b_1\dot{x} - b_3\dot{x}^3 + b_5\dot{x}^5 + x = 0$

11.  $\ddot{x} + f(x) = 0, f(x) = \begin{cases} x + \delta, & x \leq -\delta \\ 0, & -\delta \leq x \leq \delta \\ x - \delta, & x \geq \delta \end{cases}$