

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие
Специализация/профиль/программа подготовки	Роботизированные комплексы вооружения
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	НЗ Механика деформируемого твердого тела

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	3	108	68	17	17	34	40	0	18	22	диф. зач.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

### 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела  
Титух Игорь Николаевич, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела  
Филин Алексей Григорьевич, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела  
Воронов Алексей Сергеевич, ассистент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

### **Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ**

Заведующий кафедрой Алешин А.С., к.т.н.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 — Способен применять знания методов проектирования роботизированных комплексов вооружения и их элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-2**

*знания:*

основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, основные понятия и методы сопротивления материалов, механики деформируемого твердого тела, теории упругости, пластичности и ползучести при проектировании автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения;;

*умения:*

интерпретировать результаты и делать выводы, использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе проектирования автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения;;;

*навыки:*

выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, возникающих при проектировании автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		
5	9	<b>Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.</b> 1. Основные понятия; 2. Устойчивость стержня, шарнирно опертого по концам. Формула Эйлера; 3. Другие случаи закрепления концов; 4. Пределы применимости формулы Эйлера. Предельная гибкость стержня. Формула Ясинского; 5. Различные критерии устойчивости. Энергетический критерий устойчивости. Динамический критерий устойчивости; 6. Применение численных методов к решению задач устойчивости сжатых стержней. Конечно-элементное представление задачи об устойчивости сжатого стержня. Реализация в ПО ANSYS.	37	24	6	6	12	13	33
5	9	<b>Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.</b> 1. Сжатые стержни переменного сечения. Ступенчато изменяющееся сечение. Конические стержни; 2. Потеря устойчивости при изгибе балки; 3. Потеря устойчивости при кручении стержня кольцевого поперечного сечения; 4. Сжато-изогнутые стержни; 5. Устойчивость стержня, лежащего на упругом основании; 6. Сжато-скрученный стержень;.	45	32	8	8	16	13	33
5	9	<b>Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.</b> 1. Различные подходы к устойчивости стержневой конструкции; 2. Поведение рам в упруго-пластической области; 3. Прохлопывание арок;.	26	12	3	3	6	14	34
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	68	17	17	34	40	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	68	17	17	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.	Определение критической силы потери устойчивости сжатого стержня в пределах упругости	4
2		Потеря устойчивости сжатого стержня за пределами упругости. Формулы Ясинского. Коэффициент понижения допускаемых напряжений	4
3		Проектирование колонны по условию потери устойчивости	4
4	Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.	Критический момент потери устойчивости изгибаемого стержня	4
5		Критический момент потери устойчивости скрученного стержня	4
6		Расчет сжато-изогнутых стержней	4
7		Расчет сжато-скрученных стержней	4
8	Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.	Решение задач на потерю устойчивости стержневых систем	6
<b>Всего за 9 семестр</b>			34

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.	Экспериментальное определение критической силы потери устойчивости	3
2		Численное моделирование потери устойчивости сжатого стержня	3
3	Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.	Экспериментальное исследование влияния условий закрепления на критическую силу потери устойчивости изгибаемой балки	3

4		Численная оценка критического момента потери устойчивости скрученного стержня	3
5		Численная оценка коэффициента запаса по устойчивости сжато-изогнутого стержня	2
6	Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.	Компьютерное моделирование прохлопывания арки	3
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.	Выполнение курсовой работы	10
2		Оформление отчета о лабораторной работе	3
3	Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.	Изучение литературы по тематике дисциплины	3
4		Оформление отчета о лабораторной работе	10
5	Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.	Изучение литературы по тематике дисциплины	1
6		Подготовка к дифференцированному зачету	5
7		Подготовка к защите курсовой работы	8
Всего за 9 семестр			40

### 3.5. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Подготовительный этап. Получение задания на курсовую работу. Анализ данных. Изучение литературы по тематике КР	1 - 3	2
Этап 2. Аналитическое решение задачи о потери устойчивости. Определение коэффициента приведения длины энергетическим методом. Определение критической силы потери устойчивости по коэффициенты понижения допускаемых напряжений.	4 - 8	10
Этап 3. Численное решение задачи о потери устойчивости. Моделирование потери устойчивости в упругой постановке. Моделирование потери устойчивости в упруго-пластической постановке	9 - 14	4
Этап 4. Оформление отчета о курсовой работе. Подготовка к защите КР	15 - 17	2
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>18</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																17
9				ЛР		ДР	КР	ЛР		ДР	ЛР			ЛР		ДР	Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- КР – курсовая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Г. Атапин. . Соппротивление материалов. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
2. И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Статика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
3. И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Динамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
4. И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Статика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 28 экз.
5. С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Тонкостенные стержни. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 27 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. С. Вольмир. . Устойчивость деформируемых систем. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Н3 Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2 Способен применять знания методов проектирования роботизированных комплексов вооружения и их элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с устойчивостью форм равновесия, их видами и критериями анализа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.</b>		
Выполнение курсовой работы	А. С. Вольмир. . Устойчивость деформируемых систем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967 (1-2) С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Тонкостенные стержни: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-3) И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Статика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-3)	10
Оформление отчета о лабораторной работе	И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Динамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) В. Г. Атапин. . Сопротивление материалов: Москва: Юрайт, 2022 (7)	3
Итого по разделу 1		13
<b>Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.</b>		
Изучение литературы по тематике дисциплины	А. С. Вольмир. . Устойчивость деформируемых систем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967 (2-3) С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Тонкостенные стержни: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-4) И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Статика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-5)	3
Оформление отчета о лабораторной работе	И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Динамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-3)	10
Итого по разделу 2		13
<b>Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.</b>		
Изучение литературы по тематике дисциплины	А. С. Вольмир. . Устойчивость деформируемых систем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967 (4) И. Н. Титух, С. П. Яковлев. . Устойчивость механических систем. Статика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-4)	1
Подготовка к дифференцированному зачету	С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Тонкостенные стержни: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-4)	5
Подготовка к защите курсовой работы		8
Итого по разделу 3		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- курсовая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Курсовая работа

Тематика курсовой работы связана с расчетом стержневых систем (по вариантам) на устойчивости

Задание на КР размещено в соответствующем курсе в ЭИОС Moodle

После верного выполнения курсовой работы она защищается перед руководителем курсовой работы из числа профессорско-преподавательского состава кафедры: ведущим лекционные, практические, лабораторные занятия или иным сотрудником кафедры (обладающим соответствующими компетенциями), назначенным заведующим кафедрой.

Оценка за курсовую работу выставляется по результатам выполнения и защиты. Общими критериями оценки курсовой работы являются:

- Актуальность темы курсовой работы, соответствие содержания теме, полнота ее раскрытия;
- Уровень осмысления теоретических вопросов и обобщения собранного материала, обоснованность и четкость сформулированных выводов;
- Четкость структуры работы и логичность изложения материала, методологическая обоснованность исследования;
- Комплексность методов исследования, применение современных технологий (в том числе информационных), их адекватность задаче исследования или разработки;
- Владение научным стилем изложения, профессиональной терминологией, орфографическая и пунктуационная грамотность;
- Обоснованность и ценность полученных результатов исследования (разработки) и выводов, возможность их применения в профессиональной деятельности выпускника;
- Соответствие формы представления всем требованиям, предъявляемым к оформлению курсовой работы;
- Глубина и точность ответов на вопросы при устной защите курсовой работы.

#### Лабораторная работа

Для того, чтобы лабораторная работа была принята в ней должны отсутствовать существенные ошибки и неточности. Лабораторная работа защищается каждым обучающимся индивидуально. Под защитой понимается устный ответ на вопросы преподавателя по тематике лабораторной работы. Перечень вопросов размещен в УМК дисциплины.

Тематики лабораторных работ связаны экспериментальным и численным исследованием потери устойчивости стержней, стержневых систем, пластин и оболочек

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Определение устойчивости;
2. Формула Эйлера для критической силы потери устойчивости сжатого стержня;
3. Коэффициент приведения длины. Частные случаи;
4. Пределы применимости формулы Эйлера. Критическая гибкость;
5. Формула Ясинского;
6. Расчет на устойчивость сжатого стержня по коэффициенту понижения допускаемых напряжений.

7. Энергетический критерий потери устойчивости;
8. Динамический критерий потери устойчивости;
9. Конечно-элементное представление задачи о потери устойчивости. Матрица жесткости напряжений;
10. Постановка задачи о потери устойчивости изогнутой балки;
11. Постановка задачи о потери устойчивости скрученного стержня;
12. Сжато-изогнутый стержень. Постановка задачи;
13. Коэффициенты запаса по устойчивости стержней при комбинированном нагружении;

### **Дифференцированный зачет**

Дифференцированный зачет проходит в формате письменного и устного ответа на вопросы, размещенные в УМК дисциплины.

Каждому обучающемуся предоставляется 3 вопроса в билете.

Критерии оценивания:

Верный ответ на 1 вопрос - "зачтено-удовлетворительно"

Верные ответы на 2 вопроса - "зачтено-хорошо"

Верные ответы на все 3 вопроса - "зачтено-отлично"

В течении семестра действует балльно-рейтинговая система (БРС) оценки знаний. Обучающийся имеет право на получение оценки в соответствии с БРС без дополнительной сдачи дифференцированного зачета в формате, описанном выше.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

85 - 100 «Зачтено-отлично»

75 – 84 «Зачтено-хорошо»

60 - 74 «Зачтено-удовлетворительно»

менее 60 «не зачтено»

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-2	
5	9	Раздел 1. Устойчивость сжатых стержней в пределах упругости.	37	24	6	6	12	13	33	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа, Курсовая работа
5	9	Раздел 2. Специальные случаи устойчивости стержней в пределах упругости.	45	32	8	8	16	13	33	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа
5	9	Раздел 3. Устойчивость стержневых систем.	26	12	3	3	6	14	34	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 9 семестр			108	68	17	17	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	17	17	34	40	100	

**ПК-2 - Способен применять знания методов проектирования роботизированных комплексов вооружения и их элементов**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как изменится критическая сила потери устойчивости, если круглое сплошное поперечное сечение диаметра  $d$  заменить квадратным сплошным сечением со стороной  $d$ ?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Размерность гибкости стержня...

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между различными случаями потери устойчивости исходной формы равновесия и критериями, применяемыми для их анализа

А Выпучивание стержней      1 Динамический критерий

Б Потеря устойчивости с перескоком      2 Энергетический критерий

В Потеря устойчивости в виде исчерпания несущей способности      3 Статический критерий

Г  
Параметрические колебания

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между различными случаями потери устойчивости движения и их характером

А Флаттер      1 Колебательный

Б Дивергенция      2 Неколебательный

В Действие на стержень следящей нагрузки

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность действий при расчетном моделировании устойчивости механической системы

1. Проведение расчетов

2. Построение упрощенной модели объекта исследования

3. Физическая постановка задачи

4. Анализ результатов

5. Математическая постановка задачи

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите указанные характеристики по мере возрастания

1 предел текучести

2 предел пропорциональности



3 предел прочности

4 предел упругости

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Дан стержень, гибкость которого больше предельной гибкости. При этом критическая сила \_\_\_\_\_ . Заполните пропуск.

1 прямо пропорционально осевому моменту инерции стержня

2 обратно пропорциональна осевому моменту инерции стержня

3 пропорциональна квадрату осевого момента инерции стержня

4 не зависит от осевого момента инерции стержня

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Коэффициент приведения длины стержня зависит от...

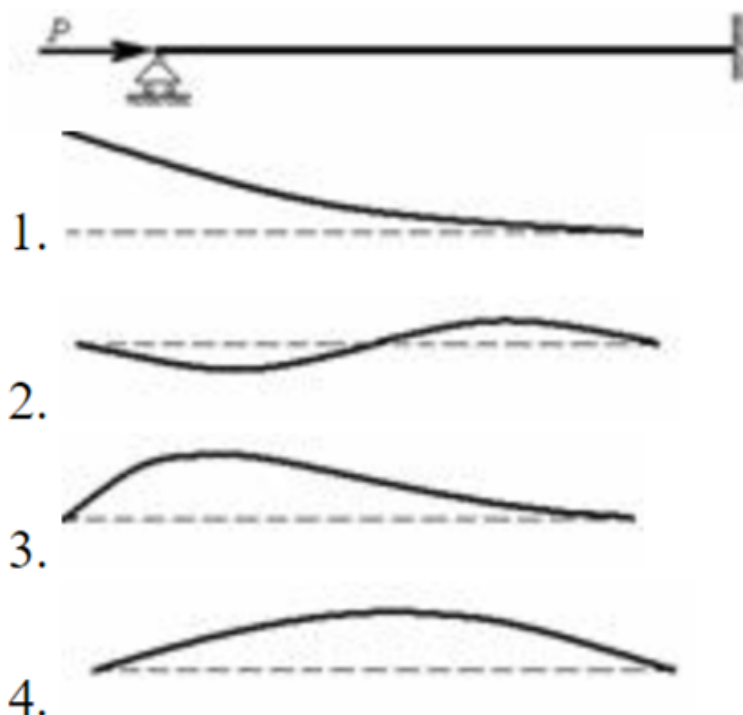
1 условий закрепления

2 материала стержня

3 от материала и условий закрепления

4 формы поперечного сечения

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа



Какова форма потери устойчивости стержня, указанного на рисунке

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Критическая сила для сжатого стержня зависит от

1. Модуля Юнга материала

2. Коэффициента Пуассона

3. Длины стержня

4. Площади поперечного сечения

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Критическое напряжение потери устойчивости стержня может быть

1. меньше предела пропорциональности

2. меньше предела упругости

3. больше предела пропорциональности

4. больше предела упругости

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В дифференциальное уравнение для анализа выпучивания пластины входят

1. цилиндрическая жесткость

2. нормальные напряжения в срединной плоскости

3. касательные напряжения в срединной плоскости

4 давление