

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Институт промышленных технологий машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИПТМ:

_____ Панов А.Ю.

«15»__июня__2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.44 Проектирование спецмашин

для подготовки специалистов

Направление подготовки 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное
оружие

Направленность: «Артиллерийское оружие»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра «Артиллерийское вооружение»

Кафедра-разработчик «Артиллерийское вооружение»

Объем дисциплины 432 /12
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик : Зотов А. В., старший преподаватель

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021 год

Рецензент: Бенсон В.В., к.т.н. _____

«3» 06 2021г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 18.08.2020 г. № 1053 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 15.06.21 №7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021г. № 10

Зав. кафедрой АВ, д.т.н., профессор _____

Закаменных Г.И.

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИПТМ, протокол от 9.06.2021г. №10

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ _____

№ 17.05.02-а-44

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____

Кабанина Н.И.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).....	5
4. Структура и содержание дисциплины	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.	24
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	37
7. Информационное обеспечение дисциплины	38
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с овз	40
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине	41
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	41
<i>10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии</i>	<i>41</i>
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	43

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью освоения дисциплины является формирование понимания взаимосвязи узлов и элементов артиллерийского вооружения, влияния применяемых конструктивных решений на показатели качества изделия в целом.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- формирование практических навыков применения методов динамического анализа артиллерийских орудий, их узлов и механизмов с учетом деформируемости деталей, зазоров в соединениях и диссипации энергии при колебаниях;
- формирование практических навыков применения методов системного проектирования артиллерийских комплексов, как элементов системы вооружения

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) «Проектирование спецмашин» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие».

Дисциплина «Проектирование спецмашин» обобщает полученные студентом знания в области проектирования артиллерийского вооружения и базируется на следующих дисциплинах: «физика», «математика», «теоретическая механика», «информатика», «физические основы устройства оружия», «внутренняя баллистика ствольного оружия», «проектирование стволов и затворов», «прочность артиллерийских систем».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы для корректного формирования целей выпускной квалификационной работы и расчетно-аналитического обоснования результатов выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Проектирование спецмашин» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины					
	6	7	8	9	10	11
Код компетенции	ОПК-15					
Боеприпасы артиллерии						
Проектирование стволов и затворов						
Проектирование спецмашин						
Учебно-конструкторская практика						
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы						
Код компетенции	ОПК-16					
Проектирование спецмашин						
Научно-исследовательская работа						
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы						
Код компетенции	ПК-2					
Нетрадиционные виды преобразования энергии						
Технология артиллерийских систем						
Проектирование спецмашин						
Основы боевого применения артиллерии						
Преддипломная практика						
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы						

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-15. Способен четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия	ИОПК-15.1. Формулирует цели проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия	Знать: методы формулирования цели и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование. Уметь: анализировать, обобщать информацию; формулировать задачи; анализировать текущее состояние и тенденции развития стрелково-пушечного артиллерийского и ракетного оружия. Владеть: способностью анализировать текущее состояние и тенденции развития стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Вопросы для письменного опроса.	Вопросы для экзамена
	ИОПК-15.2. Формулирует задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия			
ОПК-16. Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию и технически грамотно оформлять и представлять результаты научно-	ИОПК-16.1. Разрабатывает нормативно-техническую документацию, связанную со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	Знать: методы проектирования артиллерийского оружия и всех элементов артиллерийских систем. Уметь: проектировать артиллерийское оружие и все элементы артиллерийских систем. Владеть: методами проектирования артиллерийского	Вопросы для письменного опроса.	Вопросы для экзамена

исследовательских работ, связанных со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	ИОПК-16.2. Технически грамотно оформляет и представляет результаты научно-исследовательских работ, связанных со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	оружия и всех элементов артиллерийских систем. Знать: методы выполнения научно-исследовательских работ и их отдельных разделов поискового и прикладного характера. Уметь: выполнять научно-исследовательские работы и их отдельные разделы поискового и прикладного характера. Владеть: навыками выполнения научно-исследовательских работ и их отдельных разделов поискового и прикладного характера.		
ПК-2 Способен формировать новые направления научных исследований и проектно-конструкторских разработок.	ИПК-2.1. Формирует новые направления научных исследований. ИПК-2.3. Анализирует научную проблематику области знаний применительно к артиллерийскому вооружению	Знать: актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы проведения исследований и разработок; средства и практика планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и разработок. Уметь: применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (патенты, научно-техническая документация) Владеть: навыком разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок по определенной тематике; навыком организации сбора и изучения научно-технической информации по теме; навыком анализа и теоретического обобщения научных данных в соответствии с задачами исследования.	Вопросы для письменного опроса.	Вопросы для экзамена
ПК-2	Освоение дисциплины причастно к ТФ D/01.6 (ПС 40.011 « <u>Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам</u> »), решает задачи -Проведения анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний - Обоснования перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний - Формирования программ проведения исследований в новых направлениях			

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 12 зач.ед. 432 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		№ 9 сем	№ 10 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	432 /12		
1. Контактная работа:			
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	178/ 12	85/6	85/6
занятия лекционного типа (Л)	68	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)	68	34	34
лабораторные работы (ЛР)	34	17	17
1.2. Внеаудиторная, в том числе			
текущий контроль, консультации по дисциплине	8	4	4
2. Самостоятельная работа (СРС)	173	73	100
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	50	25	45
контрольная работа	10	5	5
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	50	43	50
Подготовка к экзамену (контроль)	81	54	27

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
семестр 9									
ОПК-15: ИОПК-15.1, ИОПК-15.2 ОПК-16: ИОПК-16.1, ИОПК-16.2 ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.3	Раздел 1 Элементы теории лафетов								
	Тема 1.1 Введение. Основные характеристики артиллерийских орудий.	2				подготовка к лекциям			
	Тема 1.2 Откат ствола при выстреле. Теория свободного отката.	2							
	Тема 1.3 Торможенный откат. Устойчивость артиллерийского орудия. Условия устойчивости.	4							
	Тема 1.4 Противооткатные устройства.	4							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие №1 Вычисление элементов свободного отката			3		подготовка к ПЗ			
	Практическое занятие №2 Вычисление элементов торможенного отката			3					
	Практическое занятие №3 Устойчивость полевого орудия на колёсном лафете.			3					
	Практическое занятие №4 Гидродинамические основы теории гидравлических тормозов отката артиллерийских орудий.			3					
	Лабораторная работа №1 Изучение устройства буксируемой артиллерии		5			Подготовка к ЛР			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-15: ИОПК-15.1,	Лабораторная работа №2 Изучение устройства артиллерийских частей самоходной артиллерии и артиллерийского вооружения БМП и танков		5						
	Лабораторная работа №3 Изучение устройства корабельных артиллерийских установок		7						
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела: - проработка рекомендованной литературы; - подготовка к практическим занятиям ; - подготовка к опросу по темам				40				
	Итого по 1 разделу	12	17	12	23				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ИОПК-15.2 ОПК-16: ИОПК-16.1, ИОПК-16.2 ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.3	Раздел 2 Проектирование командных деталей и узлов артиллерийских орудий.								
	Тема 2.1 Проектирование противооткатных устройств и гидроамортизаторов.	4				подготовка к лекциям			
	Тема 2.2 Привода вертикального наведение и уравнивание качающейся части орудия.	2							
	Тема 2.3 Механизмы подачи в артиллерийских установках.	2							
	Тема 2.4 Проектирование агрегатов лафета.	2							
	Практическое занятие №2.1 Подбор параметров тормоза отката и накатника для заданного артиллерийского орудия.			4		подготовка к ПЗ			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-15: ИОПК-15.1, ИОПК-15.2	Практическое занятие №2.2 Построение физической и элементов математической модели механизмов уравновешивания.			4					
	Практическое занятие №2.3 Построение физической и математической модели механизмов подачи			2					
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела: - проработка рекомендованной литературы; - подготовка к пз; - контрольная работа.				20				
	Итого по 2 разделу	10		10	20				
	Раздел 3 Основы проектирования артиллерийского орудия как динамического объекта								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-16: ИОПК-16.1, ИОПК-16.2 ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.3	Тема 3.1 Обобщенное представление об основах проектирования артиллерийского орудия как динамического объекта.	4				подготовка к лекциям			
	Тема 3.2 Динамическая модель системы и ее элементы. Уравнения неразрывности движения и деформации звеньев динамической модели	4							
	Тема 3.3 Деление механической системы на ЭФМ. Изучение свойств ЭФМ как колебательного упругого контура	4							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие №3.1 Построение уравнений квазиравновесия для заданного механизма.			3		подготовка к ПЗ			
	Практическое занятие №3.2 Построение уравнений неразрывности движения и деформаций заданного механизма.			3					
	Практическое занятие №3.3 Построение физической и математической плоской модели артиллерийского орудия.			6					
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: - проработка рекомендованной литературы; - подготовка к пз; - контрольная работа.				30				
	Итого по 3 разделу	12		12	30				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-15: ИОПК-15.1, ИОПК-15.2 ОПК-16: ИОПК-16.1, ИОПК-16.2 ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.3	Подготовка к экзамену	54							
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	17	34	73				
	семестр А								
	Раздел 4 Анализ динамики и принципы динамического проектирования артиллерийских установок при выстреле								
	Тема 4.1 Динамика буксируемого артиллерийского орудия и принципы его проектирования.	6				подготовка к лекциям			
	Тема 4.2 Динамика работы грунта и особенности проектирования минометов.	6							
	Тема 4.3 Динамика самоходных артиллерийских орудий и принципы их проектирования.	6							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие №4.1 Определение приведенных параметров податливости, зазора, диссипации упругого звена для заданного механизма.			4		подготовка к ПЗ			
	Практическое занятие №4.2 Построение физической и элементов математической модели буксируемого орудия.			6					
	Практическое занятие №4.3 Построение физической и элементов математической модели самоходного орудия.			6					
	Лабораторная работа №4 Исследование параметров динамической устойчивости самоходного артиллерийского орудия при стрельбе.		17						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-15: ИОПК-15.1, ИОПК-15.2 ОПК-16: ИОПК-16.1, ИОПК-16.2 ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.3	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела: - проработка рекомендованной литературы; - подготовка к пз; - контрольная работа.				50				
	Итого по 4 разделу	18	17	18	50				
	Раздел 5 Анализ динамики и принципы динамического проектирования артиллерийских установок в режимах совершения марша, маневра или смены позиции								
	Тема 5.1 Принципы построения задачи транспортной динамики.	4				подготовка к лекциям			
	Тема 5.2 Основные требования к проектированию шасси артиллерийских систем.	8							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 5.3 Динамика корабельного артиллерийского орудия и особенности его проектирования.	4							
	Практическое занятие №5.1 Решение задач по статистическому моделированию процессов движения операторным методом.			8		подготовка к ПЗ			
	Практическое занятие №5.2 Определение нагрузок, испытываемых элементами артиллерийской системы в движении.			8					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного курса Электронного (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела: - проработка рекомендованной литературы; - подготовка к пз; - контрольная работа.				50				
	Итого по 5 разделу	16		16	50				
	Подготовка к экзамену	27							
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	17	34	100				
	КСР	8							
	ИТОГО по дисциплине	68	34	68	173				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, расчетно-графические работы, контрольные работы.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль):

1. Процесс истечения пороховых газов из канала ствола.
2. Закон изменения давления в канале ствола от времени.
3. Коэффициент полезного действия истекающих газов на ствол.
4. Расчет импульса отдачи на периоде последействия орудия без надульного устройства.
5. Расчет импульса отдачи на периоде последействия орудия с надульным устройством.
6. Структура околодульного течения пороховых газов на периоде последействия.
7. Классификация дульных тормозов.
8. Основные конструктивные параметры дульных тормозов.
9. Влияние различных конструктивных параметров на эффективность дульного тормоза.
10. Физика процесса продувания ствола с использованием эжектора.
11. Периоды рабочего процесса эжекторного устройства.
12. Оценка параметров продувки ствола аналитическим методом.
13. Газодинамическая постановка задачи продувания канала ствола.
14. Численные методы решения задачи.
15. О проблеме охлаждения ствола при стрельбе.
16. Виды систем охлаждения ствола
17. Модели функционирования систем.
18. Методы расчета систем охлаждения ствола.
19. Особенности проектирования систем охлаждения замкнутого цикла.
20. Особенности проектирования систем охлаждения разомкнутого цикла.
21. Особенности проектирования систем охлаждения разомкнутого цикла
22. Особенности проектирования систем охлаждения методом впрыска охлаждающей жидкости
23. Причины теплового изгиба ствола.
24. Методы расчета теплового изгиба ствола.
25. Теплозащитные кожухи для орудий, стреляющих прямой наводкой.
26. Нагрузки, воздействующие на казенник при выстреле.
27. Особенности устройства казенников для орудий с клиновым и поршневым затворами.
28. Виды соединения ствольной трубы с казенником.
29. Методы расчета и проектирования казенников.
30. Нагрузки, воздействующие на клин затвора при выстреле.
31. Конструктивные особенности исполнения клина, связанные с его работой в составе механизмов производства и блокирования выстрела.
32. Методы расчета и проектирования клиньев затвора
33. Нагрузки, воздействующие на поршень затвора при выстреле.
34. Средства обтюрации пороховых газов в поршневом затворе.
35. Методы расчета и проектирования поршня затвора

36. Классификация механизмов затвора.
37. Особенности исполнения механизма затвора с копирной полуавтоматикой.
38. Особенности исполнения механизма затвора с пружинной полуавтоматикой
39. Особенности клинового затвора с плавающими выбрасывателями экстрактирующего гильзу механизма.
40. Виды механизмов автоматизации работы поршневого затвора.
41. Состав действующих на узлы механизма сил и реакций.
42. Защемление клина и гильзы.
43. Постановка динамической задачи расчета механизма затвора.
44. Связь законов сопротивления откату и накату с устойчивостью орудия
45. Виды противооткатных устройств.
46. Примеры использования гидроамортизаторов в механизмах автоматики орудий.
47. Гидродинамическая постановка задачи работы устройств гидравлического торможения.
48. Типы гидравлических тормозов отката-наката.
49. Выбор параметров канавочного тормоза отката с игольчатым тормозом наката.
50. Выбор параметров веретенного тормоза отката с канавочным тормозом наката.
51. Выбор параметров клапанного тормоза отката-наката
52. Использование компенсаторов теплового расширения рабочей жидкости
53. Способы регулирования отверстий истечения в гидротормозах.
54. Типы и характеристики накатников.
55. Выбор конструктивных параметров накатников
56. Особенности проектирования и расчет пружинных накатников
57. Особенности проектирования и расчет гидропневматических накатников
58. Виды уравнивания качающейся части орудия
59. Расчет и выбор параметров автономного уравнивания КЧ
60. Расчет и выбор параметров пружинных механизмов тянущего и толкающего типов
61. Расчет и выбор параметров торсионных уравнивающих механизмов
62. Расчет и выбор параметров пневматических уравнивающих механизмов
63. Разновидности систем подачи, используемых в артиллерийских орудиях
64. Динамический подход к проектированию механизмов подачи
65. Принципы построения циклограммы работы механизмов в автоматизированных системах
66. Типы досылателей в камору орудия выстрела или его элементов
67. Расчет и проектирование бросковых досылателей
68. Расчет и проектирование досылателей принудительного действия.
69. Расчет и проектирование пневматических досылателей
70. Нагрузки, воздействующие на лафет буксируемого орудия
71. Проектирование нижнего станка и колесного хода буксируемого орудия
72. Проектирование станин и сошников и передней опоры буксируемой артиллерийской установки
73. Комплекс требований, предъявляемых к шасси самоходного артиллерийского орудия
74. Нагрузки, воздействующие на шасси САО.
75. Проектирование опорных домкратов для САО на легких шасси и колесном ходе
76. Проектирование опорных сошников для САО большого огнестойкого могущества
77. Методы уменьшения времени колебаний шасси после выстрела.
78. Нагрузки, воздействующие на люльку орудия
79. Основные типы конструкций люльки
80. Особенности проектирования и расчета цапф и цапфенных узлов.
81. Особенности проектирования короба и направляющих поверхностей люльки

82. Особенности конструкции люльки обойменно-штыревого типа
83. Основные типы механизмов наводки орудия
84. Требования, предъявляемые к механизмам наводки
85. Ручные, механизированные и автоматизированные приводы наведения
86. Проектирование передачи «винт-гайка» и червячных передач в составе механизмов наведения
87. Использование планетарно-цевочных и волновых передач с большим передаточным отношением и высоким КПД в составе механизмов наведения
88. Особенности и типы конструкции минометов
89. Требования, предъявляемые к конструкции опорной плиты.
90. Установка минометов на самоходные шасси
91. Принципы работы и особенности конструкции бесшумных минометов.

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Структурная схема механической системы при представлении ее твердотельной моделью с упругими, диссипативными связями и зазорами.
2. Параметры системы, исследуемые динамической моделью.
3. Критерии качества проектирования, исследуемые динамической моделью.
4. Типы звеньев физической модели и их определения.
5. Разделение механической системы на ЭФМ. Определение ЭФМ. Звенья, образующие ЭФМ. Свойства системы, отражаемые ЭФМ.
6. Уравнения и соотношения, образующие математическую модель.
7. Свойства, отражаемые каждым видом уравнения и каждым соотношением.
8. Виды систем координат, используемые в динамической модели.
9. Особенности применения различных систем координат.
10. Преобразование систем координат. Углы Эйлера, используемые для связи различных систем координат.
11. Вывести преобразование координат для случая плоскости
12. Вывести преобразование скоростей в различных системах координат для случая плоскости.
13. Виды уравнений движения. Записать общие формулы. Пояснить их элементы.
14. Как выбираются обобщенные перемещения (общий принцип)?
15. Как строятся обобщенные силы (общий принцип)?
16. Структура уравнения движения. Пояснить ее элементы
17. Что такое тензор инерции?
18. Принципы построения матриц преобразования системы обобщенных координат в НСК.
19. Отличие уравнений квазиравновесия от уравнений движения.
20. Как расставить реакции в кинематических парах различного вида. Связать представления с системами координат.
21. Клеточная форма представления матрицы уравнений квазиравновесия для кинематической пары.
22. Особенности представление сил трения
23. Вид уравнений в упругом звене.
24. Расставить реакции и записать уравнения квазиравновесия для одного указанного звена в плоской модели.
25. Что такое «реактивные коэффициенты» и как они вычисляются.
26. Принцип построения уравнений связи методом векторных контуров.
27. Полное название уравнений связи.
28. Геометрическая и кинематическая форма уравнений связи. Дифференциальные уравнения, позволяющие связать геометрическую и кинематическую формы.
29. Уравнения, связывающие звенья в кинематической паре типа «копир».

30. Уравнения, связывающие звенья в параллельных плоскостях, соединенные упругим звеном.
31. Построить и записать в векторной форме уравнения связи указанного участка механизма.
32. Представление силы в упругом звене. Деформативная и диссипативная составляющие.
33. Представление функций потенциальной энергии и функции Релея через величину и скорость деформации.
34. Как учитывается зазор при определении силы в упругом звене.
35. Вид графиков нагрузки: без учета диссипации и зазора, -с учетом диссипации, но без зазора, с учетом диссипации и зазора.
36. Что такое петля гистерезиса? Чему равна площадь петли гистерезиса?
37. Что такое податливость и жесткость звена? Тензор податливости.
38. Что такое упругий узел при определении упругих свойств звена?
39. Что такое приведенная к упругому звену податливость участка механизма?
40. Принцип приведения к упругому звену податливости участка механизма.
41. Формула для приведения к упругому звену податливости участка механизма с использованием «реактивных коэффициентов».
42. Свойства упругого звена при контакте в нескольких точках.
43. Как влияют перекрестные члены тензора податливости на оценку энергетического баланса.
44. Что такое приведенный к упругому звену зазор, отражающий зазоры в кинематических парах участка механизма.
45. Принципы приведения зазоров к упругому звену.
46. Представление зазора в кинематических парах различного вида.
47. Какие процессы отражает свойство диссипация энергии?
48. 3 способа представления диссипации энергии в динамических моделях.
49. Что такое коэффициент диссипации? Как он связан с функцией Релея?
50. Что такое логарифмический декремент затухания? Как его вычислить по графику функции процесса колебаний?
51. Что такое коэффициент удельного рассеивания энергии? Как его вычислить по графику функции процесса колебаний?
52. Принцип приведения к упругому звену диссипации энергии на участке механизма
53. Как производится первичная оценка параметров диссипации при анализе динамики механизма?
54. Как производится оценка параметров диссипации при наличии результатов экспериментальных исследований?
55. Принцип приведения массы малоинерционных звеньев ЭФМ к массивным звеньям.
56. Как используются уравнения неразрывности движения и деформации при приведении масс?
57. Два способа определения начального положения системы и начальных условий системы дифференциальных уравнений.
58. Что такое метод предпуска и как он реализуется?
59. Что такое собственные, собственные, вынужденные и сопровождающие колебания?
60. Представить виды парциальных систем. Записать формулы для круговой частоты, частоты и периода собственных колебаний.
61. Что такое резонанс. Когда он возникает в колеблющейся системе?
62. Вид графика коэффициента динамичности при резонансе. Влияние диссипации на развитие резонанса.

63. Когда возникают биения в колеблющейся системе?
64. Главные колебания и собственные формы колебаний в многомассовой колебательной системе.
65. Принципы разделения механической системы на ЭФМ.
66. Какие параметры должны быть подготовлены для разделения?
67. Какие участки механической системы преобразуются при разделении?
68. Какой критерий определяет необходимость преобразования?
69. Расчетная схема буксируемой артустановки.
70. Обобщенные координаты, степени свободы.
71. ЭФМ1. «Нижний станок – грунт».
72. Обобщенные координаты, степени свободы,
73. уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформации.
74. ЭФМ2 «Нижний – верхний станок»
75. Обобщенные координаты, степени свободы.
76. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
77. Выражение для момента на поворотном механизме.
78. ЭФМ3 «Верхний станок – люлька».
79. Обобщенные координаты, степени свободы.
80. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
81. Выражение для момента на подъемном механизме.
82. ЭФМ4 «Люлька – откатные части»
83. Обобщенные координаты, степени свободы.
84. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
85. ЭФМ5. «откатные части – снаряд».
86. Обобщенные координаты, степени свободы.
87. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
88. Формирование поля деформаций в грунте при нагружении.
89. Классы грунтов и их механические характеристики.
90. Распространение ударной волны.
91. Определение реакций на сошнике опорно-сошникового устройства.
92. Вывод соотношений.
93. Основные требования к элементам конструкции при проектировании буксируемых артустановок.
94. Расчетная схема самоходной артустановки.
95. Обобщенные координаты и степени свободы в полной и упрощенной постановках.
96. ЭФМ1. «Корпус - грунт».
97. Обобщенные координаты, степени свободы.
98. Особенности устройства упругого звена.
99. Уравнения неразрывности движения и деформаций.
100. Усилия взаимодействия с грунтом.
101. ЭФМ2. «Корпус – верхний станок».
102. Обобщенные координаты и степени свободы.
103. Особенности исполнения опорно-поворотного устройства.
104. Основные требования к проектированию самоходной артустановки.
105. Расчетная схема корабельной артустановки.
106. Обобщенные координаты и степени свободы.
107. Формирование нагрузок от воздействия волнующегося моря на корпус корабля.
108. Особенности проектирования корабельных артустановок.
109. Особенности постановки и методы решения транспортной задачи.
110. Способы задания микропрофиля дороги.

111. Корреляционная функция профиля дороги
112. Функция спектральной плотности профиля дороги.
113. Основные приемы решения транспортной задачи частотным методом
114. Передаточная функция.
115. Амплитудно-фазово-частотная и амплитудно-частотная характеристики.
116. Основные требования к проектированию и испытаниям артустановки как транспортной единицы.
117. Описание задачи утыкания ствола танковой пушки в грунт при движении по пересеченной местности.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Таблица 5 оценки знаний, умений, навыков

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой
85-100	Отлично
70-84	Хорошо
60-69	Удовлетворительно
0-59	Неудовлетворительно

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-15. Способен четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия	ИОПК-15.1. Формулирует цели проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Не способен сформулировать цели исследования динамики арт. систем.	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при формулировании целей исследования арт. систем, как динамического объекта.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; имеет представление о целях исследования арт. систем, как динамического объекта. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	ИОПК-15.2. Формулирует задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия	Изложение учебного материала бессистемное, не полное, что препятствует усвоению последующей информации. Демонстрирует частичные и слабые умения в формулировании задач исследования динамики артиллерийских систем.	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов.. Способен сформулировать некоторые задачи исследования арт. систем, как динамического объекта	Владеет знаниями и навыками формулирования задач исследования динамики артиллерийских систем и последующего применения результатов. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно.	Имеет глубокие знания всего материала; в полной мере способен формулировать задачи исследования динамики артиллерийских систем и формировать на их базе тактико-технические требования. Допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-16. Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию и технически грамотно оформлять и представлять результаты научно-исследовательских работ, связанных со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	ИОПК-16.1. Разрабатывает нормативно-техническую документацию, связанную со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Не способен разрабатывать нормативно-техническую документацию в части связанной с поведением арт. систем при работе по назначению.	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при разработке нормативно-технической документации в части связанной с поведением арт. систем при работе по назначению.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно. Способен разработать нормативно-техническую документацию в части связанной с поведением арт. систем при работе по назначению.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании. Способен разработать нормативно-техническую документацию в части связанной с поведением арт. систем при работе по назначению.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
	ИОПК-16.2. Технически грамотно оформляет и представляет результаты научно-исследовательских работ, связанных со стрелково-пушечным, артиллерийским и ракетным оружием	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Не способен технически грамотно провести и оформить результаты исследований в области динамики артиллерийских систем..	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при выполнении и оформлении результатов исследований в области динамики артиллерийских систем..	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно. Способен технически грамотно выполнить и оформить результаты исследований в области динамики артиллерийских систем.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании. Способен технически грамотно выполнить и оформить результаты исследований в области динамики артиллерийских систем.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-2 Способен формировать новые направления научных исследований и проектно-конструкторских разработок.	ИПК-2.1. Формирует новые направления научных исследований.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Не способен к формированию направлений научных исследований в области динамической устойчивости арт. систем.	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при формировании направлений научных исследований в области динамической устойчивости арт. систем.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно. Способен к формированию направлений научных исследований в области динамической устойчивости арт. систем.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании. Способен к формированию направлений научных исследований в области динамической устойчивости арт. систем.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	ИПК-2.3. Анализирует научную проблематику области знаний применительно к артиллерийскому вооружению	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Не способен выполнить анализ проблем динамической устойчивости артиллерийской системы.	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при выполнении анализа проблем динамической устойчивости артиллерийской системы.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Допускает незначительные ошибки, которые сам исправляет; комментирует выполняемые действия не всегда точно. Способен выполнить анализ проблем динамической устойчивости артиллерийской системы.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании. Способен выполнить анализ проблем динамической устойчивости артиллерийской системы.

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

1) Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия. Часть 1. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия под ред. чл.-кор. РАН А.А. Королева и чл.-кор. МАНПО В.Г. Кучерова ВолгГТУ. Волгоград, 2017. – 384 с.

2) И.П. Торопцев, О.Н. Батков, С.В. Гераськов История, состояние и перспективы развития артиллерии Пенза: ПАИИ, 2017. – 80 с.

3) История оружия. Очерки развития артиллерии: учебник для вузов ; под ред. чл.-кор. Междунар. акад. наук пед. Образования В. Г. Кучерова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 272 с.

4) Закаменных Г.И., Слуцкий В.Е., Бобков Е.И., Васильев В.С. и др Проектирование спецмашин. Часть -2. Книга 2. Лафеты. ВолгГТУ. Волгоград, 2017. – 384 с.

5) Проектирование спецмашин: учебник: Ч. 3 Проектирование самоходных артиллерийских установок / под ред. А. А. Королева, В. Г. Кучерова ; ВолгГТУ. - Волгоград : РПК "Политехник", 2007. - 348 с.

6) Проектирование спецмашин. Ч. 4. Стабилизация машин : учебник. Доп. УМО вузов по университетскому политехническому образованию / под ред. А.А. Королева и В.Г. Кучерова; Волгоградский гос. техн. ун-т, Пермский гос. техн. ун-т. - Пермь, 2011. - 362 с.

7) Расчет и конструирование противооткатных устройств [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Кучеров ; ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2015. - 84 с.

8) Проектирование спецмашин. Основы динамического проектирования артиллерийских орудий различного назначения/ под ред. Г.И. Закаменных. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева – 2012. – с.

6.2. Справочно-библиографическая литература.

- 1) Руководства по эксплуатации изделий 2А2, Д-30.
- 2) Руководства по эксплуатации изделий 2С34, 2С19, 2С35, 2С38.
- 3) Руководства по эксплуатации изделий 2Б11, 2Б24, 2Б25.
- 4) Проектирование ракетных и ствольных систем : [Учебник для втузов] / Под ред. засл. деят. науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. Б. В. Орлова. - Москва : Машиностроение, 1974. - 828 с.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

3.1 Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г.

Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>
2. Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>
3. Персональные библиографические указатели ученых НГТУ
4. http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl_ych.html
5. Электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/news.html>

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

[Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgash.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgash.ru/> - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.

4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.

5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.

6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.

7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

8. Финансово-экономические показатели Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/> – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
1. Microsoft Windows 7 Professional SP 1 RUS (OEM); 2. Microsoft Office Professional Plus 2010 (Agreement - 3528487); 3. Autodesk Product Design Suite Ultimate 2015 Russian (Лицензионный сертификат Autodesk Клиентский №5101721954)	Avast Free Antivirus - Бесплатно (персональное использование) Foxit PDF Reader - Бесплатно (персональное использование) Ansys Academic Student 2019 R

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети
7	Электронная библиотека «КиберЛенинка»	https://cyberleninka.ru/
8	Научная электронная библиотека	www.elibrary.ru

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1	2	3
1	Аудитория курсового и дипломного проектирования АО «ЦНИИ «Буревестник» г. Нижний Новгород, Сормовское шоссе 1а.	Компьютер PC - тип 3 (8 шт.): Intel Core i5\DDR3-1333 Kingston 4 Gb\500 Gb\NVIDIA GeForce GTX 550 Ti 1024 Mb.	- Microsoft Windows 7 Professional SP 1 RUS (OEM); - Microsoft Office Professional Plus 2010 (Agreement - 3528487); - Autodesk Product Design Suite Ultimate 2015 Russian (Лицензионный сертификат Autodesk Клиентский №5101721954) ПО распространяемое по свободной лицензии: - Avast Free Antivirus - Бесплатно (персональное использование) - Foxit PDF Reader - Бесплатно (персональное использование) - Ansys Academic Student 2019 R

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам,

набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа 16

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые задания к практическим занятиям

- Вычисление элементов свободного отката.
- Вычисление элементов торможенного отката.
- Устойчивость полевого орудия на колёсном лафете.
- Гидродинамические основы теории гидравлических тормозов отката артиллерийских орудий.
- Построение физической и математической плоской модели артиллерийского орудия.
- Подбор параметров тормоза отката и накатника для заданного артиллерийского орудия.
- Построение физической и элементов математической модели механизмов уравнивания и подачи.
- Построение уравнений квазиравновесия для заданного механизма.

- Построение уравнений неразрывности движения и деформаций заданного механизма.
- Определение приведенных параметров податливости, зазора, диссипации упругого звена для заданного механизма.
- Построение физической и элементов математической модели буксируемого орудия.
- Построение физической и элементов математической модели самоходного орудия.
- Решение задач по статистическому моделированию процессов движения операторным методом

11.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

1. Процесс истечения пороховых газов из канала ствола.
2. Закон изменения давления в канале ствола от времени.
3. Коэффициент полезного действия истекающих газов на ствол.
4. Расчет импульса отдачи на периоде последствия орудия без надульного устройства.
5. Расчет импульса отдачи на периоде последствия орудия с надульным устройством.
6. Структура околодульного течения пороховых газов на периоде последствия.
7. Классификация дульных тормозов.
8. Основные конструктивные параметры дульных тормозов.
9. Влияние различных конструктивных параметров на эффективность дульного тормоза.
10. Физика процесса продувания ствола с использованием эжектора.
11. Периоды рабочего процесса эжекторного устройства.
12. Оценка параметров продувки ствола аналитическим методом.
13. Газодинамическая постановка задачи продувания канала ствола.
14. Численные методы решения задачи.
15. О проблеме охлаждения ствола при стрельбе.
16. Виды систем охлаждения ствола
17. Модели функционирования систем.
18. Методы расчета систем охлаждения ствола.
19. Особенности проектирования систем охлаждения замкнутого цикла.
20. Особенности проектирования систем охлаждения разомкнутого цикла.
21. Особенности проектирования систем охлаждения разомкнутого цикла
22. Особенности проектирования систем охлаждения методом впрыска охлаждающей жидкости
23. Причины теплового изгиба ствола.
24. Методы расчета теплового изгиба ствола.
25. Теплозащитные кожухи для орудий, стреляющих прямой наводкой.
26. Нагрузки, воздействующие на казенник при выстреле.
27. Особенности устройства казенников для орудий с клиновым и поршневым затворами.
28. Виды соединения ствольной трубы с казенником.
29. Методы расчета и проектирования казенников.
30. Нагрузки, воздействующие на клин затвора при выстреле.
31. Конструктивные особенности исполнения клина, связанные с его работой в составе механизмов производства и блокирования выстрела.

32. Методы расчета и проектирования клиньев затвора
33. Нагрузки, воздействующие на поршень затвора при выстреле.
34. Средства обтюрации пороховых газов в поршневом затворе.
35. Методы расчета и проектирования поршня затвора
36. Классификация механизмов затвора.
37. Особенности исполнения механизма затвора с копирной полуавтоматикой.
38. Особенности исполнения механизма затвора с пружинной полуавтоматикой
39. Особенности клинового затвора с плавающими выбрасывателями экстрактирующего гильзу механизма.
40. Виды механизмов автоматизации работы поршневого затвора.
41. Состав действующих на узлы механизма сил и реакций.
42. Защемление клина и гильзы.
43. Постановка динамической задачи расчета механизма затвора.
44. Связь законов сопротивления откату и накату с устойчивостью орудия
45. Виды противооткатных устройств.
46. Примеры использования гидроамортизаторов в механизмах автоматики орудий.
47. Гидродинамическая постановка задачи работы устройств гидравлического торможения.
48. Типы гидравлических тормозов отката-наката.
49. Выбор параметров канавочного тормоза отката с игольчатым тормозом наката.
50. Выбор параметров веретенного тормоза отката с канавочным тормозом наката.
51. Выбор параметров клапанного тормоза отката-наката
52. Использование компенсаторов теплового расширения рабочей жидкости
53. Способы регулирования отверстий истечения в гидротормозах.
54. Типы и характеристики накатников.
55. Выбор конструктивных параметров накатников
56. Особенности проектирования и расчет пружинных накатников
57. Особенности проектирования и расчет гидропневматических накатников
58. Виды уравнивания качающейся части орудия
59. Расчет и выбор параметров автономного уравнивания КЧ
60. Расчет и выбор параметров пружинных механизмов тянущего и толкающего типов
61. Расчет и выбор параметров торсионных уравнивающих механизмов
62. Расчет и выбор параметров пневматических уравнивающих механизмов
63. Разновидности систем подачи, используемых в артиллерийских орудиях
64. Динамический подход к проектированию механизмов подачи
65. Принципы построения циклограммы работы механизмов в автоматизированных системах
66. Типы досылателей в камору орудия выстрела или его элементов
67. Расчет и проектирование бросковых досылателей
68. Расчет и проектирование досылателей принудительного действия.
69. Расчет и проектирование пневматических досылателей
70. Нагрузки, воздействующие на лафет буксируемого орудия
71. Проектирование нижнего станка и колесного хода буксируемого орудия
72. Проектирование станин и сошников и передней опоры буксируемой артиллерийской установки
73. Комплекс требований, предъявляемых к шасси самоходного артиллерийского орудия
74. Нагрузки, воздействующие на шасси САО.
75. Проектирование опорных домкратов для САО на легких шасси и колесном ходе
76. Проектирование опорных сошников для САО большого огневого могущества
77. Методы уменьшения времени колебаний шасси после выстрела.

78. Нагрузки, воздействующие на люльку орудия
79. Основные типы конструкций люльки
80. Особенности проектирования и расчета цапф и цапфенных узлов.
81. Особенности проектирования короба и направляющих поверхностей люльки
82. Особенности конструкции люльки обойменно-штыревого типа
83. Основные типы механизмов наводки орудия
84. Требования, предъявляемые к механизмам наводки
85. Ручные, механизированные и автоматизированные приводы наведения
86. Проектирование передачи «винт-гайка» и червячных передач в составе механизмов наведения
87. Использование планетарно-цевочных и волновых передач с большим передаточным отношением и высоким КПД в составе механизмов наведения
88. Особенности и типы конструкции минометов
89. Требования, предъявляемые к конструкции опорной плиты.
90. Установка минометов на самоходные шасси
91. Принципы работы и особенности конструкции бесшумных минометов.

11.4 Типовое задание к лабораторной работе семестра 9

1. Изучение работы механизмов Д-30
2. Изучение работы механизмов Д-20
3. Изучение работы механизмов 2Б11
4. Изучение работы механизмов 2А65
5. Изучение работы механизмов 2С19
6. Изучение работы механизмов АК-176

11.4 Типовое задание к лабораторной работе семестра А

Вывод уравнений движения плоской задачи динамики буксируемого орудия в форме уравнений Лагранжа 2-го рода (матричным методом). Физическая и математическая модель системы.

Построение тензора инерции $[m_{ij}]$ (строки 4,5,6)

Решение

Постановка задачи

Уравнения движения Лагранжа 2-го рода представляются в виде.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i,$$

где T – кинетическая энергия движущихся звеньев; $q_i; \dot{q}_i$ – обобщенные перемещения и скорости движения звеньев; Q_i – обобщенная сила, действующая на звенья в направлении обобщенных перемещений.

Для упрощения формирования уравнений и обеспечения возможности автоматизации процесса формирования уравнений используем матричный метод.

Представим кинетическую энергию системы в виде матричной квадратичной формы:

$$2T = \dot{\vec{X}}_j^T [M_{ij}] \dot{\vec{X}}_i,$$

где $\dot{\vec{X}}_i$ – вектор скоростей массивных звеньев, $\dot{\vec{X}}_j^T$ – транспонированный вектор скоростей, $[M_{ij}]$ – тензор инерции динамической системы.

Преобразование обобщенных координат q_i в координатах НСК представим в виде:

$$\bar{X}_i = [A_{ij}(q_k)]\bar{q}_j + [B_{il}(q_k)]\bar{x}_{o1}$$

Соответственно вектор обобщенных скоростей в координатах НСК имеет вид:

$$\dot{\bar{X}}_i = \sum_k \frac{\partial}{\partial q_k} \{ [A_{ij}] \bar{q}_j + [B_{il}] \bar{x}_{o1} \} \dot{\bar{q}}_k = [R_i^k] \dot{\bar{q}}_k,$$

где $[A_{ij}]$ - матрица углового преобразования обобщенных перемещений, $[B_{il}]$ - матрица углового преобразования начальных положений центров МСК звеньев $\bar{x}_{o1}$, $[R_i^k]$ - матрица преобразования обобщенных скоростей.

Подставляем в выражение для кинетической энергии:

$$2T = \dot{\bar{q}}_r^T [R_i^r]^T [M_{ij}] [R_j^k] \dot{\bar{q}}_k$$

Рассмотрим формирование уравнений Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = \sum_j \frac{\partial^2 T}{\partial \dot{q}_i \partial \dot{q}_j} \ddot{q}_j + \sum_j \frac{\partial^2 T}{\partial \dot{q}_i \partial q_j} \dot{q}_j - \frac{\partial T}{\partial q_i}.$$

Первое выражение $\sum_j \frac{\partial^2 T}{\partial \dot{q}_i \partial \dot{q}_j} = [m_{ij}]$ перед вторыми производными представляет собой тензор инерции. Дифференцируем и получаем:

$$\sum_j \frac{\partial^2 T}{\partial \dot{q}_i \partial \dot{q}_j} = [R_i^r]^T [M_{ij}] [R_j^k] = [m_{ij}].$$

Для построения тензора инерции рассмотрим физическую и математическую модель системы.

Физическая модель динамической системы

Рассмотрим формирование уравнений движения на примере плоской задачи динамики буксируемого орудия (см. рис 8).

В качестве массивных звеньев можно принять:

- лафет (нижний и верхний станки, соединенные боевым штырем и механизмом горизонтального наведения в единую конструкцию), перемещающийся в плоскости чертежа по трем направлениям - двум поступательным и одному угловому.
- качающаяся часть (люлька с перемещающимися откатными частями), перемещающаяся относительно лафета в угловом направлении.
- откатные части (ствол с казенником и установленными на нем механизмами), перемещающиеся по направляющим вдоль оси стрельбы (отката).
- снаряд, перемещающийся вдоль оси канала ствола.

Для удобства записи индексов введем следующие сокращенные обозначения массивных звеньев: лафет - лф, качающаяся часть - кч, откатные части - от, снаряд - сн.

В качестве упругих звеньев принимают опорные устройства, которыми лафет опирается на грунт (станины, сошники, колеса, поддон у тяжелых орудий);

подъемный механизм, соединяющий качающую часть с лафетом;

противооткатные устройства (тормоз отката и накатник), соединяющие люльку и откатные части;

пороховой газ, внутри канала ствола, воздействующий на откатные части снаряд при выстреле.

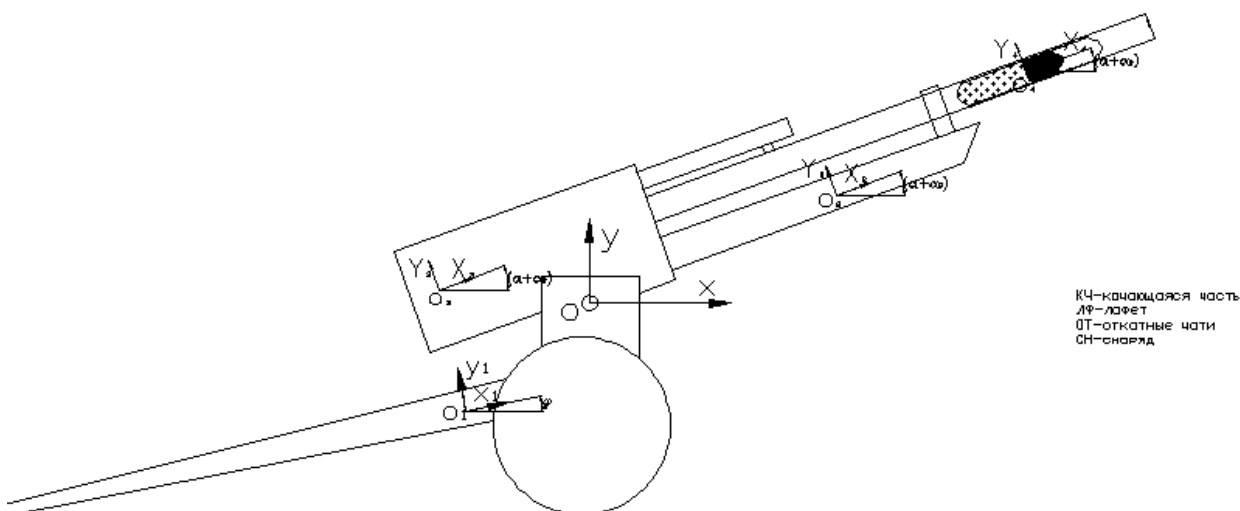
Последние два упругих звена являются типично нелинейными и нередко задаются законом изменения параметров, определяемым из решения задачи внутренней баллистики и отката.

Для упрощения вывода малоинерционные звенья, связанные с движением узлов механизмов орудия не рассматриваем.

Таким образом, физическая модель включает 4 элемента (ЭФМ):

- стойка (грунт) - лафет;
- лафет - качающаяся часть;
- качающаяся часть - откатные части;
- откатные части - снаряд.

Математическая модель динамической системы



Выбор системы координат.

В качестве неподвижной системы координат выбирают правую прямоугольную систему координат, связанную со стойкой. Ось OX располагается горизонтально в направление стрельбы, ось OY – вертикально. Центром O такой системы можно взять любую точку плоскости. Некоторые удобства представляет положение, когда в качестве центра НСК принимается ось цапф орудия перед выстрелом.

Местные системы координат связываются с массивными звеньями системы.

$O_1X_1Y_1$ – система связанная с лафетом с центром O_1 (точка центра масс лафета), и углом поворота относительно НСК - φ .

$O_2X_2Y_2$ – система связанная с люлькой с центром O_2 (точка центра масс люльки), и углом поворота относительно НСК – $(\alpha + \alpha_0)$

$O_3X_3Y_3$ – система координат, связанная с откатными частями с центром O_3 (точка центра масс откатных частей), и поворотом относительно НСК - $(\alpha + \alpha_0)$.

$O_4X_4Y_4$ – система связанная со снарядом с центром O_4 (точка центра масс снаряда), и углом поворота относительно НСК - $(\alpha + \alpha_0)$.

Здесь α_0 - угол вертикального наведения,

α - динамический угол изменения угла наведения при выстреле.

Обобщенные координаты (обобщенные перемещения).

В качестве обобщенных координат (перемещений) удобно выбрать:

X, Y, φ - положение оси цапф на лафете относительно осей НСК (перемещение оси цапф относительно НСК - $\delta X, \delta Y$), угол положения лафета φ (угловой разворот - $\delta\varphi$).

α - угловое положения качающейся части ($\delta\alpha$ - угловое перемещение качающейся части).

$X_{от}$ – положение откатных частей вдоль оси отката – оси абсцисс местной системы координат $O_3X_3Y_3$ (соответствующие перемещение $\delta X_{от}$).

$X_{сн}$ – положение снаряда вдоль оси выстрела – оси абсцисс местной системы координат $O_4X_4Y_4$ (соответствующие линейное перемещение $\delta X_{сн}$).

Вывод выражения для кинематической и потенциальной энергии.

Очевидно, что для вывода выражений энергии необходимо вывести выражение для обобщенного перемещения, а затем обобщенной скорости.

а) Выражение для обобщенного перемещения.

В соответствие с правилами преобразования систем координат с несовпадающими центрами имеем:

$$\bar{X}_M - \bar{X}_{0i} = [A_{\varphi i}] \cdot \bar{x}_M^i, \text{ где}$$

$\bar{X}_M$ - вектор координат произвольной точки М в НСК;

$\bar{X}_{0i}$ - вектор координат центра i – МСК в НСК;

$\bar{x}_M^i$ - вектор координаты точки М в i – МСК.

$$[A_{\varphi i}] = \begin{bmatrix} \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i \\ \sin \varphi_i & \cos \varphi_i \end{bmatrix} - \text{матрица углового преобразования i – МСК в НСК.}$$

С учетом этого координаты центра масс лафета в произвольный момент времени выразятся:

$$\bar{X}_{01} = \bar{X} - [A_{\varphi}] \cdot \bar{x}_1^{ou};$$

разложив на составляющие осям НСК получим

$$X_{01} = X - x_1^{ou} \cdot \cos \varphi + y_1^{ou} \cdot \sin \varphi$$

$$Y_{01} = Y - x_1^{ou} \cdot \sin \varphi - y_1^{ou} \cdot \cos \varphi.$$

координаты центра масс люльки аналогично выразятся:

$$\bar{X}_{02} = \bar{X} - [A_{(\alpha+\alpha_0)}] \cdot \bar{x}_2^{ou};$$

$$X_{02} = X - x_2^{ou} \cdot \cos(\alpha + \alpha_0) + y_2^{ou} \cdot \sin(\alpha + \alpha_0);$$

$$Y_{02} = Y - x_2^{ou} \cdot \sin(\alpha + \alpha_0) - y_2^{ou} \cdot \cos(\alpha + \alpha_0).$$

Координаты центра масс откатных частей выразятся:

$$\bar{X}_{03} = \bar{X}_{02} + (\bar{X}_{03} - \bar{X}_{02})$$

$$\bar{X}_{03} = \bar{X} - [A_{(\alpha+\alpha_0)}] \cdot \bar{x}_2^{ou} + [A_{(\alpha+\alpha_0)}] \cdot (\bar{x}_{om} + \bar{x}_2^{03}) =$$

$$= \bar{X} - [A_{(\alpha+\alpha_0)}] \cdot (-\bar{x}_{om} - (\bar{x}_2^{03} - \bar{x}_2^{ou})) = \bar{X} - [A_{(\alpha+\alpha_0)}] \cdot (-\bar{x}_{om} + x_3^c)$$

Расписывая преобразования по координатам, получим:

$$X_{03} = X + (x_{om} - x_3^{ou}) \cdot \cos(\alpha + \alpha_0) - y_3^{ou} \sin(\alpha + \alpha_0)$$

$$Y_{03} = Y + (x_{om} - x_3^{ou}) \cdot \sin(\alpha + \alpha_0) + y_3^{ou} \cos(\alpha + \alpha_0)$$

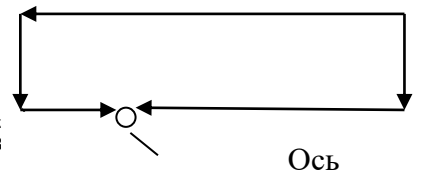
$x_3^{ou}; y_3^{ou}$ - координаты оси цапф в МСК откатных частей в начальном состоянии перед откатом.

Аналогично координаты центра масс снаряда выразятся:

$$X_{04} = X + (x_{сн} + x_{om} - x_4^{ou}) \cdot \cos(\alpha + \alpha_0) - y_4^{ou} \cdot \sin(\alpha + \alpha_0)$$

$$Y_{04} = Y + (x_{сн} + x_{om} - x_4^{ou}) \cdot \sin(\alpha + \alpha_0) - y_4^{ou} \cos(\alpha + \alpha_0)$$

Для сокращения записи заменим везде ОЦ на О и примем $y_4^{ou} = 0$.



Преобразование связи координат в матричную форму.

Представим преобразования координат п.3 в виде матриц $[A_{ij}]$ и $[B_{il}]$:

Матрица $[A_{ij}]$

$x_{oi} \backslash q_i$	X	Y	φ	α	$X_{от}$	$X_{сн}$
X_{01}	1					
Y_{01}		1				
φ			1			
X_{02}	1					
Y_{02}		1				
α				1		
X_{03}	1				$\cos(\alpha+\alpha_0)$	
Y_{03}		1			$\sin(\alpha+\alpha_0)$	
X_{04}	1				$\cos(\alpha+\alpha_0)$	$\cos(\alpha+\alpha_0)$
Y_{04}		1			$\sin(\alpha+\alpha_0)$	$\sin(\alpha+\alpha_0)$

Из строк матрицы $[A_{ij}]$ получают помеченные в таблице координаты массивных тел системы в НСК. Над столбцами размещены компоненты вектора обобщенных координат, на которые перемножаются строки матрицы для выражения координат НСК.

Матрица $[B_{il}]$

	x_1^0	y_1^0	φ^0	x_2^0	y_2^0	α^0	x_3^0	y_3^0	x_4^0	y_4^0
X_{01}	$-\cos\varphi$	$\sin\varphi$								
Y_{01}	$-\sin\varphi$	$-\cos\varphi$								
φ^0			1							
X_{02}				$-\cos(\alpha+\alpha_0)$	$\sin(\alpha+\alpha_0)$					
Y_{02}				$-\sin(\alpha+\alpha_0)$	$-\cos(\alpha+\alpha_0)$					
α^0						1				
X_{03}							$-\cos(\alpha+\alpha_0)$	$\sin(\alpha+\alpha_0)$		
Y_{03}							$-\sin(\alpha+\alpha_0)$	$-\cos(\alpha+\alpha_0)$		
X_{04}									$-\cos(\alpha+\alpha_0)$	$\sin(\alpha+\alpha_0)$
Y_{04}									$-\sin(\alpha+\alpha_0)$	$-\cos(\alpha+\alpha_0)$

Из строк матрицы $[B_{il}]$ получают компоненты вектора смещения начал координат используемых местных и смещенных систем в НСК. Над столбцами размещены компоненты вектора начальных положений, заданного в удобных для подготовки исходных данных координатах, на которые перемножаются строки матрицы для выражения вектора смещения.

Построение матрицы преобразования скоростей.

$$\text{Имеем } [R_i^k] = \frac{\partial}{\partial q_k} \{ [A_{ij}] \bar{q}_j + [B_{il}] \bar{x}_{o1} \}$$

Соответственно

$$[R_1^1] = \frac{\partial}{\partial q_1} \{ [A_{1j}] \bar{q}_j + [B_{1l}] \bar{x}_{o1} \} = \left\{ [A_{11}] + \sum_{j=1}^6 \frac{\partial A_{1j}}{\partial q_1} q_j + \sum_{l=1}^9 \frac{\partial B_{1l}}{\partial q_1} \bar{x}_{o1} \right\};$$

$$[R_1^k] = \left\{ [A_{1k}] + \sum_{i=1}^6 \frac{\partial A_{ij}}{\partial q_k} q_j + \sum_{l=1}^9 \frac{\partial B_{1l}}{\partial q_k} \bar{x}_{o1} \right\} /$$

Связь между скоростями движения центров масс звеньев и обобщенными скоростями получается путем дифференцирования выражений для обобщенных перемещений:

для скорости лафета:

$$\begin{aligned} \dot{X}_{01} &= \dot{X} - (\dot{x}_1^0 \cos \varphi + y_1^0 \sin \varphi)' = \dot{X} - (\dot{x}_1^0 \cos \varphi - x_1^0 \sin \varphi \cdot \dot{\varphi} + \dot{y}_1^0 \sin \varphi + y_1^0 \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}) = \\ &= \dot{X} + \dot{\varphi} (x_1^0 \sin \varphi + y_1^0 \cos \varphi), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{01} &= \dot{Y} - (\dot{x}_1^0 \sin \varphi + y_1^0 \cos \varphi)' = \dot{Y} - (\dot{x}_1^0 \sin \varphi + x_1^0 \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} + \dot{y}_1^0 \cos \varphi - y_1^0 \sin \varphi \cdot \dot{\varphi}) = \\ &= \dot{Y} + \dot{\varphi} (-x_1^0 \cos \varphi + y_1^0 \sin \varphi); \end{aligned}$$

для скорости Ц.М. люльки:

$$\begin{aligned} \dot{X}_{02} &= \dot{X} - (\dot{x}_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0))' = \dot{X} - (\dot{x}_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) - x_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} + \dot{y}_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) + \\ &+ y_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \dot{X} + \dot{\alpha} (x_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0)), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{02} &= \dot{Y} - (\dot{x}_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0))' = \\ &= \dot{Y} - (\dot{x}_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) + x_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} + \dot{y}_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) - y_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \\ &= \dot{Y} + \dot{\alpha} (-x_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0)); \end{aligned}$$

для скорости Ц.М. откатных частей:

$$\begin{aligned} \dot{X}_{03} &= \dot{X} + ((x_{OT} - x_3^0) \cos(\alpha + \alpha_0) - y_3^0 \sin(\alpha + \alpha_0))' = \\ &= \dot{X} + ((x_{OT} - x_3^0)' \cos(\alpha + \alpha_0) - (x_{OT} - x_3^0) \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} - \dot{y}_3^0 \sin(\alpha + \alpha_0) - y_3^0 \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \\ &= \dot{X} + \dot{\alpha} [(x_3^0 - x_{OT}) \sin(\alpha + \alpha_0) + y_3^0 \cos(\alpha + \alpha_0)] + \dot{x}_{OT} \cos(\alpha + \alpha_0), \\ \dot{Y}_{03} &= \dot{Y} + ((x_{OT} - x_3^0) \sin(\alpha + \alpha_0) + y_3^0 \cos(\alpha + \alpha_0))' = \\ &= \dot{Y} + ((x_{OT} - x_3^0)' \sin(\alpha + \alpha_0) + (x_{OT} - x_3^0) \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} + \dot{y}_3^0 \cos(\alpha + \alpha_0) - y_3^0 \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \\ &= \dot{Y} + \dot{\alpha} [-(x_3^0 - x_{OT}) \cos(\alpha + \alpha_0) + y_3^0 \sin(\alpha + \alpha_0)] + \dot{x}_{OT} \sin(\alpha + \alpha_0); \end{aligned}$$

для скорости Ц.М. снаряда:

$$\begin{aligned} \dot{X}_{04} &= \dot{X} + ((x_{CH} + x_{OT} - x_4^0) \cos(\alpha + \alpha_0) - y_4^0 \sin(\alpha + \alpha_0))' = \\ &= \dot{X} + ((x_{CH} + x_{OT} + x_4^0)' \cos(\alpha + \alpha_0) - (x_{CH} + x_{OT} + x_4^0) \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} - \dot{y}_4^0 \sin(\alpha + \alpha_0) - \\ &- y_4^0 \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \dot{X} + \dot{\alpha} (x_4^0 - x_{CH} - x_{OT}) \sin(\alpha + \alpha_0) + (\dot{x}_{CH} + \dot{x}_{OT}) \cos(\alpha + \alpha_0), \\ \dot{Y}_{04} &= \dot{Y} + ((x_{CH} + x_{OT} + x_4^0) \sin(\alpha + \alpha_0) + y_4^0 \cos(\alpha + \alpha_0))' = \\ &= \dot{Y} + ((x_{CH} + x_{OT} + x_4^0)' \sin(\alpha + \alpha_0) + (x_{CH} + x_{OT} + x_4^0) \cos(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha} + \dot{y}_4^0 \cos(\alpha + \alpha_0) - \\ &- y_4^0 \sin(\alpha + \alpha_0) \cdot \dot{\alpha}) = \dot{Y} - \dot{\alpha} (x_4^0 - x_{CH} - x_{OT}) \cos(\alpha + \alpha_0) + (\dot{x}_{CH} + \dot{x}_{OT}) \sin(\alpha + \alpha_0); \end{aligned}$$

Тогда вид матрицы преобразований скорости $[R_i^j]$:

	X	Y	φ	α	X_{OT}	X_{CH}
X_{01}	1		$x_1^0 \sin \varphi + y_1^0 \cos \varphi$			
Y_{01}		1	$-x_1^0 \cos \varphi + y_1^0 \sin \varphi$			
φ			1			
X_{02}	1			$x_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0)$		
Y_{02}		1		$-x_2^0 \cos(\alpha + \alpha_0) + y_2^0 \sin(\alpha + \alpha_0)$		
α				1		
X_{03}	1			$(x_3^0 - x_{OT}) \sin(\alpha + \alpha_0) + y_3^0 \cos(\alpha + \alpha_0)$	$\cos(\alpha + \alpha_0)$	
Y_{03}		1		$-(x_3^0 - x_{OT}) \cos(\alpha + \alpha_0) + y_3^0 \sin(\alpha + \alpha_0)$	$\sin(\alpha + \alpha_0)$	
X_{04}	1			$(x_4^0 - x_{CH} - x_{OT}) \sin(\alpha + \alpha_0)$	$\cos(\alpha + \alpha_0)$	$\cos(\alpha + \alpha_0)$
Y_{04}		1		$-(x_4^0 - x_{CH} - x_{OT}) \cos(\alpha + \alpha_0)$	$\sin(\alpha + \alpha_0)$	$\sin(\alpha + \alpha_0)$

Вид матрицы масс исходной системы $[M_{rk}]$

	X_{01}	Y_{01}	φ	X_{02}	Y_{02}	α	X_{03}	Y_{03}	X_{04}	Y_{04}
X_{01}	$m_{лф}$									
Y_{01}		$m_{лф}$								
φ			$J_{лф}$							
X_{02}				$m_{л}$						
Y_{02}					$m_{л}$					
α						$J_{л} + J_{от}$				
X_{03}							$m_{от}$			
Y_{03}								$m_{от}$		
X_{04}									m_{ch}	
Y_{04}										m_{ch}

$J_{лф}$, $J_{л}$, $J_{от}$ - моменты инерции, лафета, люльки и откатных частей относительно собственных центров тяжести.

Формирование тензора инерции системы в обобщенных координатах

$$[m_{ij}] = [R_i^r]^T [M_{ij}] [R_j^k]$$

$$[m_{ij}]_{(6 \times 6)} = [R_i^r]_{(6 \times 10)}^T \times [M_{ij}]_{(10 \times 10)} \times [R_j^k]_{(10 \times 6)}$$

Выражения для членов тензора инерции:

$$m_{11} = m_{лф} + m_{л} + m_{от} + m_{ch};$$

$$m_{12} = m_{21} = 0;$$

$$m_{13} = m_{31} = m_{лф} \cdot (x_1^0 \cdot \sin \varphi + y_1^0 \cdot \cos \varphi);$$

$$m_{15} = m_{51} = (m_{от} + m_{ch}) \cos(\alpha + \alpha_0);$$

$$m_{16} = m_{61} = m_{ch} \cos(\alpha + \alpha_0);$$

$$\begin{aligned} m_{22} &= m_{\text{лф}} + m_{\text{л}} + m_{\text{от}} + m_{\text{ч}}; \\ m_{23} = m_{32} &= m_{\text{лф}} (-x_1^0 \cos \varphi + y_1^0 \sin \varphi); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{25} = m_{52} &= (m_{\text{от}} + m_{\text{ч}}) \sin(\alpha + \alpha_0); \\ m_{26} = m_{62} &= m_{\text{ч}} \sin(\alpha + \alpha_0); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{34} = m_{43} &= 0; \\ m_{35} = m_{53} &= 0; \\ m_{36} = m_{63} &= 0; \end{aligned}$$

$$m_{44} = (J_{\text{л}} + J_{\text{от}}) + m_{\text{л}} \left[\left(x_2^0 \right)^2 + \left(y_2^0 \right)^2 \right] + \left[\left(x_3^0 - x_{\text{от}} \right)^2 + \left(y_3^0 \right)^2 \right] + m_{\text{ч}} (x_4^0 - x_{\text{от}} - x_{\text{ч}})^2;$$

$$\begin{aligned} m_{45} = m_{54} &= m_{\text{от}}; \\ m_{46} = m_{64} &= 0; \\ m_{55} &= (m_{\text{от}} + m_{\text{ч}}); \\ m_{56} = m_{65} &= m_{\text{ч}}; \\ m_{66} &= m_{\text{ч}}; \end{aligned}$$

11.3 Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену:

1. Структурная схема механической системы при представлении ее твердотельной моделью с упругими, диссипативными связями и зазорами.
2. Параметры системы, исследуемые динамической моделью.
3. Критерии качества проектирования, исследуемые динамической моделью.
4. Типы звеньев физической модели и их определения.
5. Разделение механической системы на ЭФМ. Определение ЭФМ. Звенья, образующие ЭФМ. Свойства системы, отражаемые ЭФМ.
6. Уравнения и соотношения, образующие математическую модель.
7. Свойства, отражаемые каждым видом уравнения и каждым соотношением.
8. Виды систем координат, используемые в динамической модели.
9. Особенности применения различных систем координат.
10. Преобразование систем координат. Углы Эйлера, используемые для связи различных систем координат.
11. Вывести преобразование координат для случая плоскости
12. Вывести преобразование скоростей в различных системах координат для случая плоскости.
13. Виды уравнений движения. Записать общие формулы. Пояснить их элементы.
14. Как выбираются обобщенные перемещения (общий принцип)?
15. Как строятся обобщенные силы (общий принцип)?
16. Структура уравнения движения. Пояснить ее элементы
17. Что такое тензор инерции?
18. Принципы построения матриц преобразования системы обобщенных координат в НСК.
19. Отличие уравнений квазиравновесия от уравнений движения.
20. Как расставить реакции в кинематических парах различного вида. Связать представления с системами координат.
21. Клеточная форма представления матрицы уравнений квазиравновесия для кинематической пары.
22. Особенности представление сил трения
23. Вид уравнений в упругом звене.
24. Расставить реакции и записать уравнения квазиравновесия для одного указанного звена в плоской модели.
25. Что такое «реактивные коэффициенты» и как они вычисляются.
26. Принцип построения уравнений связи методом векторных контуров.
27. Полное название уравнений связи.
28. Геометрическая и кинематическая форма уравнений связи. Дифференциальные уравнения, позволяющие связать геометрическую и кинематическую формы.
29. Уравнения, связывающие звенья в кинематической паре типа «копир».
30. Уравнения, связывающие звенья в параллельных плоскостях, соединенные упругим звеном.
31. Построить и записать в векторной форме уравнения связи указанного участка механизма.
32. Представление силы в упругом звене. Деформативная и диссипативная составляющие.
33. Представление функций потенциальной энергии и функции Релея через величину и скорость деформации.
34. Как учитывается зазор при определении силы в упругом звене.
35. Вид графиков нагрузки: без учета диссипации и зазора, - с учетом диссипации, но без зазора, с учетом диссипации и зазора.
36. Что такое петля гистерезиса? Чему равна площадь петли гистерезиса?
37. Что такое податливость и жесткость звена? Тензор податливости.

38. Что такое упругий узел при определении упругих свойств звена?
39. Что такое приведенная к упругому звену податливость участка механизма?
40. Принцип приведения к упругому звену податливости участка механизма.
41. Формула для приведения к упругому звену податливости участка механизма с использованием «реактивных коэффициентов».
42. Свойства упругого звена при контакте в нескольких точках.
43. Как влияют перекрестные члены тензора податливости на оценку энергетического баланса.
44. Что такое приведенный к упругому звену зазор, отражающий зазоры в кинематических парах участка механизма.
45. Принципы приведения зазоров к упругому звену.
46. Представление зазора в кинематических парах различного вида.
47. Какие процессы отражает свойство диссипации энергии?
48. 3 способа представления диссипации энергии в динамических моделях.
49. Что такое коэффициент диссипации? Как он связан с функцией Релея?
50. Что такое логарифмический декремент затухания? Как его вычислить по графику функции процесса колебаний?
51. Что такое коэффициент удельного рассеивания энергии? Как его вычислить по графику функции процесса колебаний?
52. Принцип приведения к упругому звену диссипации энергии на участке механизма
53. Как производится первичная оценка параметров диссипации при анализе динамики механизма?
54. Как производится оценка параметров диссипации при наличии результатов экспериментальных исследований?
55. Принцип приведения массы малоинерционных звеньев ЭФМ к массивным звеньям.
56. Как используются уравнения неразрывности движения и деформации при приведении масс?
57. Два способа определения начального положения системы и начальных условий системы дифференциальных уравнений.
58. Что такое метод предпуска и как он реализуется?
59. Что такое собственные, вынужденные и сопровождающие колебания?
60. Представить виды парциальных систем. Записать формулы для круговой частоты, частоты и периода собственных колебаний.
61. Что такое резонанс. Когда он возникает в колеблющейся системе?
62. Вид графика коэффициента динамичности при резонансе. Влияние диссипации на развитие резонанса.
63. Когда возникают биения в колеблющейся системе?
64. Главные колебания и собственные формы колебаний в многомассовой колебательной системе.
65. Принципы разделения механической системы на ЭФМ.
66. Какие параметры должны быть подготовлены для разделения?
67. Какие участки механической системы преобразуются при разделении?
68. Какой критерий определяет необходимость преобразования?
69. Расчетная схема буксируемой артустановки.
70. Обобщенные координаты, степени свободы.
71. ЭФМ1. «Нижний станок – грунт».
72. Обобщенные координаты, степени свободы,
73. уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформации.
74. ЭФМ2 «Нижний – верхний станок»

75. Обобщенные координаты, степени свободы.
76. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
77. Выражение для момента на поворотном механизме.
78. ЭФМ3 «Верхний станок – люлька».
79. Обобщенные координаты, степени свободы.
80. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
81. Выражение для момента на подъемном механизме.
82. ЭФМ4 «Люлька – откатные части»
83. Обобщенные координаты, степени свободы.
84. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
85. ЭФМ5. «откатные части – снаряд».
86. Обобщенные координаты, степени свободы.
87. Уравнения квазиравновесия, неразрывности движения и деформаций.
88. Формирование поля деформаций в грунте при нагружении.
89. Классы грунтов и их механические характеристики.
90. Распространение ударной волны.
91. Определение реакций на сошнике опорно-сошникового устройства.
92. Вывод соотношений.
93. Основные требования к элементам конструкции при проектировании буксируемых артустановок.
94. Расчетная схема самоходной артустановки.
95. Обобщенные координаты и степени свободы в полной и упрощенной постановках.
96. ЭФМ1. «Корпус - грунт».
97. Обобщенные координаты, степени свободы.
98. Особенности устройства упругого звена.
99. Уравнения неразрывности движения и деформаций.
100. Усилия взаимодействия с грунтом.
101. ЭФМ2. «Корпус – верхний станок».
102. Обобщенные координаты и степени свободы.
103. Особенности исполнения опорно-поворотного устройства.
104. Основные требования к проектированию самоходной артустановки.
105. Расчетная схема корабельной артустановки.
106. Обобщенные координаты и степени свободы.
107. Формирование нагрузок от воздействия волнующегося моря на корпус корабля.
108. Особенности проектирования корабельных артустановок.
109. Особенности постановки и методы решения транспортной задачи.
110. Способы задания микропрофиля дороги.
111. Корреляционная функция профиля дороги
112. Функция спектральной плотности профиля дороги.
113. Основные приемы решения транспортной задачи частотным методом
114. Передаточная функция.
115. Амплитудно-фазово-частотная и амплитудно-частотная характеристики.
116. Основные требования к проектированию и испытаниям артустановки как транспортной единицы.
117. Описание задачи утыкания ствола танковой пушки в грунт при движении по пересеченной местности.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИПТМ:

_____ Панов А.Ю.

“ ____ ” _____ 2021 г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Б1.Б.44 Проектирование спецмашин»

для подготовки специалистов

Направление: {шифр – название} 17.05.02 - Стрелково-пушечное,
артиллерийское и ракетное оружие

Направленность: Артиллерийское оружие

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 3

Семестр 9,А

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2021 г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1)
- 2)
- 3)

Разработчик : Зотов А.В.- старший преподаватель
«__» _____ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Артиллерийское вооружение»
протокол № _____ от «__» _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ Закаменных Г.И.

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой Артиллерийское вооружение
_____ Г. И. Закаменных «__» _____ 2021 г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 2021 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Проектирование спецмашин»
ОП ВО по направлению шифр 17.05.02, направленность «Артиллерийское оружие»
(квалификация выпускника –специалист)

Бенсон В. В., главный научный сотрудник АО « ЦНИИ « Буревестник» , к.т.н, проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Проектирование спецмашин» ОП ВО по направлению шифр – «17.05.02», направленность «Артиллерийское оружие» (специалитет) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Артиллерийское вооружение».

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению шифр – «17.05.02». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления шифр 17.05.02.

В соответствии с Программой за дисциплиной «Проектирование спецмашин» закреплено 3 компетенции. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях.

Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Проектирование спецмашин» составляет 9 зачётных единицы (324 часа).Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Проектирование спецмашин» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению шифр – 17.05.02 и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления шифр17.05.02.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, участие в тестировании), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления шифр 17.05.02.

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 8 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 наименований, Интернет-ресурсы – 5 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления шифр 17.05.02.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины « Проектирование спецмашин» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Физические основы устройства оружия».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины « Проектирование спецмашин» ОПОП ВО по направлению *шифр* 17.05.02, направленность «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие» (квалификация выпускника – специалист), разработанная Зотовым А.В, старший преподаватель соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Бенсон В. В., главный научный сотрудник АО « ЦНИИ « Буревестник» , к.т.н,
_____ «3» 06 2021г.

Подпись рецензента Бенсона В.В
заверяю

начальник отдела по управлению персоналом
АО « ЦНИИ « Буревестник» _____

И.В. Ловицкая