

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 22 » декабря 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Системно-техническое проектирование ракетного и ствольного
оружия
_____ (наименование)

Форма обучения: _____ очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и
ракетное оружие
_____ (код и наименование направления)

Направленность: _____ Артиллерийское оружие
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Получение знаний, умений и навыков в решении технических проблем и задач совершенствования существующих и поиска новых, более эффективных конструкторско-технологических решений, в том числе превосходящих мировой качественный уровень систем вооружения, обучение основам системотехнического, формализованного подхода к вопросам проектирования образцов техники на основе развития навыков системного анализа проектных решений, моделирования процессов функционирования машин, решения задач структурного и параметрического синтеза и оптимизации технических объектов при выполнении проектно-конструкторских работ.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- традиционные методы описания и проектирования технических объектов, цели и задачи основных стадий проектирования;
- функциональные структуры технических объектов, физико-технические эффекты, принципы формирования физических принципов действия;
- существующие методы решения задач синтеза и оптимизации физических принципов действия, структур и параметров технических объектов;
- математические модели решения оптимизационных задач системотехнического проектирования;
- автоматизированные процедуры проектирования объектов СПАРО с использованием вычислительной техники

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-10	ИД-1ОПК-10	Знает: – о существующих подходах и методах системотехнического проектирования с использованием системно-функционального анализа технических объектов; – возможные схемы процессов проектирования на основе многоуровневого иерархического описания объектов.	Знает способы применения методов математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения.	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-10	ИД-2ОПК-10	Умеет выполнять системно-функциональный анализ и структурирование объекта техники по всем иерархическим уровням	Умеет применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения.	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-10	ИД-3ОПК-10	Владеет: – методами и приемами решения задач синтеза технических объектов, поиска наилучших технических решений и оптимизации их параметров; – построения функциональных структур технических объектов и технологических процессов, разделения технического объекта, определения области работоспособности, решения задач оптимизации	Владеет навыками применения методов математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения.	Экзамен
ОПК-15	ИД-1ОПК-15	Знает традиционные методы проектирования технических объектов, стадии и этапы проектирования, состав и структуру технических заданий	Знает способы четкого формулирования целей и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-15	ИД-2ОПК-15	Умеет использовать традиционные методы проектирования при разработке тактико-технических заданий	Умеет четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-15	ИД-3ОПК-15	Владеет навыком формулирования целей и задач проектирования технических объектов	Владеет навыками четкого формулирования целей и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	112	48	64
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	48	22	26
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	60	24	36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	140	96	44
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
9-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Проектирование технических объектов и их системный анализ	7	0	8	35
<p>Тема 1. Общие сведения о проектировании технических объектов (ТО) Традиционные методы проектирования и их недостатки. Современные проблемы теории проектирования. Иерархия описания технических объектов. Понятия объекта и технологии. Модели технических объектов и их значение при проектировании.</p> <p>Тема 2. Системный анализ технических объектов Системный анализ: основные понятия и определения, методология. Функция ТО (потребность), техническая функция, физическая операция, конструктивная и потоковая функциональные структуры, физический принцип действия, техническое решение. Функциональный и объективный подход к проектированию. Декомпозиция целей, функций и объектов. Логичность описания ТО. Построение структур различных ТО на примерах изделий машиностроения, строительства, электротехники и электроники.</p>				
Содержание и этапы проектирования технических объектов	11	0	12	45
<p>Тема 3. Задачи синтеза при реализации проектирования Общие сведения о задачах синтеза и оптимизации технических объектов. Синтез принципов действия (ФПД). Синтез структуры (СС). Синтез параметров (СП). Фонд физико-технических эффектов. Построение схемы ФПД и её связь с функциональной структурой. Морфологический анализ и комбинаторика.</p> <p>Тема 4. Стадии и этапы проектирования ТО Стадии и этапы проектирования. Начальные и конечные описания стадий и этапов проектирования. Формы и преобразования технических описаний. Проектные процедуры и операции. Уровни математических моделей и их взаимосвязь со стадиями проектирования. Методы корректировки математических моделей применительно к стадиям проектирования. Информационная технология проектирования. Методы формирования и состав технических заданий.</p>				
Формализация задач синтеза технических объектов	4	0	4	16
<p>Тема 5. Формализация задач синтеза технических объектов Задачи синтеза технических объектов. Возможности формализации задач синтеза</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
принципов действия, синтеза структуры, синтеза параметров. Иерархические уровни проектирования. Параметры системы и ее элементов на иерархическом уровне. Структура технического задания на проектирование. Область работоспособности технического объекта, ее геометрическая интерпретация, некоторые примеры ее формирования.				
ИТОГО по 9-му семестру	22	0	24	96
10-й семестр				
Методы решения задач оптимизации при системотехническом проектировании объектов	12	0	13	20
Тема 6. Методологические основы построения и решения задач синтеза и оптимизации Понятие наилучшего технического решения. Задачи синтеза и оптимизации технического объекта. Графическое решение задачи оптимизации. Критерии оптимизации: частные и комплексные. Безусловная и условная оптимизация (задача математического программирования). Задачи линейной и нелинейной оптимизации: формулировка задач. Свойства выпуклых функций. Тема 7. Решение задач линейной оптимизации Постановка задачи линейного программирования (ЛП) в общей, стандартной и канонической формах. Теоретические основы симплексного метода ЛП. Решение задачи ЛП с известным исходным опорным планом (задача по использованию ресурсов). Задача ЛП с искусственным базисом (расширенная задача). Основная и двойственная задача линейного программирования. Тема 8. Решения задач нелинейной оптимизации на основе функционального анализа Аналитическое решение задач безусловной оптимизации. Исследование выпуклых функций многих переменных на экстремум. Метод множителей Лагранжа для решения задач условной оптимизации с жесткими ограничениями. Активность ограничений. Экономический смысл множителей Лагранжа. Условия Куна-Таккера и использование метода множителей Лагранжа для решения задач с нежесткими ограничениями-неравенствами.				
Численные методы решения задач параметрической оптимизации	10	0	18	18
Тема 9. Численные методы решения задач безусловной оптимизации Регулярные и случайные методы оптимизации. Основное генерирующее соотношение регулярных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
методов. Классификация численных методов. Методы одномерной оптимизации: дихотомический, метод Фибоначчи. Методы многомерной оптимизации: нулевого порядка (методы покоординатного поиска, конфигураций, вращающихся координат, деформируемого многогранника). Методы первого порядка (методы наискорейшего спуска, сопряженных градиентов), второго порядка (методы переменной метрики, Ньютона). Сравнительный анализ сходимости численных методов на тестовых задачах. Тема 10. Численные методы решения задач условной оптимизации Постановка задачи нелинейного математического программирования. Метод возможных направлений. Понятие штрафов для задач условной оптимизации. Методы штрафных функций. Анализ сходимости методов на тестовых задачах.				
Решение задач структурной оптимизации объектов	4	0	5	6
Тема 11. Задачи структурного синтеза технических объектов Классификация задач структурного синтеза. Задачи структурно-геометрического синтеза: позиционные, метрические. Задачи структурно-топологического синтеза: компоновка, размещение, трассировка. Тема 12. Методы решения задач структурного синтеза и оптимизации Сведение задачи структурного синтеза к задаче дискретного математического программирования. Методы структурного синтеза: метод ветвей и границ, метод выделения варианта из обобщенной структуры, метод последовательного синтеза.				
ИТОГО по 10-му семестру	26	0	36	44
ИТОГО по дисциплине	48	0	60	140

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение блочно-иерархической структуры ТО
2	Определение технических функций и физических операций простых ТО
2	Построение функциональных структур ТО
3	Решение задачи синтеза физического принципа действия ТО
3	Построение И-ИЛИ дерева технических решений

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
3	Морфологический анализ структуры ТО
3	Построение схем физических принципов действия ТО
4	Решение проектной задачи с использованием специальных программных средств
4	Формирование и корректировка технического задания
5	Определение и построение области работоспособности для технических и экономических объектов
6	Построение критериев и разработка моделей задач оптимизации
7	Решение задачи линейного программирования симплексным методом (задача на использование ресурсов, расширенная задача)
7	Решение двойственной задачи линейного программирования
8	Аналитическое решение задачи безусловной оптимизации. Исследование функций нескольких переменных на экстремум
8	Решение задач условной оптимизации с жесткими ограничениями методом множителей Лагранжа
8	Решение задач условной оптимизации с нежесткими активными и неактивными ограничениями
9	Решение задачи многомерной безусловной оптимизации численными методами первого и второго порядков (методы: градиентный, сопряженных градиентов, Ньютона-Рафсона)
9	Решение задач одномерной оптимизации численными методами
9	Решение задачи многомерной безусловной оптимизации численными методами нулевого порядка (методы: деформируемого многогранника, конфигураций)
9	Анализ сходимости и точности численных методов безусловной оптимизации
10	Решение комплексной задачи моделирования и синтеза параметров конструкции технического объекта
10	Решение задачи условной оптимизации методом возможных направлений
10	Решение задачи условной оптимизации методом штрафных функций
12	Решение задач компоновки и размещения
12	Решение задачи дискретной оптимизации ТО

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Решение задач оптимизации параметров технических и технологических объектов на основе поиска максимальной эффективности функционирования
2	Решение задач оптимизации параметров технических и технологических объектов на основе поиска минимальных затрат требуемых ресурсов
3	Решение задач оптимизации параметров технических и технологических объектов на основе поиска наилучших решений с максимальной эффективностью и минимальными затратами ресурсов

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Панов В. А. Математические основы теории систем. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / В. А. Панов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	41
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Донсков А. С. Основы инженерного творчества : учебное пособие / А. С. Донсков. - Пермь: Изд-во ПШТУ, 2007.	89
2	Измаилов А. Ф. Численные методы оптимизации : учебное пособие для вузов / А. Ф. Измаилов, М. В. Солодов. - М.: Физматлит, 2008.	2

3	Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учебное пособие / А. И. Половинкин. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2016.	1
4	Схиртладзе А.Г. Проектирование нестандартного оборудования : учебник для вузов / А.Г. Схиртладзе, С.Г. Ярушин. - Москва: Новое знание, 2006.	9
2.2. Периодические издания		
1	Зарубежное военное обозрение : ежемесячный информационно-аналитический журнал / Министерство обороны России. - Москва: Красная звезда, 1921 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Основы инженерного творчества	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2979	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Математические основы теории систем. Методы оптимизации	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3315	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональный компьютер	7
Лекция	Доска	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	7

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
