

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:** \_\_\_\_\_ **Тепломассообмен в конструкциях машин** \_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ **очная** \_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ **специалитет** \_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ **144 (4)** \_\_\_\_\_  
(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

формирование комплекса знаний о тепловых процессах, протекающих в артиллерийских орудиях и реактивных двигателях на твердом топливе (РДТТ), умений и навыков расчета тепловых потоков в данной технике, температурных полей и температурных напряжений. Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплины, необходимы для грамотного проектирования специальной техники

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теплопроводность, конвективный, лучистый и сложный теплообмен, массообмен и законы, описывающие эти явления;
- методы расчета тепловых потоков, температурных полей, температурных напряжений и деформаций, скорости химической эрозии материала стенки

### 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия и законы тепломассообмена;</li> <li>– методы вычисления тепловых потоков и температур элементов конструкции;</li> <li>– особенности нагрева ствола артиллерийского орудия в процессе стрельбы;</li> <li>– предельные значения температур стенок ствола и допустимую степень нагрева тормоза отката-наката от одного выстрела;</li> <li>– влияние температурных напряжений в стенках ствола на его общее напряженное состояние;</li> <li>– влияние нагрева ствола на результаты стрельбы;</li> <li>– конструктивные мероприятия по снижению нагрева стволов, виды их искусственного охлаждения, их достоинства и недостатки;</li> <li>– особенности теплообмена в реактивных двигателях на твердом топливе</li> </ul>	<p>Знает новые методы проектирования, решения оптимизационных проектных задач, анализировать варианты решений в соответствии с принятыми глобальным и частными критериями эффективности.</p>	Тест
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вычислять количество теплоты, получаемое стволом артиллерийского орудия при выстреле;</li> <li>– рассчитывать температурное поле в стенках ствола от воздействия выстрела при одиночной и серийной стрельбе;</li> <li>– вычислять степень нагрева тормоза отката-наката при стрельбе;</li> <li>– рассчитывать тепловые потоки от продуктов</li> </ul>	<p>Умеет использовать новые методы проектирования, решения оптимизационных проектных задач, анализировать варианты решений в соответствии с принятыми глобальным и частными критериями эффективности</p>	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
		горения топлива к стенкам РДТТ		
ПК-1.4	ИД-ЗПК-1.4	Владеет навыками: – вычисления температурных напряжений в стенках ствола и их учета при оценке его общего напряженного состояния; – расчета необходимых зазоров в теплонапряженных элементах конструкции артиллерийского орудия для обеспечения его нормального функционирования	Владеет навыками использования новых методов проектирования, решения оптимизационных проектных задач, анализа вариантов решений в соответствии с принятыми глобальным и частными критериями эффективности	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	46	46	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	26	26	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	62	62	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	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	
				СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
9-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия теплообмена				
Основы теплообмена	8	0	8	22
Тема 1. Элементарные способы переноса теплоты Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Методы теории подобия. Тепловое излучение. Постановка задачи и общий метод расчета теплообмена между телами, разделенными прозрачной средой. Особенности излучения и поглощения газов. Основной закон переноса лучистой энергии в излучающе-поглощающей среде. Собственное излучение газового объема. Расчет лучистого теплообмена между газом и поверхностью твердого тела. Тема 2. Сложный теплообмен и массообмен. Сложный теплообмен. Массообмен.				
Основные задачи теории теплообмена и термоупругости в области артиллерии	9	0	8	30
Тема 3. Основные задачи теории теплообмена в области артиллерии Понятие о расчете температурного поля ствола. Нагрев ствола в процессе стрельбы. Вычисление коэффициента теплоотдачи от пороховых газов к стенкам ствола. Упрощенный метод расчета количества тепла, полученного стволом в процессе выстрела. Расчет температурного состояния ствола методом конечных разностей. Влияние нагрева ствола на результаты стрельбы. Охлаждение стволов. Расчет системы межслойного охлаждения ствола в процессе стрельбы. Расчет количества тепла, получаемого тормозом отката-наката при выстреле. Нагрев тормоза отката-наката и меры по снижению его влияния. Тема 4. Основные задачи теории термоупругости в области артиллерии Температурные напряжения при плоском деформированном состоянии. Вычисление нормальных температурных напряжений. Приведенные напряжения. Температурные деформации.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тепломассообмен в РДТТ	8	0	2	10
Тема 5. Особенности теплообмена в РДТТ Механизм теплообмена в РДТТ. Конвективный теплообмен на участке осевого течения гомогенного газового потока. Конвективный теплообмен при наличии в продуктах сгорания конденсированной фазы. Конвективный теплообмен в вихревых зонах РДТТ. Конвективный теплообмен в застойных зонах РДТТ. Конвективный теплообмен при переносе вещества. Конвективный теплообмен при химических реакциях.				
ИТОГО по 9-му семестру	26	0	18	62
ИТОГО по дисциплине	26	0	18	62

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Теплопроводность
1	Теплоотдача
1	Тепловое излучение
2	Массообмен
3	Расчет системы охлаждения ствола артиллерийского орудия
3	Теплообмен в стволах артиллерийских орудий
4	Температурные напряжения и деформации
4	Теплообмен в тормозе отката-наката
5	Теплообмен в РДТТ

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Мухачев Г. А. Термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. - Москва: Высш. шк., 1991.	247
2	Орлов Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий : учебник для вузов / Б. В. Орлов, Э. К. Ларман, В. Г. Маликов. - Москва: Машиностроение, 1976.	17
3	Орлов Б.В. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твердом топливе : учебное пособие для вузов / Б.В. Орлов, Г.Ю. Мазинг. - М.: Машиностроение, 1979.	18
4	Основы теории теплопередачи. - Новосибирск: , Изд-во НГТУ, 2008. - (Теплопередача : учебное пособие для вузов : в 2 ч.; Ч. 1).	20

5	Расчет и проектирование артиллерийских стволов и систем их охлаждения : Учеб. пособие для вузов / Б.В.Орлов,И.Н.Бочаров,А.А.Королев. - Москва: Изд-во ЦНИИ информации, 1974.	9
6	Упражнения и задачи. - Новосибирск: , Изд-во НГТУ, 2010. - (Теплопередача : учебное пособие для вузов : в 2 ч.; Ч. 2).	5
7	Щербинин А. Г. Теплопередача : учебное пособие / А. Г. Щербинин, В. В. Черняев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	14
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Артиллерийские стволы / О. Г. Агошков [и др.]. - Волгоград: , Изд-во ВолГТУ, 2017. - (Проектирование спецмашин : учебник для вузов; Ч. 1, кн. 1).	25
2	Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса / В. И. Полежаев [и др.]. - Москва: Наука, 1987.	2
3	Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / А.А. Александров [и др.]. - М.: Издат. дом МЭИ, 2007.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Теплопередача	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3619">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3619</a>	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 )
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.



#### **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)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

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

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------