

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

« 16 » декабря 20 19 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Ударные волны в твердом теле  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 15.04.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Динамика и прочность машин, конструкций и механизмов  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков исследования поведения материалов, конструкций и сплошных сред при импульсных нагрузках.

Задачи дисциплины:

- научить распознавать упругопластические и ударные волны при импульсном воздействии на твердое тело;
- научить теоретическому описанию волновых явлений при импульсном воздействии на твердое тело;
- научить экспериментальному исследованию волновых явлений при импульсном воздействии на твердое тело.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- упругопластические волны в твердом теле;
- ударные волны в твердом теле;
- поведение материала при высокоинтенсивном механическом воздействии.

### 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
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные методы и подходы к построению уравнений распространения упругопластических и ударных волн в твердом теле и к экспериментальному определению свойств материала в динамическом диапазоне;	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды;	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет формулировать уравнения распространения упруго-пластических и ударных волн в твердом теле и определять свойства материала в динамическом диапазоне;	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели;	Защита лабораторной работы
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками численного расчета процессов распространения упруго-пластических и ударных волн в твердом теле, в том числе процессов, сопровождающих нагружение образца материала в динамическом диапазоне методом Гопкинсона - Кольского;	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	8	8	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	10	10	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 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
4-й семестр				
Упруго-пластические волны и их теоретическое описание	4	2	4	21
Тема 1. Соударение с малыми скоростями. Задачи динамики конструкций. Неклассические модели динамики стержней, пластинок и оболочек. Уравнения С.П. Тимошенко, Рэлея-Лява, Бишоп и др.				
Тема 2. Распространение упругопластических волн. Волны одноосных деформаций. Волны в струнах и стержнях.				
Тема 3. Модели упругопластического поведения материалов при динамических нагрузках.				
Тема 4. Численное моделирование упругопластических волн.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Явления при импульсном воздействии на твердое тело	3	2	2	14
Тема 5. Экспериментальные методы изучения поведения материалов при высоких скоростях деформации. Стержень Гопкинсона – Кольского, метод прямого удара, цилиндр Тейлора. Тема 6. Явление тыльного откола при отражении импульса сжатия от поверхности тела. Тема 7. Проникание и пробивание твердых тел. Тема 8. Экспериментальные методы изучения проникания и пробивания твердых тел.				
Ударные волны и уравнения состояния вещества в ударных волнах	5	0	4	18
Тема 9. Элементы классической теории ударных волн. Тема 10. Ударные волны в твердых телах. Тема 11. Полиморфные превращения в ударных волнах. Тема 12. Поведение материалов под действием мощных потоков излучения. Тема 13. Уравнения состояния вещества в ударных волнах.				
Эксперимент и моделирование ударных волн и подобных явлений	4	4	0	19
Тема 14. Элементы теории детонации. Тема 15. Элементы теории взрыва в газах, жидкостях и твердых телах. Тема 16. Явление кумуляции. Тема 17. Численное моделирование ударно-волновых и взрывных процессов. Тема 18. Экспериментальные методы изучения поведения материалов в ударных волнах.				
ИТОГО по 4-му семестру	16	8	10	72
ИТОГО по дисциплине	16	8	10	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Волны одноосных деформаций в струнах и стержнях
2	Распространение упруго-пластических волн.
3	Распространение волн в разрезном стержне Гопкинсона - Кольского
4	Классические ударные волны в газовой динамике
5	Ударные волны в твердых телах

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Численное моделирование распространения упруго-пластических волн в стержне
2	Численное моделирование распространения волны в образце на сжатие методом Гопкинсона - Кольского
3	Численное моделирование распространения ударной волны в твердом теле

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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	Стулов В. П. Лекции по газовой динамике : учебник для вузов / В. П. Стулов. - Москва: Физматлит, 2004.	36
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Барботько А. И. Надёжность технических систем и техногенный риск : практикум для вузов / А. И. Барботько, В. А. Кудинов. - Старый Оскол: ТНТ, 2014.	7
2	Канель Г. И. Ударные волны в физике твердого тела / Г. И. Канель. - Москва: Физматлит, 2018.	3
3	Орленко Л. П. Физика взрыва и удара : учебное пособие для вузов / Л. П. Орленко. - М.: Физматлит, 2008.	3
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал / Институт механики; Центральный научно-исследовательский институт машиностроения. - Москва: Наука, 1966 - .	
2	Прикладная механика и техническая физика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева; Институт теоретической и прикладной механики. - Новосибирск: СО РАН, 1960 - .	
<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	Брагов А.М., Константинов А.Ю., Ломунов А.К. Экспериментально-теоретическое исследование процессов высокоскоростного деформирования и разрушения материалов различной физической природы с использованием метода Кольского и его модификаций. ННГУ, 2018. 188 с.	<a href="https://www.researchgate.net/publication/330556707_Experimentalno-teoreticeskoe_issledovanie_processov_vysokoskorostnogo_deformirovania_i_razruzenia_materialov_razlicnoj_fiziceskoj_prirody_s_ispolzovaniem_metoda_Kolskogo_i_ego_modifikacij">https://www.researchgate.net/publication/330556707_Experimentalno-teoreticeskoe_issledovanie_processov_vysokoskorostnogo_deformirovania_i_razruzenia_materialov_razlicnoj_fiziceskoj_prirody_s_ispolzovaniem_metoda_Kolskogo_i_ego_modifikacij</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 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	LS-DYNA ( Лицензия PSTU-1353 )

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Лабораторная работа	Персональные компьютеры	10
Лекция	Парты, стол преподавателя, доска, мультимедиа комплекс	1
Практическое занятие	Сервер, компьютер преподавателя, локальная сеть, проектор, экран, сеть Internet	1

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

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