

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Факультет фундаментальной физико-химической инженерии**

**«УТВЕРЖДАЮ»
Декан ФФФХИ,
академик**

Алдошин С.М. _____

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине:

«Реологические свойства конструкционных и модельных материалов при ударном нагружении»

факультет: ФФФХИ

магистерская программа: – 01.04.17 - Химическая физика

курс: 6 (магистратура)

в т.ч.:

лекции: 48 час.;

практические (семинарские) занятия: 4;

лабораторные занятия: 4;

Всего часов 56

Программу составил: д.ф-м.н., профессор Разоренов С.В.

Программа обсуждена на заседании ученого совета ФФФХИ

« ____ » _____ 2017 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью освоения дисциплины «**Реологические свойства конструкционных и модельных материалов при ударном нагружении**» является изучение основных понятий и особенностей распространения и взаимодействия ударных волн в конденсированных средах и ударно-волновых процессов в твердых телах, а также методы исследования процессов и свойств конденсированных сред при импульсных нагрузках в рамках программы по специальности 01.04.17 - Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва, физика экстремальных состояний вещества.

Задачами данного курса являются:

- освоение методов исследования механических свойств материалов в условиях воздействия ударных волн,
- ознакомление с современными методами генераторами ударных волн и регистрации их параметров;
- приобретение навыков анализа волновых взаимодействий и решения фундаментальных и прикладных задач, связанных с определением состояния за фронтом ударной волны в конкретных средах и условиях формирования;
- формирование у магистрантов способности оперировать полученными знаниями для постановки задачи и умения планировать ударно-волновой эксперимент.

2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «**Реологические свойства конструкционных и модельных материалов при ударном нагружении**» направлено на формирование следующих универсальных, общепрофессиональных и специальных профессиональных компетенций:

а) универсальные (С-УК):

- способность и стремление к совершенствованию и развитию своего интеллектуального и общекультурного уровня, умение эффективно организовывать свою деятельность и достигать поставленные цели (С-УК-1);
- способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (С-УК-2);
- способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать на практике новые знания и умения, способность интегрировать новую информацию в уже имеющуюся систему знаний и применять её, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (С-УК-3);
- способность к системному мышлению и анализу, к аналитической оценке событий и процессов в природе, технике и обществе (С-УК-4);

б) профессиональные (С-ОПК):

- способность квалифицировано применять методы и навыки сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации, способность быстро овладевать вычислительной техникой и новыми информационными технологиями, информацией в новых сферах профессиональной деятельности (С-ОПК-1);
- способность к аналитической и количественной оценке процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического и общественного характера (С-ОПК -2);
- способность генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи, нацеленность на создание нового знания, новых объектов техники и инновационных технологий (С-ОПК -3);
- способность применять современные методы обработки, хранения, представления и передачи информации, квалифицированно использовать пакеты прикладных программ по

- профилю образования (по профилю подготовки в рамках основной образовательной программы), способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (С-ОПК -4);
- способность применять подходы и методы совершенствования информационно-коммуникационных технологий в избранной предметной области (по программе специализированной подготовки магистра в рамках основной образовательной программы) (С-ОПК -5);
 - способность профессионально представлять планы и результаты своей деятельности на русском и английском языках (С-ОПК -6);
 - способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области (в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра) (С-ОПК -7);

2) специальные профессиональные (С-СПК):

- Владение новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу машин и приборов; умением обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов ((С-СПК-1)
- Владение физико-математический аппаратом, теоретическими, расчетными и экспериментальные методами исследований, методами математического и компьютерного моделирования процессов высокоскоростного деформирования и разрушения твердых тел (С-СПК-2)
- Владение навыками планирования ударно-волновых экспериментов на основе экспериментальной физики ударных волн (С-СПК-3)
- Владение анализом волновых взаимодействий при динамическом разрушении и умением определять состояния за ударной волной при известных начальных состояниях материала и условий нагружения и проводить полный анализ волновых профилей с целью расчета прочностных характеристик материала и условий динамического разрушения (С-СПК-4)

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ раздела и название	Количество часов
Раздел 1. Основные понятия экспериментальной физики ударных волн.	8
Раздел 2. Способы генерации ударных волн и методы диагностики ударно-сжатых материалов..	10
Раздел 3. Динамический предел упругости конструкционных материалов	8
Раздел 4. Динамическое разрушение твердых тел.	12
Раздел 5. Практическая работа	4
Раздел 6. Лабораторные работы	4
Раздел 7. Определяющие факторы откольного разрушения твердых тел	10
ВСЕГО.(часов)	56 часов

Содержание дисциплины

№ п/п	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
			Аудиторная работа, лекции, семинары (часы)	Лабораторные, практические занятия /часы)
1	Основные понятия экспериментальной физики ударных волн.	Понятие ударной волны и волны разрежения. Отличие ударной волны от акустических волн. Основные характеристики ударной волны. Уравнения одномерного движения в дифференциальной форме. Напряженно-деформированное состояние сплошной среды за плоской ударной волной. Понятие уравнения состояния. Динамическая жесткость материала. Волны сжатия и разрежения в упругопластическом материале. Упругий предвестник. Динамический предел текучести материала. Интерпретация результатов регистрации ударных волн. Анализ взаимодействий ударных волн и волн разрежения. Определение состояния вещества за ударной волной	8	
2	Способы генерации ударных волн и методы диагностики ударно-сжатых материалов.	Основные способы генерации ударных волн в твердых телах с помощью энергии ВВ. Особенности конструкций «взрывных пушек». Параметры ударников и диапазон их скоростей при взрывном метании. Пневматические и пороховые пушки. Параметры метаемых ударников. Диагностика ударников. Дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей. Базовые методы определения волновых скоростей. Электроконтактные датчики, метод вспыхивающих зазоров и лазерный метод измерения волновых скоростей. Пьезоэлектрические кварцевые датчики давления в ударной волне. Диэлектрические и сегнетоэлектрические датчики. Манганиновый датчик давления. Калибровочная зависимость. Магнитоэлектрический метод регистрации профилей массовой скорости. Емкостной датчик, принцип действия, конструкция. Лазерные методы измерения скорости свободных и контактных поверхностей. Лазерные доплеровские измерители скорости ударно сжатых сред, виды и конструкции интерферометров.	10	
3	Динамический предел упругости конструкционных материалов.	Особенности ударного сжатия упругопластических материалов. Упругая волна сжатия, распад разрыва в области упругопластического перехода. Определение динамического предела упругости и предела текучести ударно-сжатых конструкционных материалов...	8	
4	Динамическое разрушение	Понятие откольного разрушения, волновые взаимодействия при отколе. Виды откольного разрушения. Методы определения динамической прочности	12	

	твердых тел.	при отколе. Определение критических разрушающих напряжений при отколе ударно-сжатых материалов.		
5	Практическая работа.	Решение задач по волновому взаимодействию в твердых телах. Измерение откольной прочности металлов во взрывных экспериментах из анализа волновых профилей		4
6	Лабораторные работы	Изучение вопросов техники безопасности при проведении взрывных работ. Участие в подготовке и проведении экспериментов по регистрации параметров ударных волн с использованием ВВ и пневматической пушки ПП50.		4
7	Определяющие факторы откольного разрушения твердых тел.	Влияние условий ударного нагружения (амплитуды и длительности импульса сжатия) на сопротивление динамическому разрушению. Зависимость прочностных характеристик конструкционных материалов от температуры. Структурные факторы откольного разрушения. Динамическая прочность жидкостей и полимеров, металлических и хрупких монокристаллов, конструкционных поликристаллических металлов. Влияние размеров зерна на откольную прочность, ультрамелкозернистые материалы и их прочностные свойства.	10	

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	лекция	Устное изложение теоретического материала, изложение теоретического материала с помощью презентаций	получение теоретических знаний по дисциплине
2	Лабораторная работа	Участие в проведении реальных экспериментов со взрывными методиками	повышение степени понимания материала
3	Практические занятия	решение задач по итогам лекционных занятий и сдаются в конце изучения темы, используются конспекты лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, помощь преподавателя	осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин
4	самостоятельная работа студента	подготовка к экзамену с оценкой	повышение степени понимания материала

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1) Контрольно-измерительные материалы

1). Комплект компьютерных заданий по изучению ударно-волновых взаимодействий в средах с различной динамическим импедансом;

2). Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена

1. Понятие ударной волны и волны разрежения. Правила распространения волн сжатия и разрежения. Основные характеристики ударной волны.
2. Уравнения Ренкина-Гюгонно.
3. Понятие уравнения состояния. Динамическая жесткость материала.
4. Структура ударных волн в упруго-пластическом материале
5. Р-и и t-x анализ взаимодействий ударных волн и волн разрежения.
6. Основные способы генерации ударных волн в твердых телах с помощью баллистических установок, энергии ВВ и импульсных пучков.
7. Дискретные методы измерения волновых и массовых скоростей.
8. Методы регистрации давления ударного сжатия. Непрерывные методы регистрации эволюции ударных волн.
9. Специфика экспериментов с плоскими ударными волнами.
10. Понятие откольного разрушения. Выход треугольной волны сжатия на свободную поверхность.
11. Условия возникновения откольного разрушения в твердом теле.
12. Р-и и t-x анализ волновых взаимодействий ударных волн и волн разрежения при отколе.
13. Эволюция профиля скорости свободной поверхности при откольном разрушении.
14. Металлографическое изучение зоны откольного разрушения в сохраненных образцах.
15. Измерение толщины откольной пластины
16. Инструментальные методы измерения разрушающих напряжений.
17. Метод регистрации волновых профилей давления на границе с мягким материалом.
18. Регистрация профилей скорости свободной поверхности.
19. Определение величины растягивающих напряжений в плоскости откола в акустическом приближении.
20. Искажение волнового профиля вследствие упруго-пластического характера поведения материала.
21. Определение толщины откольной пластины.
22. Влияние условий нагружения – длительности и амплитуды ударного сжатия на сопротивление металлов откольному разрушению.
23. Температурные эффекты при откольном разрушении металлов.
24. Влияние структурных факторов на разрушающие откольные напряжения.
25. Откольная прочность поликристаллических, субмикроструктурных и монокристаллических металлов и сплавов.
26. Влияние динамической деформации на упрочнение металлов.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Канель Г.И., Разоренов С.В., Уткин А.В., Фортов В.Е.. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. 1996. М., “Янус-К”. - 402 с.

2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука. 1966. – 688 с.
3. Кальдиурола П., Кнопфель Г. Физика высоких плотностей энергии. М.: Мир. 1974. -484 с.
4. Kanel G.I., Razorenov S.V., Fortov V.E.. Shock-Wave Phenomena and Properties of Condensed Matter. 2004. Springer. – 404 p.

Дополнительная литература:

1. Райхарт Дж. С., Пирсон Дж. Поведение материалов при импульсных нагрузках. М. Ил. 1958. -420с.
2. Канель Г.И. Применение манганиновых датчиков для измерения давления ударного сжатия конденсированных сред. ВИНТИ, №477-74. Деп. -1974.
3. Скрипняк В.А., Разоренов С.В., Скрипняк Е.Г. Ударные волны в конденсированных средах. - Издательство НТЛ, Томск, 2007. - 168 с.
4. Жерноклетов М.В. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. Саров: 2003. -403 с.

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.

1. Электронная библиотека «EqWorld – Мир математических уравнений» в Институте проблем механики РАН <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

Программу составил Разоренов С.В., доктор физико-математических наук, профессор.

« _____ » _____ 2017 г.