

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА  
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
НИИ МЕХАНИКИ

ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ  
Научная конференция  
Секция механики  
15–25 апреля 2019 года  
Тезисы докладов



ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2019

УДК 531/534  
ББК 22.2  
Л753

*Публикуется по решению Ученого совета НИИ механики МГУ  
и постановлению Редакционно-издательского совета механико-математического факультета МГУ*

*Рабочая группа:*  
С.В. Гувернюк, Е.В. Заплетина, М.Ю. Рязанцева, Т.А. Якубенко

**Ломоносовские чтения.** Научная конференция. Секция механики. 15–25 апреля  
Л753 2019 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2019. —  
222 с.

ISBN 978-5-19-011444-7

Сборник включает тезисы докладов по современным направлениям механики и ряду  
междисциплинарных проблем.

**УДК 531/534  
ББК 22.2**

ISBN 978-5-19-011444-7

© Авторы, 2019  
© Механико-математический факультет МГУ, 2019  
© Издательство Московского университета, 2019

В работе рассматриваются:

1) пластина прямоугольной формы из ПКМ заданной геометрии при наличии системы расслоений эллиптической формы, произвольно расположенных между слоями пластины и имеющих разное соотношение осей. В качестве внешней нагрузки предполагается нестационарное поле давления, равномерно распределенное по поверхности пластины, которое изменяется по закону:  $p = p_0 H(t)$ , где  $H(t)$  – функция Хэвисайда,  $p_0 = 1,25$  МПа;

2) полая цилиндрическая панель из ПКМ заданной геометрии при наличии произвольно расположенных эллиптических расслоений в центре панели. На панель действует поле давления, изменяющееся по закону:  $p(\varphi, t) = -p_0 \cos^2 \varphi H(t) H(\pi/2 - |\varphi|)$ , где  $p_0 = 1$  МПа,  $\varphi$  – угловая координата. Пластина и панель выполнены в виде многослойных конструкций с симметричной укладкой монослоев:  $[+45^\circ/-45^\circ/90^\circ/0^\circ/+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/0^\circ/90^\circ/-45^\circ/+45^\circ]$ , толщина монослоя равна 0,19 мм. Материал пластины и панели – углепластик на основе препрега HexPly M21/34%/UD194/IMA-12K. Определяется поле индексов разрушения  $f$  (разрушение наступает при  $f = 1$ ) в каждый момент времени. Рассматриваются следующие критерии разрушения: maximum stress, maximum strain, Hill, Tsai-Wu, Tsai-Hill (Hill-Mises), Hankinson, Cowin, Hoffman, Puppo-Evensen, Norris, Fischer, Norris-McKinnon, DeAlia, Grant-Sanders, Puck, Hashin, Chang-Chang.

Предложенная методика численного моделирования поведения композитных пластин и панелей с учетом произвольно расположенных множественных межслоевых дефектов под действием нестационарных нагрузок различного характера может быть использована при проектировании элементов конструкций из ПКМ.

## **АНИЗОТРОПНЫЕ НАМАГНИЧИВАЮЩИЕСЯ ЭЛАСТОМЕРЫ: ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

*Д.И. Меркулов<sup>1,2</sup>, А.А. Дёмин<sup>1</sup>, Д.А. Пелевина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва;

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Предложена технология изготовления анизотропных намагничивающихся эластомеров – новых материалов, состоящих из упругой основы и диспергированных в ней цепочек ферромагнитных частиц, ориентированных вдоль некоторого направления. Добиться выстраивания частиц в ориентированные цепочки можно путем полимеризации суспензии жидкого силикона и намагничивающихся наночастиц в однородном магнитном поле. Силовым методом исследованы магнитные свойства анизотропных намагничивающихся эластомеров. Экспериментально определена зависимость коэффициентов упругости данных материалов от величины и направления магнитного поля. Рассмотрена задача о деформации сферического тела из анизотропного намагничивающегося эластомера в однородном магнитном поле. Предполагалось, что сферическое тело после деформации становится эллипсоидом вращения. Исследована магнитная и упругая энергия деформированного эллипсоидального тела. Получена зависимость безразмерной длины большей полуоси эллипсоида от напряженности приложенного магнитного поля. Экспериментальные зависимости коэффициентов упругости от магнитного поля и компоненты тензора магнитной проницаемости учтены в расчетах. Найдена критическая магнитная восприимчивость, при которой тело может иметь несколько положений равновесия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-31-00066 мол\_а).

## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАДАЧ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ДЕТОНАЦИОННЫМИ ВОЛНАМИ**

*Е.В. Михальченко<sup>1,2</sup>, В.Ф. Никитин<sup>1,2</sup>, Л.И. Стамов<sup>1,2</sup>, Ю.Г. Филиппов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва;

<sup>2</sup>ФГУ «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН», Москва

В данной работе проводилось численное трехмерное моделирование камеры сгорания двигателя с вращающейся детонационной волной. Моделируемая камера сгорания представляет собой коаксиальный полый цилиндр. Топливо подается из системы инжекторов, расположенных с торцевой части камеры, а также из стабилизирующей системы инжекторов, осуществляющих подачу топлива под прямым углом с внешней и внутренней стороны камеры сгорания. Данная система позволяет топливу с окислителем хорошо перемешиваться в случае раздельной подачи. В начальный момент времени, после поджигания горючей смеси, происходит инициация самоподдерживающейся детонационной волны, которая затем начинает вращаться вокруг внутреннего тела, потребляя горючую смесь. Продукты реакции расширяясь покидают камеру со стороны, противоположной форсункам, расположенным на входе в камеру сгорания. Первичное зажигание моделируется источником энергии, достаточно сильным для создания детонационной волны.

Для решения данной задачи была написана авторская программа. Расчеты основаны на системе уравнений для многокомпонентной газовой смеси с учетом уравнений для моделирования турбулентности и химической кинетики. При численном моделировании была использована интерполяция MUSCL переменных из центров ячеек на грани ячеек вместе с явным методом AUSM-plus, стабилизирующим схему. Используемый метод второго порядка точности как по пространству, так и по времени, за исключением малых зон сильных градиентов. Используемая химическая кинетика содержит 20 обратимых элементарных реакций с 9 компонентами. В моделировании химической кинетики использовался кинетический механизм, созданный и протестированный путем сравнения с экспериментом. Расчет скорости химических реакций производился полуявным методом. При вычислении использовалась регулярная сетка однородных кубических элементов. Программа была распараллелена. Расчеты производились на серверной системе отечественного производства АРК-5.

Рассматривалась нестационарная стадия запуска детонационного двигателя с вращающейся детонационной волной. Рассматривались варианты подачи топлива и окислителя различной концентрации. Показано, что установление режима детонации является неустойчивым процессом, на который в значительной степени влияет состав смеси.

Получен режим со стабильной вращающейся детонационной волной. Рассчитаны тяговые характеристики рассмотренного устройства.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-07-00889).