

Секция «Математика и механика»

Скользкий удар по идеальной растяжимой нити

Панфилов Дмитрий Игоревич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Механико-математический факультет, Москва, Россия

E-mail: dmitry.i.panfilov@gmail.com

Одной из мало изученных задач механики, является определение характеристик среды при движении в ней внешнего тела со скоростями близкими к скорости звуковых волн [3]. Между тем, переход через скорость звука является критическим для всех волновых задач. При решении стационарных линейных задач в газовой динамике [2] при переходе через скорость звука меняется тип уравнений. Отметим, что аналогичные эффекты характерны и для движения тел в твердых деформируемых средах, в которых присутствуют волны двух типов – продольные и поперечные. Увеличение скорости движения поездов уже приблизило эту скорость к скорости поперечных волн, характерной для «пути». Это позволяет говорить об актуальности и новизне такого рода задач, поскольку они имеют как практическую значимость, так и фундаментальный интерес.

В данной же работе рассматривается задача о внезапном движении сосредоточенной идеальной связи по бесконечной идеальной растяжимой нити со скоростью близкой или превосходящей скорость поперечных волн, которая решается в нелинейной постановке с учетом продольных и поперечных колебаний. В результате было получено автоматическое решение, которое представляет собой движение нити в виде прямолинейных звеньев, переменной длины, разделенных фронтами сильного разрыва [1]. Данное решение определяется системой из восемнадцати трансцендентных уравнений, которые возникают из условий на фронтах сильного разрыва в свободной нити, а также кинематическими и динамическими условиями на фронте вынужденного разрыва. Поскольку подобная система может быть решена только численно, для ее решения использовался пакет MAPLE. В результате были получены форма нити (Рис.1), значения деформации, угла наклона, эйлеровой и лагранжевой скоростей материальных точек нити для разных случаев движения сосредоточенной идеальной связи.

Параллельно в НИИ механики МГУ проводится эксперимент, моделирующий данную задачу. При обработке эксперимента нами были получены значения деформации впереди и за роликом в различные моменты времени. На Рис.2 для оценки поведения деформации при различных скоростях ролика, все полученные экспериментальные данные снесены на один график. Для лучшей визуализации данные соответствующие определенному моменту времени и скорости движения ролика соединены линиями. Вертикальная линия на Рис.2 представляет собой положение ролика.

Результаты эксперимента позволяют верифицировать вышеизложенное автоматическое решение, полученное численно с помощью пакета MAPLE. Данная задача является интересной практически и новой с научной точки зрения, поскольку сводится к решению динамической физически и геометрически нелинейной задачи с большими деформациями и перемещениями. Количество исследованных задач такого типа мало, поэтому теория и получение данных экспериментов для такого класса задач является важным, новым и актуальным делом.

Литература

1. Рахматулин Х.А., Шемякин Е.И., Демьянов Ю.А., Звягин А.В. Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках. М.: Университетская книга. Изд. Логос. Учеб. Пособие. 2008. 624 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Учебное пособие. Т. 1, 2. Изд. Наука. 1970
3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ. 1999. 798 с.

Слова благодарности

Автор выражает благодарность А.В. Звягину за постановку задачи и ценные замечания по работе, а также А.Ф. Зубкову и С.В. Гувернюку, оказавшим содействие при проведении экспериментов.

Иллюстрации

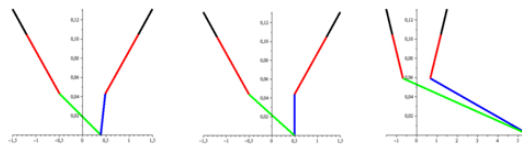


Рис. 1: Форма нити для случая движения идеальной связи со скоростью, не превосходящей скорость поперечных волн, близкой к скорости поперечных волн и превосходящей скорость поперечных волн

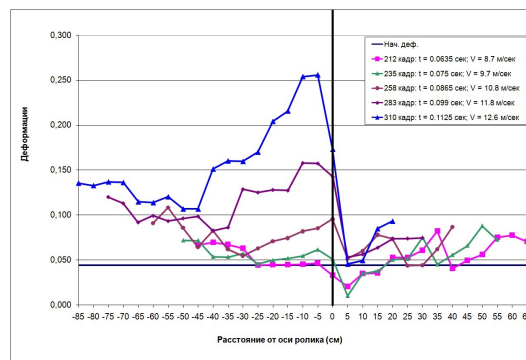


Рис. 2: Деформации, возникающие в нити впереди и за роликом при различных скоростях его движения