

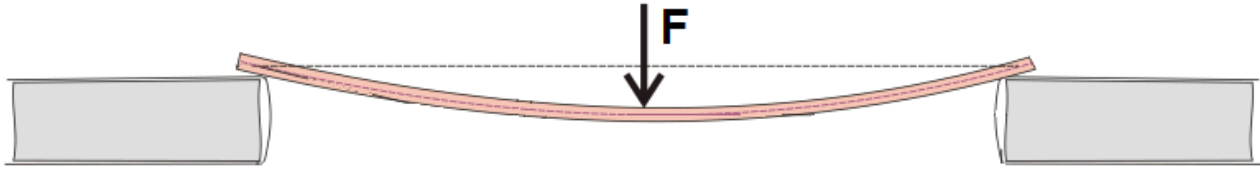
Курсовая работа
по методу динамики частиц
на тему *«Прогиб балки»*

Выполнила: Прокопенко А.Н.
Преподаватель: Ле-Захаров А.А.

Постановка задачи

Необходимо реализовать программу для моделирования методом динамики частиц на языке C#. В качестве примера используется задача прогиба балки.

На рисунке представлены условия задачи. Имеется балка, на краях которой заделка.



Постановка задачи

Для моделирования использовать FCC решётку.

Математическая модель

Взаимодействие между частицами в данной работе задаётся потенциалом Леннард-Джонса (частицы в методе динамики частиц представляют собой твёрдые тела).

Потенциал Леннард-Джонса — простая модель парного взаимодействия неполярных молекул, описывающая зависимость энергии взаимодействия двух частиц от расстояния между ними. Эта модель достаточно реалистично передаёт свойства реального взаимодействия сферических неполярных молекул и поэтому широко используется в расчётах и при компьютерном моделировании.

Парный силовой потенциал взаимодействия определяется формулой:

$$\Pi(\vec{r}) = D \left(\left(\frac{a}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{a}{r} \right)^6 \right),$$

где D — энергия связи, a — равновесное расстояние, r — расстояние между частицами.

Силу взаимодействия можно рассчитать по формуле:

$$\vec{F}(r) = -\nabla \Pi(\vec{r}) = \frac{12D}{a^2} \left(\left(\frac{a}{r} \right)^{14} - \left(\frac{a}{r} \right)^8 \right) \vec{r}$$

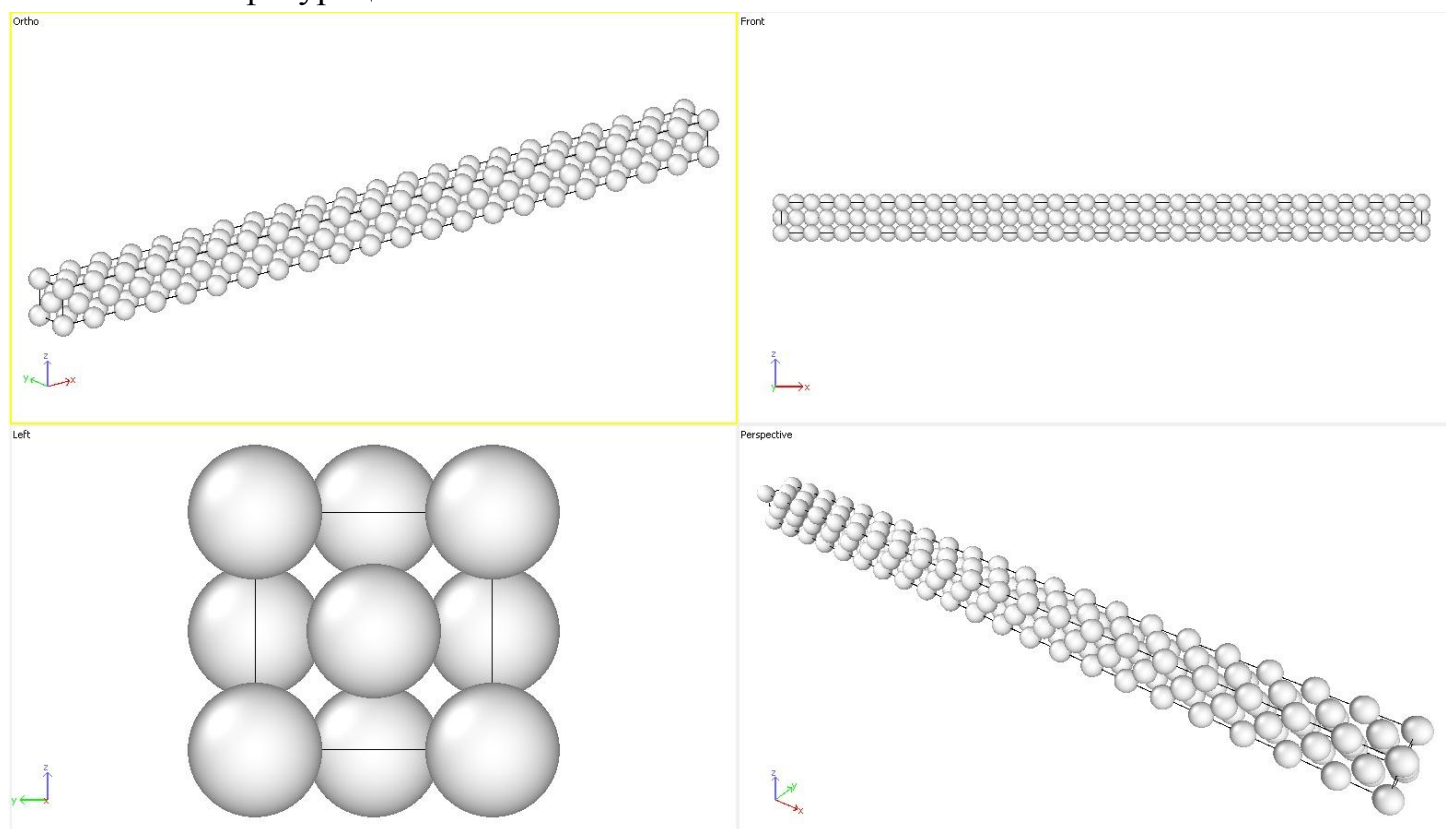
Реализация задачи

Для численного интегрирования уравнения движения в данной работе используется модифицированный алгоритм Верле. Этот метод отличается высокой точностью и стабильностью, а также при интегрировании уравнений движения сохраняется энергия системы, в сравнении с другими методами второго порядка.

Шаг интегрирования $dt = 0.01$, полное время интегрирования $T = 20$.

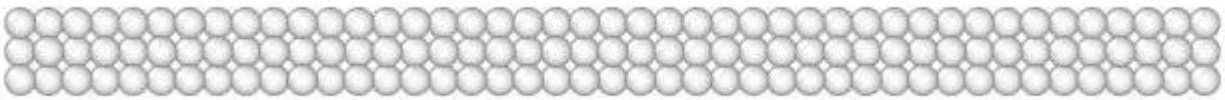
Результаты моделирования

Начальная конфигурация

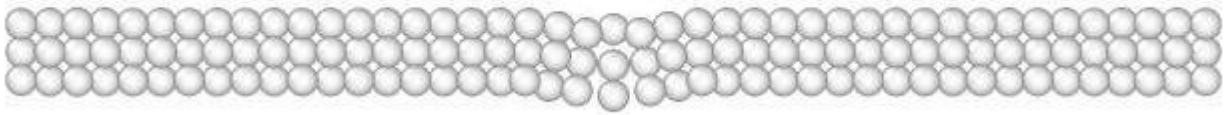


Результаты:

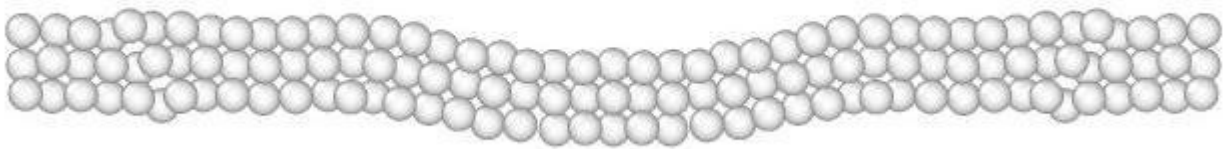
194 частицы



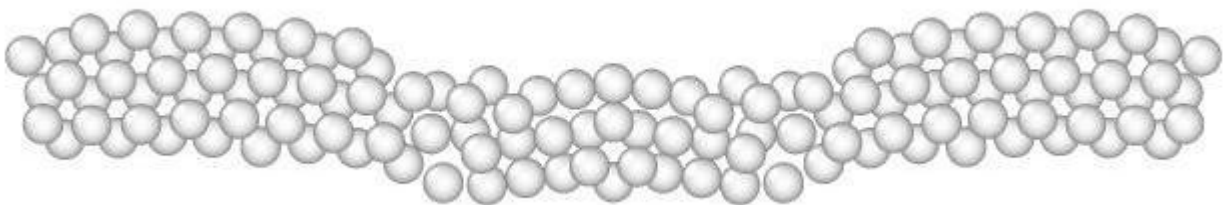
Шаг 0, начало



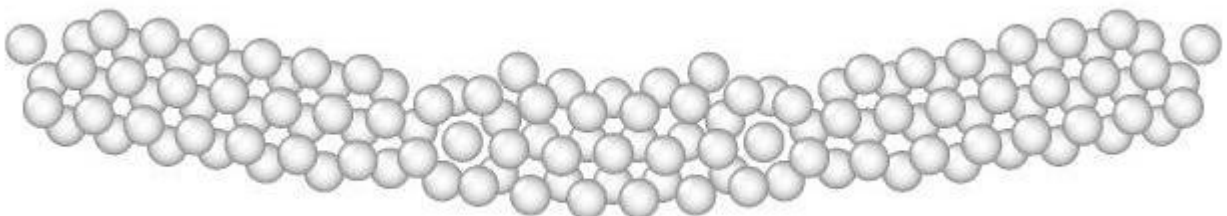
Шаг 100



Шаг 900



Шаг 1700



Шаг 1999, финальный

Структура программы

Классы, из которых состоит программа:

Const – объявление необходимых констант.

Creator – создание модели системы.

Integrator – определение текущих координат частицы. Интегрирование уравнений движения.

Output – запись в файл, для дальнейшей визуализации.

Particle – параметры для одной частицы.

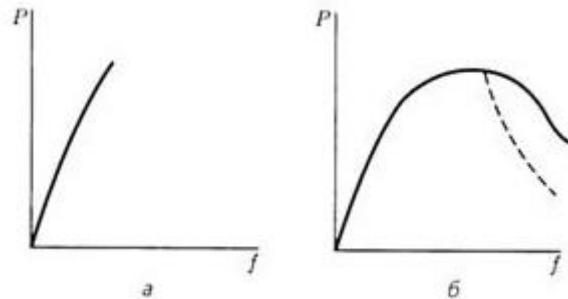
Vector3D – строение трёхмерного вектора и операции с векторами.

WorkingModel – начальные условия, граничные условия, построение модели.

Выводы

Реализована программа для моделирования методом динамики частиц на языке С#, в основу взят потенциал Леннард-Джонса. Была произведена реализация задачи на прогиб балки.

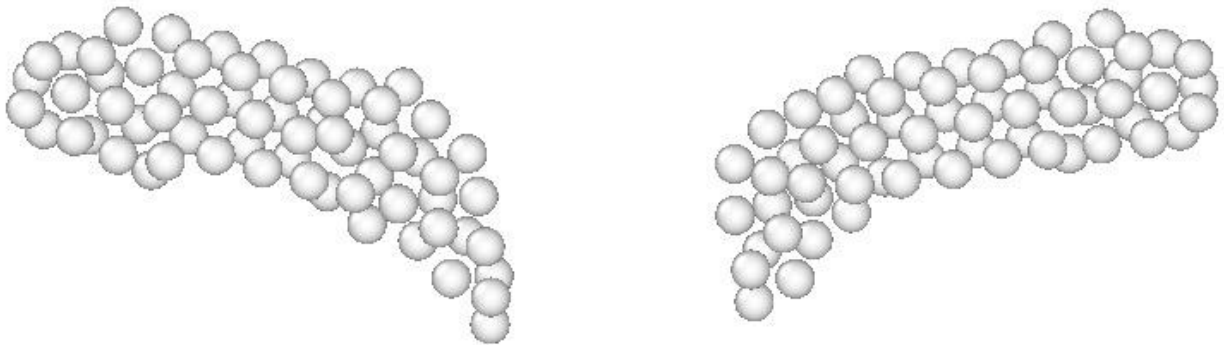
В задаче использовался непластичный материал, т.е. в определённый момент произошёл разрыв.



На графиках: P – изгибающая нагрузка, f – стрела прогиба образца.

График слева – непластичный материал, последняя точка соответствует разрушению, справа – пластичный, как правило, такой материал невозможно довести до разрушения: образец изгибается до состояния, когда его части располагаются параллельно друг другу.

Так случай «слева» получился при моделировании: при большой нагрузке произошёл разрыв.



Таким образом, мы получили, что результаты полученные при компьютерном моделировании, совпадают с реальным экспериментом.