

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВА ДЕТОНИРУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ПЕСКЕ

Моделирование процесса взрыва детонирующего вещества в грунте является достаточно трудоемкой задачей, связанной не только с проблемой корректного описания поведения взрывчатого вещества, но и с распространением ударной волны в грунте, а также с последующим ее воздействием на какую-либо конструкцию.

Целью конечно-элементного моделирования процесса взрыва, представленного в данной работе, является настройка алгоритмов решения подобных задач и сравнение полученных результатов с экспериментальными исследованиями. Исследование проведено в программе динамического конечно-элементного моделирования LS-DYNA.

Для сравнения с экспериментом было выбрано исследование компании Defence Research Establishment Suffield (DRES), проведенное в 1996 г., по взрыву 100-граммового цилиндра из взрывчатого вещества [1]. Одной из целей данных экспериментов было получение качественных результатов, пригодных для дальнейшего компьютерного моделирования процесса взрыва.

Экспериментальная установка представляет собой цилиндрический контейнер, заполненный песком. На глубину 3 см помещен заряд взрывчатого вещества С4. На вертикальной стойке, расположенной на оси контейнера, на высоте 30 и 70 см от контейнера расположены датчики-регистраторы давления.

Для описания стального контейнера выбрана модель упругопластического материала с кинематическим упрочнением. Для описания сжимаемости взрывчатого вещества было использовано уравнение состояния Джонса–Вилкинса–Ли (JWL). Физико-механические свойства взрывчатого вещества взяты из [2]. Для описания сжимаемости воздуха использовалось линейное полиномиальное уравнение состояния.

Разработанная конечно-элементная модель содержит 83680 узлов и 75948 элементов. В силу симметрии геометрии рассматривается лишь четверть модели, на отсеченных гранях заданы условия симметрии. Задача решалась в произвольной лагранжево-эйлеровой (ALE) постановке.

Сравнение проводилось по следующим параметрам:

- время прихода волны на датчики;
- максимальное давление на датчиках;
- ширина воронки, образовавшейся после взрыва в грунте;
- высота выброса грунта;
- ширина и высота облака разлета взрывчатого вещества (ВВ)

На рис. 1 и 2 представлены зависимости ширины воронки, образованной в грунте в процессе взрыва, и высота выброса взрывчатого вещества в зависимости от времени. Отображены экспериментальные данные, результаты КЭ решения [3] и настоящего КЭ решения.

На рис. 3 представлен процесс разлета грунта при взрыве для различных значений времени.

Сравнение результатов по давлению на датчиках и времени прихода волны проведено в табл. 1.

Как видно из результатов исследования, геометрические размеры облака разлета ВВ и процесс формирования воронки в грунте хорошо согласуются с экспериментальными данными. Давление, зарегистрированное датчиками в экспериментальном исследовании

выше давления, полученного КЭ решением. Следует отметить тот факт, что качество получаемого решения существенно зависит от сеточного разбиения, особенно в зоне выброса грунта.

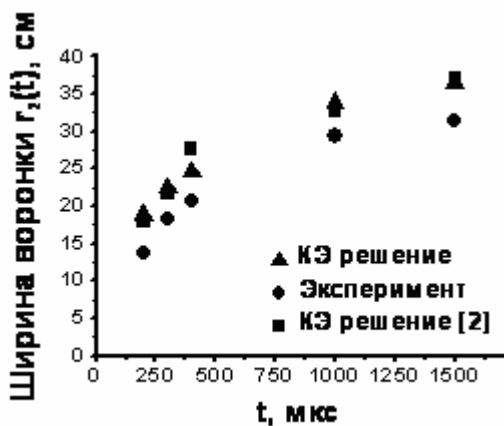


Рис. 1. Ширина воронки в зависимости от времени

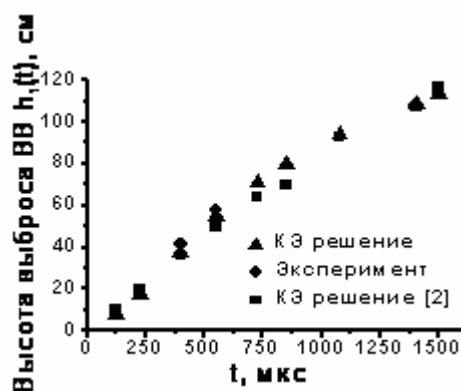


Рис. 2. Высота выброса ВВ в зависимости от времени

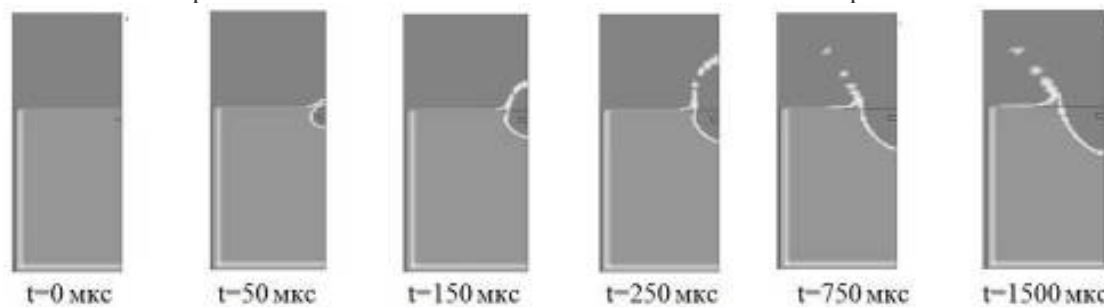


Рис. 3. Разлет грунта при взрыве

Таблица 1.

	Датчики					
	На высоте 30 см			На высоте 70 см		
	КЭ решение	КЭ решение (*)	Эксперимент	КЭ решение	КЭ решение (*)	Эксперимент
Время прихода волны, мкс	274 (+1.4%)	310 (+12.9%)	270	624 (-12.1%)	820 (+13.4%)	710
Давление, кПа	507 (-17.3%)	724 (+15.3)	613	206 (-29%)	468 (+38%)	290

ЛИТЕРАТУРА:

- Bergeron D, Walker R and Coffey C. Detonation of 100-Gram Anti-Personnel Mine Surrogate Charges in Sand – A Test Case for Computer Code Validation. Report SR 668. Defence Research Establishment Suffield. Canada. 1998.
- Drake, J.L., and Little, C.D., “Ground Shock from Penetrating Conventional Weapons”, Presented to the Symposium on the Interaction of Non-Nuclear Munitions with Structures, Colorado Springs, Colorado, USA, 1983.
- J.Wang “Simulation of Landmine explosion using LS-DYNA3D software. Benchmark Work of Simulation of Explosion in Soil and Air”, Aeronautical and Maritime Research Laboratory, Australia, 2001.