ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

Всероссийская молодёжная научная конференция

Томск, 16–19 октября 2010 г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

ТРУДЫ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Том 276 Серия физико-математическая

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СНАРЯДОВ С МАССИВНЫМИ ПРЕГРАДАМИ

В.А. Глазырин, В.А. Горельский

Рассматривается ударное взаимодействия с преградами снарядов-стержней большого удлинения. Оценивается глубина внедрения снаряда.

RESEARCH OF SHOCK INTERACTION OF THE SHELLS WITH MASSIVE BARRIERS

V.A.Glazyrin., V.A.Gorelsky

It is considered shock interactions with barriers of shells-cores of the big lengthening. Depth of introduction of a shell is estimated.

В работе представлены результаты математического моделирования в трехмерной постановке высокоскоростного взаимодействия с преградами нутирующих снарядов-стержней большого удлинения. Современные ОПС имеют корпуса значительного удлинения, и влияние угла нутации на их проникающую способность необходимо уметь прогнозировать, особенно в связи с развитием новых высокоэффективных средств динамической защиты, которые дестабилизируют снаряд.

Было проведено математическое моделирование процесса взаимодействия снаряда-стержня с преградой в трёхмерной постановке. В расчетах ударного взаимодействия использована физико-математическая модель материала, которая является сжимаемой упругопластической средой, поведение которой при динамических нагрузках характеризуется уравнением состояния, модулем сдвига, динамическим пределом текучести. Модель разрушения материала характеризуется константами кинетической модели разрушения, описывающей развитие и эволюцию микроповреждений, которые непрерывно изменяют свойства материала и вызывают релаксацию напряжений.

Для исследования трехмерной задачи высокоскоростного взаимодействия стальных цилиндрических ударников со стальными преградами в диапазоне скоростей удара до 2000 м/с используется метод конечных элементов, который эффективно проявил себя в последние 20 лет при решении широкого круга динамических задач удара и взрыва[1–3].

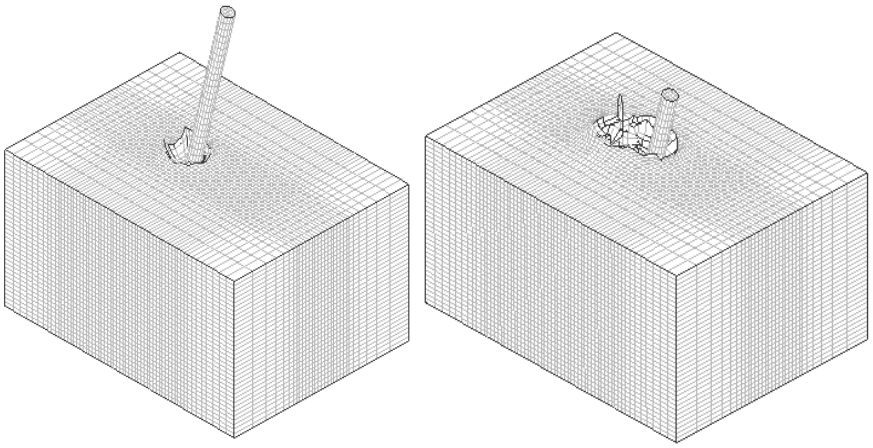

Рис. 1. Хронограммы процесса соударения: в моменты времени 10 и 30 мкс, угол нутации 15^0

Для исследования особенностей разрушения и температурных эффектов при ударе нутирующих снарядов численно моделировалось взаимодействие стального цилиндра калибром 5.7 мм и длиной 85 мм (15 калибров снаряда-стержня) с пластиной толщиной 60 мм. Преграда из стали имела параметры: $\rho_0 = 7750$ кг/м^3, $\sigma_0 = 1{,}01$ ГПа, $G_0 = 81{,}8$ ГПа. Сталь снаряда-стержня характеризовалась следующими параметрами: $\rho_0 = 7850$ кг/м^3, $\sigma_0 = 2{,}1$ ГПа, Go = 79 ГПа. Вычисления были выполнены для углов нутации в диапазоне до 30^0. На рис. 1 и 2 представлены конфигурации тел для скорости взаимодействия 1950 м/с в различные моменты времени и для различных углов нутации.

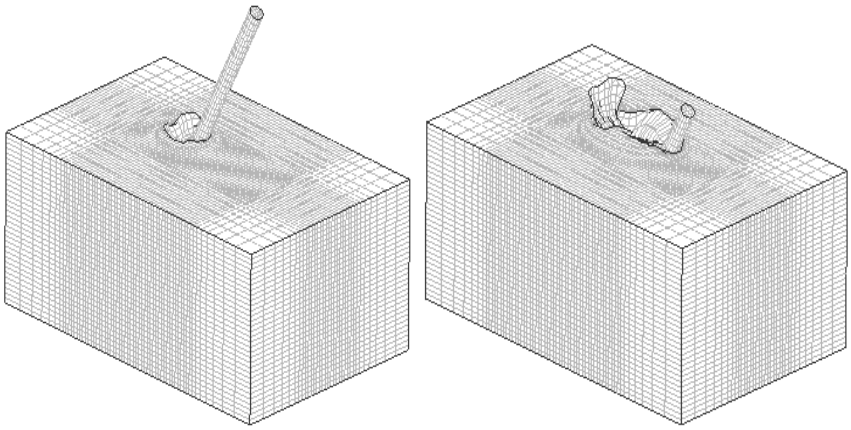

Рис. 2. Хронограммы процесса соударения: в моменты времени 10 и 30 мкс, угол нутации 30^0

В этом случае вычисления показали, что процессы внедрения завершаются за 50 и 24 мкс соответственно. Чтобы исследовать особенности поведения преграды, были построены распределения изолиний температуры и удельного объема трещин в плоскости симметрии преграды. Расчеты показывают, что наибольшие разрушения наблюдаются вблизи тыльной поверхности преграды около оси удара и на лицевой поверхности преграды вблизи боковой поверхности внедряющегося снаряда-стержня. Непосредственно под снарядом рост трещин выражен слабо в связи с подавлением развития трещин внедряющимся

снарядом. Влияние нутации ярко выражено несимметричностью в развитии полей температур и повреждений. Зависимости относительной глубины проникания, определяемой контактной поверхностью между снарядом и преградой, от времени даны на рис. 3.

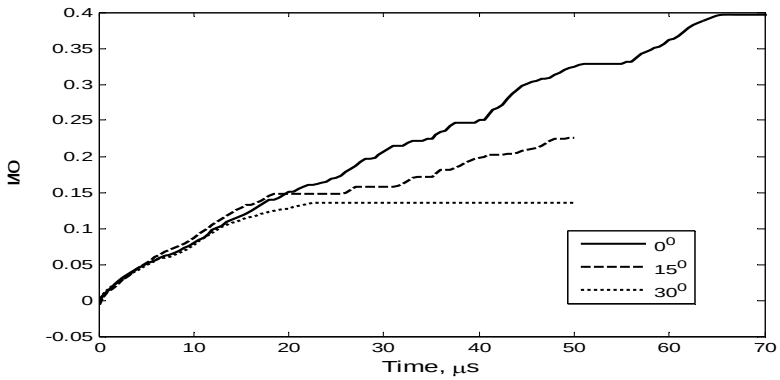

Рис. 3. Зависимости проникания от времени для различных углов нутации

Эти зависимости иллюстрируют волновой характер процесса взаимодействия. Они показывают, что влияние угла нутации значительно при скорости удара 2000 м/с. Из систематических расчетов следует, что на первой стадии процесса значения средней скорости снарядов падают при различных углах нутации примерно одинаково. Затем вызванное увеличением площади контактной поверхности дополнительное сопротивление при углах нутации 15 и 30^0 приводит к более быстрому падению средней скорости снарядов на второй стадии процесса при угле нутации 30^0.

Результаты расчетов также выявили, что и температурные эффекты, и разрушения в снаряде и преграде ярко выражены при скоростях встречи 2000 м/с и выше. Зависимости глубин внедрения от времени показывают, что различия в характере этих кривых, вызванные нутацией, являются значительными при скорости 2000 м/с в исследованном диапазоне условий взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горельский В.А., Радченко А.В., Толкачев В.Ф., Хорев И.Е.* Кинетические механизмы перфорации пластин // Проблемы прочности. 1988. № 11. С. 77–80.

2. *Горельский В.А., Хорев И.Е.* О применении метода конечных элементов для расчета больших деформаций и разрушения твердых тел // Тр. I Всесоюз. школы-семинара по многомерным задачам механики сплошных сред. ВИНИТТИ: № 4623-83. 1989. 23 с.

3. *Горельский В.А., Зелепугин С.А., Толкачев В.Ф.* Исследование пробития преград при несимметричном высокоскоростном ударе с учетом разрушения и тепловых эффектов // Изв. РАН. МТТ. 1994. № 5. С. 121–130.