

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОУДАРЕНИЯ ПОДКАЛИБЕРНОЙ ОПЕРЕННОЙ ПУЛИ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРЕГРАДАМИ

Целью работы является демонстрация возможностей программы LS-DYNA по моделированию соударения тел, имеющих различный тип механического поведения.

Рассматривается механическая система, состоящая из подкалиберной оперенной пули и преграды.

При моделировании соударения учитывается угол между вектором скорости центра масс пули и лицевой поверхностью преграды, а также угол атаки пули (угол между касательной к траектории и осью пули) в момент встречи пули с преградой. Учитывается и вращение пули на полете.

Численное моделирование соударения пули осуществляется с тремя типами преград – преградами из желатина, мышечной и костной ткани.

При численном моделировании используется программа LS-DYNA.

Целью моделирования является определение закономерностей деформирования и разрушения элементов пули и преграды при соударении, характера движения пули в преграде, интенсивности и характера механического воздействия пули на преграду.

Также оценивалось напряженно-деформированное состояние элементов пули при полете.

При этом учитывалась угловая скорость вращения пули.

При расчете напряженно-деформированного состояния характеристики механических свойств материалов элементов пули и преграды считались известными.

Поведение материалов элементов пули считалось упругопластическим.

Для описания поведения желатина использовалась упругопластическая гидродинамическая модель, для мышечной ткани – модель гиперупругого материала, костной ткани – модель анизотропного упругого материала. Требуемые модели имелись в программе LS-DYNA.

Параметры моделей были заимствованы из доступных литературных источников.

Конечно-элементные модели рассматриваемого процесса были разработаны в программе ANSYS и переданы для решения в программу LS-DYNA.

Используемые в конечно-элементных моделях сетки показаны на рис. 1.

Для моделирования соударения пули с преградой из желатина использовался многокомпонентный лагранжево-эйлеровый метод, для моделирования соударения с преградами из других материалов – метод конечных элементов.

Результаты решения задачи соударения в осесимметричной постановке использовались для оценки влияния размеров сетки на результаты расчета.

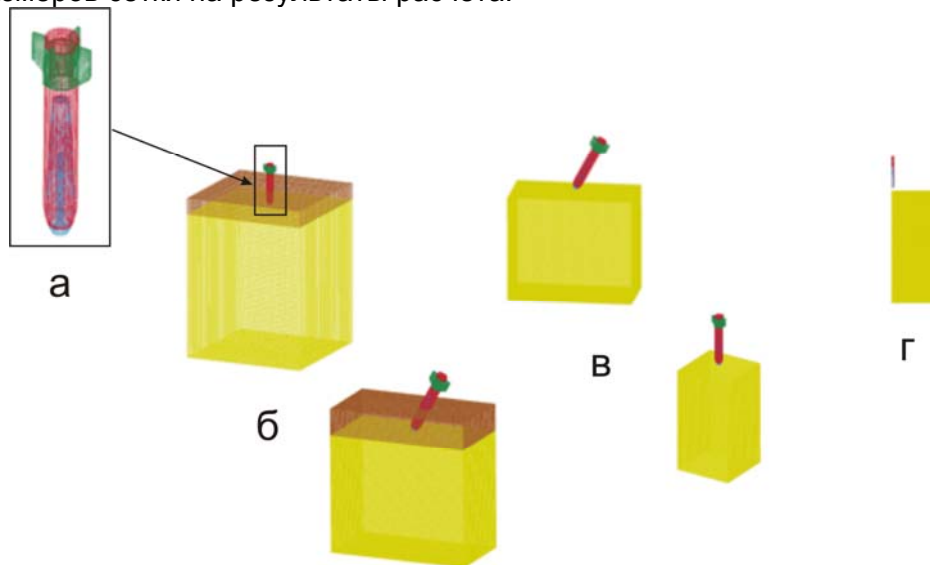


Рис. 1. Конечно-элементные сетки:

а – пули; б – пули, преграды и воздушной области; в – пули и преграды;
г – пули и преграды (осесимметричная задача)

Некоторые результаты моделирования показаны на рис. 2 – 4.

Так, на рис. 2 показаны поверхности равной плотности материала преграды после соударения с пулей в различные моменты времени.

В момент встречи с преградой пуля имела скорость 650 м/с и угол между вектором скорости центра масс пули и лицевой поверхностью преграды равен 60 град.

Пуля внедрялась в желатиновую преграду.

На рисунке видны форма воздушной полости в преграде, которая образуется при проникании пули, характер деформации пули, разрушение стабилизатора.

На рис. 3 показаны распределения интенсивности напряжений в элементах пули при ее соударении с преградой из мышечной ткани в различные моменты времени.

Угол между вектором скорости центра масс пули и лицевой поверхностью преграды равен 90 град.

На рис. 3 виден характер разрушения элементов пули при ее взаимодействии с преградой. С целью улучшения обзора на рис. 2 и 3 показана половина расчетной области. На рис. 4 показан график зависимости скорости центра масс пули от времени.

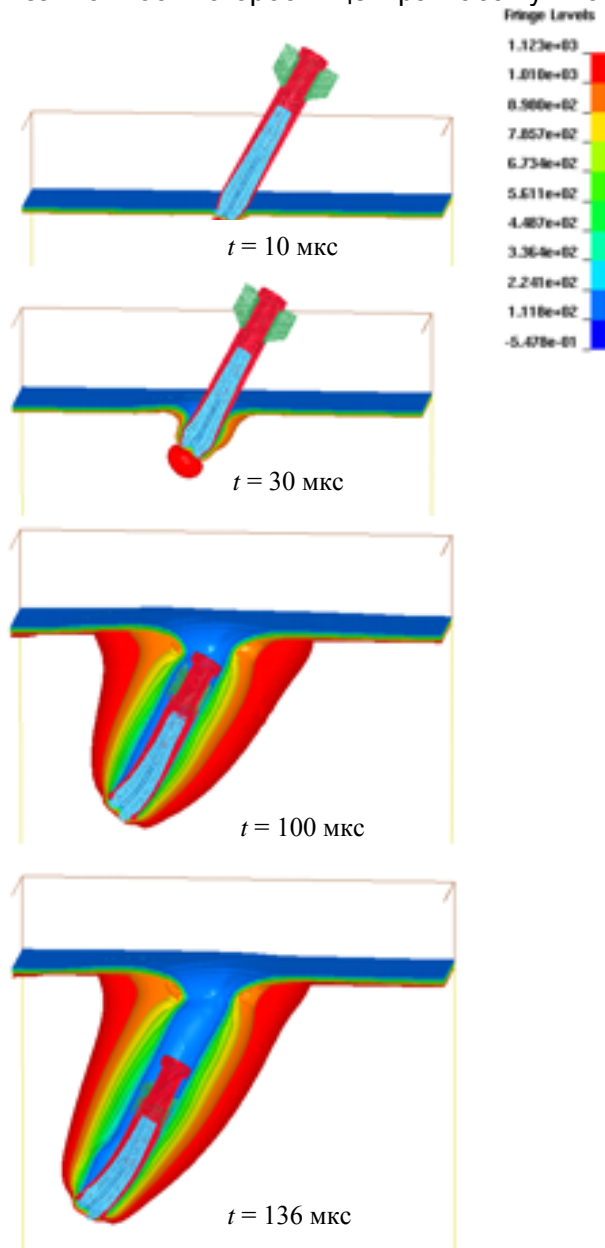


Рис. 2. Поверхности равной плотности в преграде, кг/м³

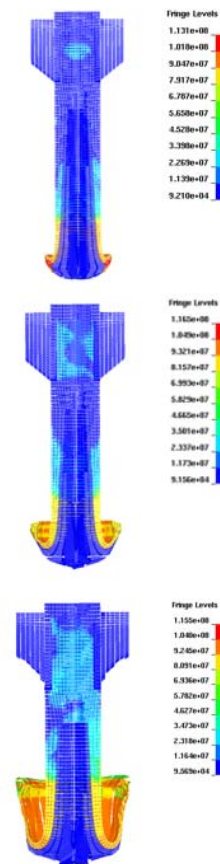


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений в пуле, Па

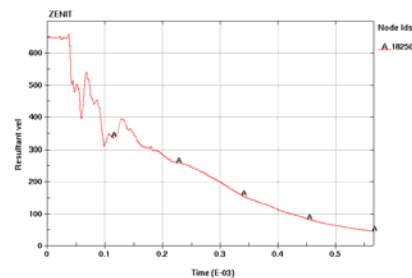


Рис. 4. График зависимости скорости (м/с) пули от времени (с)

Моделирование процесса соударения пули позволило оценить характер воздействия пули на различные преграды, внести изменения в конструкцию пули, обоснованно выбрать материал для изготовления корпуса.