

Моделирование работы дульного тормоза при выстреле

В работе, на примере моделирования работы дульного тормоза при выстреле показана возможность решения задач о взаимодействии системы деформируемых тел с потоком газа.

Математическое моделирование выполнено с использованием программы LS-DYNA.

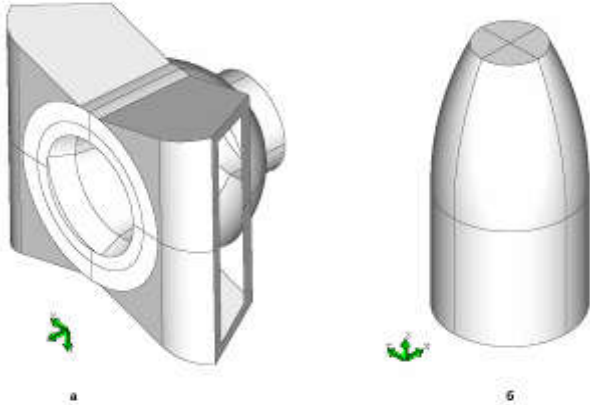


Рис. 1. Геометрические модели:
а – дульного тормоза; б - снаряда

Моделирование работы дульного тормоза при выстреле имеет целью оценку правильности его функционирования, коэффициента эффективности, напряженно-деформированного состояния (НДС) и прочности при выстреле, а также начальные возмущения снаряда в момент окончания периода последствия. Возможна оценка параметров дульной ударной волны.

Задача решается в упрощенной постановке: считается, что опорная поверхность дульного тормоза неподвижна, параметры потока пороховых газов в дульном срезе трубы являются заданными функциями времени.

Также считается, что в начальный момент времени все части системы находятся в ненапряженном состоянии, снаряд имеет заданные начальное положение и скорость.

Основой для создания конечно-элементной модели процесса явились геометрические модели дульного тормоза и снаряда, которые были созданы в SolidWorks.

В результате их доработки в программе CADfix были созданы твердотельные модели, которые показаны на рис. 1. Твердотельные модели, записанные в формате IGES, были импортированы в ANSYS, дополнены воздушной областью, и на их основе были созданы сначала конечно-элементные модели дульного тормоза и снаряда (см. рис. 2), затем общая конечно-элементная модель процесса.

Конечно-элементная модель была записана в формате LS-DYNA.

При создании конечно-элементной модели было использовано 106461 узел, 99351 восьмиузловой объемный элемент и 2025 четырехузловых оболочечных элементов.

Дальнейшее моделирование проводилось в LS-DYNA.

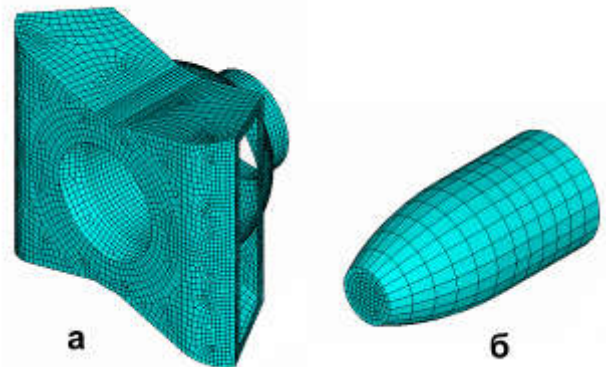


Рис. 2. Конечно-элементные модели:
а – дульного тормоза; б - снаряда

Некоторые результаты моделирования работы дульного тормоза при выстреле представлены на рис. 3 ... 5.

На рис. 3 показаны распределения интенсивности напряжений в дульном тормозе в различные моменты времени. Достаточно отчетливо проявляются две характерные особенности изменения НДС – наличие максимума интенсивности напряжений при $t \approx 40.0$ мкс и более равномерное распределение интенсивности напряжений с течением времени.

Распределения модуля скорости пороховых газов в вертикальном и горизонтальном сечениях расчетной области в различные моменты времени показаны на рис. 4 и 5.

Показанные на рисунках распределения соответствуют общим представлениям о рассматриваемом процессе.

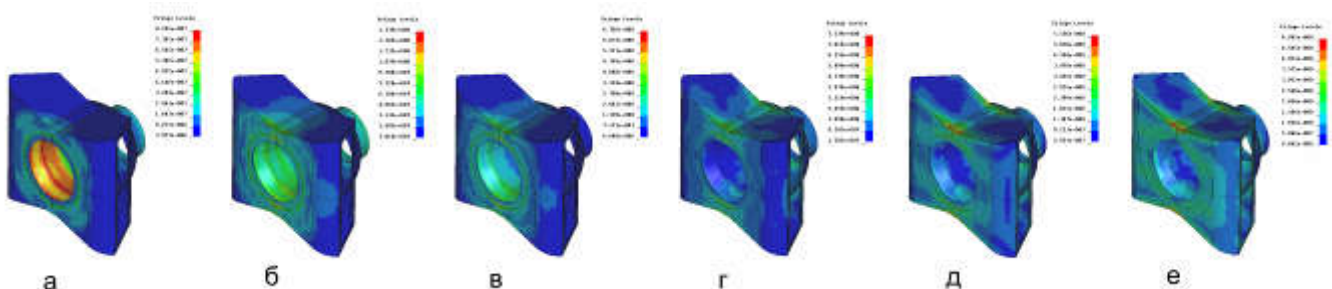


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений в дульном тормозе (Мбар):
а – $t = 5.0$ мкс; б – $t = 10.0$ мкс; в – $t = 20.0$ мкс; г – $t = 40.0$ мкс; д – $t = 60.0$ мкс; е – $t = 80.0$ мкс

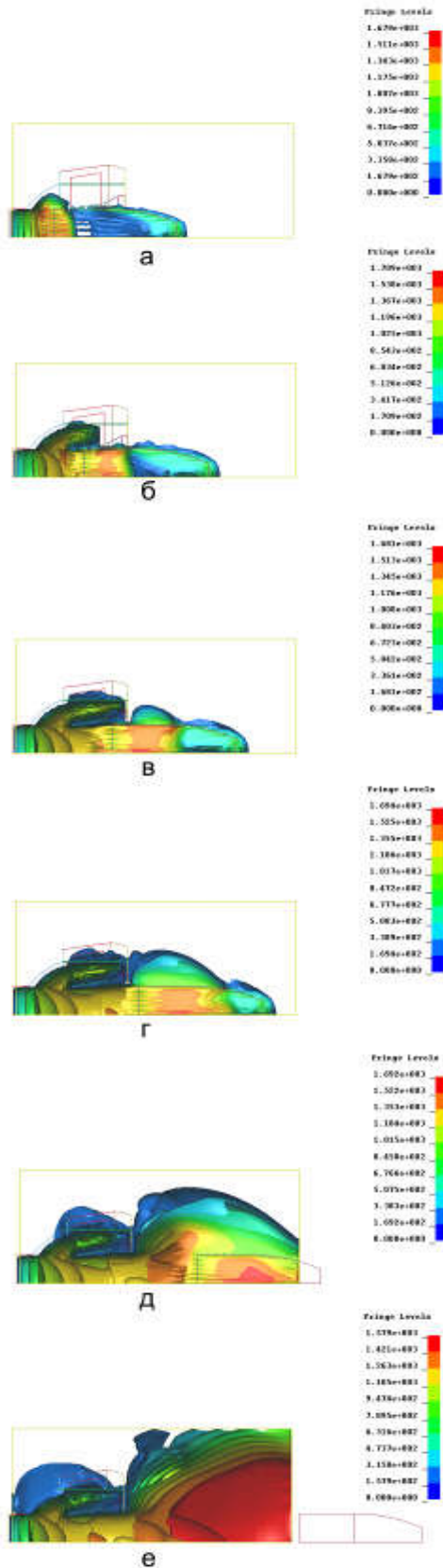


Рис. 4. Распределение модуля скорости пороховых газов в вертикальном сечении расчетной области (см/мкс):
а – $t = 10.0$ мкс; б – $t = 20.0$ мкс; в – $t = 30.0$ мкс;
г – $t = 40.0$ мкс; д – $t = 60.0$ мкс; е – $t = 80.0$ мкс

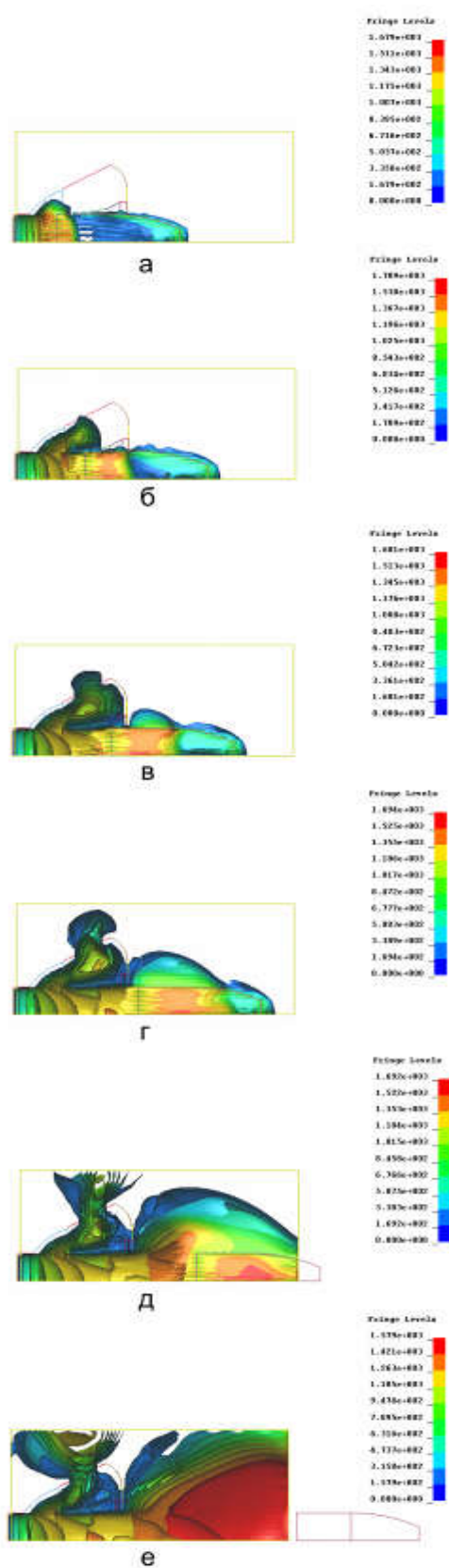


Рис. 5. Распределение модуля скорости пороховых газов в горизонтальном сечении расчетной области (см/мкс):
а – $t = 10.0$ мкс; б – $t = 20.0$ мкс; в – $t = 30.0$ мкс;
г – $t = 40.0$ мкс; д – $t = 60.0$ мкс; е – $t = 80.0$ мкс