**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ АЛИСОНА-ВИТАЛИ И ТИТОВА-МАРИНИНА ПРИ ОПИСАНИИ ПРОЦЕССА РАСТЯЖЕНИЯ КУМУЛЯТИВНОЙ СТРУИ**

**Курепин А.Е.**

ОАО «Государственный научно-исследовательский институт

машиностроения им. В.В. Бахирева»

606002, пр.Свердлова, 11а, г.Дзержинск, Нижегородской обл.

niimash@mts-nn.ru

После создания гидродинамической теории кумуляции, объяснившей явление формирования кумулятивной струи (КС) и пробития ею преград, возникла необходимость расчета процесса растяжения КС во время ее движения к цели.

Для описания этого процесса применяют две модели. За рубежом разработана так называемая модель «виртуального источника», впервые предложенная в 1957 году [1] и сформулированная в 1963 году в [2] в виде нескольких гипотез, согласно которым предполагается, что на Х–Т диаграмме процесса растяжения КС существует начальная точка, где ее длина равна нулю, и из которой происходит ее автомодельное удлинение. При этом считается, что в момент времени *Tf*, КС одновременно по всей длине делится на фрагменты. Образовавшиеся фрагменты больше не растягиваются и движутся со скоростями, которыми они обладали в момент разрыва. Модель названа по фамилиям ее разработчиков F.E. Allison и R.Vitaly.

В этой модели максимальную эффективную длину КС (*Lf*), способную пробить преграду, можно определить по формуле:

, (1)

где  - скорость головной части КС; *Vc* - минимальная скорость КС, при которой преграда еще пробивается. Для идеально изготовленного КЗ величина *Vc* для КС, фрагменты которой имеют только осевую составляющую скорости, зависит от прочности материала преграды и плотности материала КС. Для реального КЗ величина *Vc* определяется радиальной составляющей скорости хвостовых фрагментов КС, размером входного отверстия и дальностью до преграды.

Для определения времени разрыва КС было предложено несколько аналитических зависимостей. Среди наиболее известных полуэмпирических формул можно выделить зависимости, предложенные в работах E.Hirsh [3] и G.Pfeffer [4]:

[3], (2)

[4], (3)

где *r*0 – радиус КС в момент начала ее растяжения, – имеющая размерность скорости и зависящая от материала КС эмпирическая величина, *η0* – начальная скорость деформации материала КС, а *с0* – скорость звука в материале КС.

На основе этой модели DiPersio, Simon, и Merendino в 1964 г получили аналитические формулы, позволяющие рассчитать глубину пробития преграды растягивающейся КС (так называемые зависимости DSM [5]).

Отечественные исследователи предложили и развивали модель, в которой начальная форма КС имеет вид цилиндра или усеченного конуса, длина которого (*L0*) в начальный момент равна длине образующей облицовки. В процессе движения длина КС увеличивается. Причиной растяжения является наличие градиента скорости вдоль КС. Процесс растяжения завершается после достижения величины предельного удлинения.

(4)

Впервые на то, что величина предельного удлинения КС зависит линейно от величины градиента скорости вдоль КС, указал в своей кандидатской диссертации В.М. Титов в 1960 г. Зависимость предельного удлинения КС от градиента скорости вдоль КС исследовалась также П.И. Уляковым (1964 г.), Ю.И. Фадеенко и Л.А. Мержиевским (1968 г.). Пропорциональность величины предельного растяжения КС градиенту скорости и диаметру КС отметили в 1971 г Л.Л.Турок и А.А.Хоничев. Окончательный вид этой зависимости разработал В.М.Маринин (1977 г.), который представил величину предельного удлинения КС в виде (5):

, (5)

где – начальное значение градиента скорости по длине КС, *r0* и *L0* – начальные радиус и длина КС; *n1, n2* – экспериментальные коэффициенты, характеризующие материал КС. При этом для ряда металлов были определены значения коэффициентов *n1, n2*. С тех пор вид зависимости (5) уже не менялся, а по мере необходимости при замене материала кумулятивной облицовки пополнялся набор коэффициентов, определяющих предельное удлинение КС [6].

Если придерживаться неформальных традиций присваивать моделям физических процессов две фамилии – человека, впервые предложившего модель, и давшего ее окончательную формулировку, эту модель можно назвать моделью Титова – Маринина.

Совместное применение моделей Алисона – Витали и Титова – Маринина позволяет определять время разрыва КС и ее эффективную длину без введения эмпирических формул, определяющих время фрагментации. Величина времени разрыва КС и зависящая от нее эффективная длина КС в (1) будет определяться по значению констант *n1, n2*, начальному радиусу и длине КС:

. (6)

Для оптимально спроектированного кумулятивного заряда значение . В результате формулу (6) можно представить в более простом виде, а именно:

, (7)

что практически совпадает с видом полуэмпирической зависимости (3).

В докладе дано сравнение результатов оценок времени фрагментации КС, полученных при использовании разных моделей процесса ее растяжения.

Список литературы

1. Allison F.E and Bryan G.M. Cratering by a Train of Hypervelocity Fragments. / Proc. Second Hypervelocity Impact Effects Symposium, vol.1, p.81, December 1957.

2. Allison F.E and Vitaly R. BRL, Report №1184, 1963.

3. Hirsh E. A Formula for the Shaped Charge Break-up Time // Propellants and Explosives. – 1979. – V.4, №5. – Р.89 – 94.

4. Pfeffer G. Determination par Simulation Numeriques de L`etat et des Lios de Fragmentation des Jets de Charges Creusses / Proc. 5th Int. Symp. on Ballistics. Toulouse, France, April 16 – 18, 1980.

5. W.P. Walters and J.A. Zukas Fundamentals of Shaped Charges. – JOHN WILEY & SONS, New York. – 1989. – 398p.

6. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. – Изд.3-е, переработанное. В 2т Т.2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.- 656с.