

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА С КОСМИЧЕСКОЙ СКОРОСТЬЮ В ПЛОТНЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

Студент гр.113712 Сманцер А.С.

Канд. физ.-мат. наук Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Падение крупного метеорита в Челябинской области РФ 15 февраля 2013 года вызвало бурную реакцию в средствах массовой информации и сети Интернет, в том числе ряд всевозможных домыслов.

Целью работы было объяснить все наблюдавшиеся эффекты на основе известных законов физики.

Оценка начальной массы метеорита, с которой он вошел в плотные слои атмосферы, составляет примерно $m = 10$ тысяч тонн. Любое космическое тело из удаленных областей Солнечной системы приближается к Земле со скоростью не ниже второй космической (11,2 км/с). По оценкам скорость v метеорита составляла от 13 до 18 км/с. Соответственно, кинетическая энергия, рассчитанная по формуле

$E = \frac{mv^2}{2}$, в связанной с Землей системе отсчета составляла величину

порядка 10^5 ГДж. При взрыве одной тонны тринитротолуола выделяется энергия равная 4,184 ГДж. Следовательно, запас кинетической энергии метеорита можно оценить в $\sim 200...250$ килотонн тротилового эквивалента, что составляет более десятка хиросимских бомб.

При вхождении в относительно плотные слои атмосферы происходит резкое нарастание динамического давления у фронтальной поверхности, образование ударной волны и быстрый азродинамический нагрев тела. Температура торможения газа T_0 может быть определена по формуле:

$$T_0 = T_n + \frac{v^2}{2c_p},$$

где T_n – температура набегающего потока, c_p – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении. Приведенная формула дает точное значение повышения температуры при движении со скоростью звука – около 50 К. При больших скоростях происходит заметное завышение из-за пренебрежения процессами теплопередачи. Более точные расчеты дают для движения со второй космической скоростью значение T_0 около 11000 К. При таком нагреве наблюдается интенсивное свечение и основной канал передачи тепловой энергии от газа телу – радиационный. В результате действия высокого давления и большого градиента температуры происходит разрушение тела.

Основное воздействие на земной поверхности оказала ударная волна. Однако из-за пологости траектории ударная волна образовалась на высоте около 30 км, на этой же высоте началось разрушение метеорита. Действие распространилось на большой площади и не было катастрофическим.