

## ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ МКТ В АТМОСФЕРЕ

Постановка вариантов данной задачи и их решения опубликованы в работах [1–5]. В них рассматривается МКТ, внедрившееся в атмосферу планеты с гиперзвуковой скоростью  $V_0$ , при этом чаще всего реализуются две ситуации:

- 1) движение МКТ со снижением к планете под углом  $0 < \alpha \leq 90^\circ$  к горизонту («косое» падение),
- 2) пролет МКТ мимо планеты («транзит»).

Все случаи падения МКТ на планету, в том числе и на Землю, относятся, конечно, к «косому» падению. Им, как говорится, «несть числа». Это и известные астроблемы, дошедшие до нас из глубокой древности, например, Чикскулубская (Мексика), Попигайская (Якутия, Россия), Пучеж-Катунская (Нижегородская область, Россия), Рис (Германия), Аризонская (США) и многие другие, и сравнительно «свежие» эпизоды: Тунгусское Диво (1908 г.) или Сихотэ-Алинский «железный дождь» (1947 г.). А вот случаи «транзитных» встреч МКТ с Землей достаточно редки. Здесь можно привести пример «транзита» Кириллид через земную атмосферу. Это весьма необычное явление удалось даже сфотографировать (рис. 2.1). Для метеоритики это несомненная удача, счастливый случай. Известен также случай «транзита» через атмосферу Солнца: речь идет о комете Вест, открытой в 1975 г. Ее максимальная освещенность была зарегистрирована в 1976 г. Во время перехода через перигелий ядро кометы распалось на 4 части [6].

Однако перейдем к теории. С целью некоторого упрощения задачи принято следующее:

1. МКТ движется по прямолинейной траектории.
2. МКТ и образующиеся при его разрушении фрагменты являются гомогенными хрупкими телами.
3. Процесс АД нагружения МКТ и его фрагментов носит квазистатический характер. При нагружении тела разрушаются на две равные части.

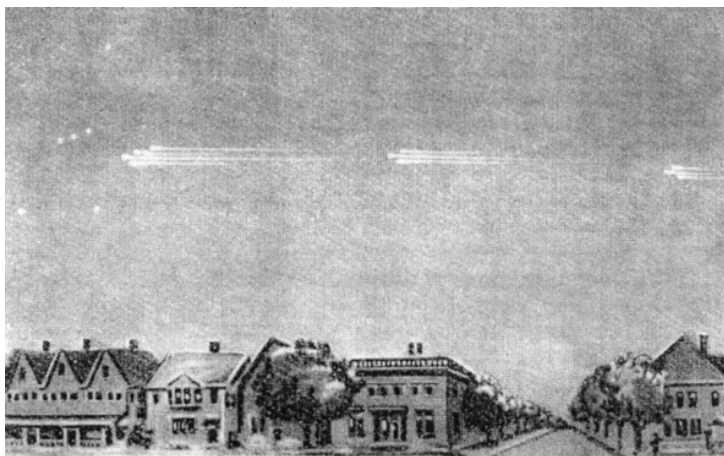


Рис. 2.1. Полет Кириллиды в атмосфере Земли (двигаясь справа налево, первая группа фрагментов подлетает к «поясу» созвездия Орион)  
 Фото Ц. Ханта (С. Hunt), Канада, 9 февраля 1913 г., около 9 ч 05 мин вечера

4. Разрушение МКТ или его фрагмента происходит, когда запас УЭ достигает уровня, необходимого для совершения работы по продвижению трещины.

5. Хрупкая трещина стартует из области растяжения тела, образующейся на стороне, противоположной центру воздействия АД нагрузки.

6. При последовательном дроблении МКТ, а также его фрагменты, геометрически подобны и нагружаются подобным образом. Для таких тел численное равенство УЭ, накопленной телом, и работы по продвижению хрупкой трещины приводит к соотношению (1.3), выражающему проявление МЭЭП при фрагментации МКТ.

Взаимодействие МКТ с атмосферой представляется как двухстадийный процесс: на первой стадии происходит фрагментация под действием АД нагрузки (фаза А) и торможение образовавшихся фрагментов при их дальнейшем движении (фаза Б), а на второй – рассеяние фрагментов. Последнее тоже представляется как двухфазный процесс: первая фаза – поворот фрагментов при сохранении взаимного контакта, а вторая – разлет их от общей траектории.

Двигаясь в атмосфере, МКТ по инерции преодолевает ее сопротивление (максимум которого принят в центре лобовой поверх-

ности) и генерирует перед собой УВ. В связи с относительно медленным падением скорости МКТ, эта УВ близка к стационарной, поэтому за ее фронтом давление газа можно считать квазистатическим. Поскольку по форме МКТ могут быть весьма разнообразны (от округлых, сфероидных, до угловатых), рассматриваются крайние варианты из возможных, а именно (рис. 1.2): сфера с базовым размером (диаметром)  $D_0$  [1–3] и прямоугольный параллелепипед с базовой длиной ребра  $L_0$  и соотношением ребер  $2^{-1/3} : 1 : 2^{1/3}$  [4] (в близости данного соотношения ребер к реальным можно убедиться по данным [7]).

Центр массы МКТ (точка  $C_0$ ) движется по оси  $\xi$ , совпадающей с траекторией, со скоростью  $V = d\xi/dt = \dot{\xi}$  (ее начальное значение  $V_0$ ) и ускорением  $\ddot{\xi} = d^2\xi/dt^2$ . С центром  $C_0$  связано начало подвижной ортогональной системы координат  $\xi' - \eta - \zeta$ , причем оси  $\xi$  и  $\xi'$  совпадают. Фактором нагружения (и разрушения) МКТ считается АД нагрузка с давлением в ударном слое (1.12).

В обсуждаемых работах процессы фрагментации считались основополагающими, поэтому некоторые сопутствующие процессы и факторы, например, нагрев, абляция и радиационное охлаждение, считались авторами малозначимыми и не учитывались, так как из-за малого времени взаимодействия МКТ с атмосферой объем расплавленного и унесенного материала и теплообмен с ним считались относительно небольшими. Не учитывались также гравитация, подъемные силы и кривизна траектории в пределах атмосферы\*, а при «косом» падении – кривизна поверхности планеты (при «транзите» пренебрегать кривизной поверхности планеты недопустимо).

---

\* Как известно, траектория движения небесного тела всегда криволинейна. Однако участок траектории МКТ в пределах атмосферы планеты, по сравнению с радиусом планеты, обычно достаточно мал, чтобы можно было пренебречь его кривизной. Это принято и во всех аналогичных работах, известных авторам (см. в гл. 1 [28–30, 32, 33]).