

УДК 534.222.2

Разрушение астероида «Апофис» с помощью энергии взрыва

03, март 2012

Еськов Д.А.

*Студент,
кафедра «Высокоточные летательные аппараты»*

*Научный руководитель: Орленко Л.П.,
д.т.н., профессор кафедры «Высокоточные летательные аппараты»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
vosskuez@gmail.com

На Землю падают объекты из космоса разных размеров. Что касается больших космических тел до 100 м в диаметре и больше, то они представляют для нас значительную угрозу, соударяясь с Землей примерно раз в 1000 лет. В случае попадания в океан объект такого размера может вызвать приливную волну, которая окажется разрушительной на больших расстояниях. Столкновение с массивным астероидом более 1 км в поперечнике - гораздо более редкое событие, происходящее раз в несколько миллионов лет, однако последствия его могут быть поистине катастрофическими. Многие астероиды остаются незамеченными, пока не приблизятся к Земле. Столкновение с большим астероидом не очень сильно изменило бы орбиту Земли. При этом, однако, возникло бы такое количество пыли, что земной климат существенно изменился. Это повлекло бы за собой повсеместное исчезновение такого числа форм жизни, что происходящее сегодня вымирание видов показалось бы ничтожным.

При падении крупного небесного тела на поверхность Земли образуются кратеры. Такие события называют астроблемами, "звездными ранами". На Земле они не очень многочисленны (по сравнению с Луной) и быстро сглаживаются под действием эрозии и других процессов. Всего на поверхности планеты найдено 120 кратеров. 33 кратера имеют диаметр больше чем 5 км и возраст около 150 миллионов лет.

Геохимические и палеонтологические данные свидетельствуют о том, что примерно 65 млн. лет назад на рубеже Мезозойского периода Меловой эры и Третичного периода Кайнозойской эры небесное тело размером примерно 10-15 км столкнулось с Землей в северной части полуострова Юкатан (побережье Мексики). След этого столкновения - кратер под названием "Чиксулуб". Мощность взрыва оценивается в 100 миллионов мегатонн! При этом образовался кратер диаметром 180 км. Кратер был образован падением тела диаметром 10-15 км. При этом в атмосферу было выброшено гигантское облако пыли общим весом миллион тонн. На Земле наступила полугодовая ночь. Погибло более половины существовавших видов

растений и животных. Возможно тогда в результате глобального похолодания и вымерли динозавры.

По данным современной науки всего за последние 250 миллионов лет произошло девять вымираний живых организмов со средним интервалом в 30 миллионов лет.

Чтобы защитить Землю от встречи с космическими гостями, была организована служба постоянного мониторинга (слежения) за всеми объектами на небе. В этой программе участвует большинство обсерваторий мира, которые вносят свой посильный вклад.

Существует ряд предложений, как защитить Землю от ударов из космоса.

Во-первых, можно изменить орбиту космического тела и предотвратить столкновение, например, с помощью солнечной энергии, или установки двигателя на космическом теле или энергии ядерного взрыва на поверхности тела и т. п.

Во-вторых, разрушить космический объект с помощью ядерного взрыва на достаточно мелкие осколки, каждый из которых не мог бы принести Земле большого ущерба.

Данная работа посвящена этому варианту защиты Земли от космических тел. Тем более что достигнутый уровень ракетной техники позволяет доставить на космическое тело существующие ядерные заряды, которые могут быть взорваны как на его поверхности, так и на некотором заглублении. Такой метод пригоден для относительно небольших космических объектов, диаметром в сотни метров.

Опасным считается любой астероид, имеющий размер свыше 100 м в поперечном сечении. Объект меньшей величины не считается способным произвести значительные разрушения.

С большими телами сложнее, поскольку после их разрушения с помощью взрыва могут остаться несгоревшие в атмосфере большие обломки, коллективное действие которых может вызвать большую катастрофу, чем первоначальное тело.

В данной работе рассмотрены варианты как отклонения траектории, так и возможное разрушение ядерным зарядом астероида Апофис, который в 2029 году должен пройти на минимальном расстоянии около 37 500 км от Земли. Поле тяжести Земли может так изменить траекторию Апофиса, что существует определенная вероятность столкновения данного объекта с нашей планетой в 2036 и последующих годах.

Астероид Апофис состоит из горных пород, его масса 50 миллионов тонн, плотность не более 3 г/см³, его диаметр около 300 м. Относительная скорость при подходе к Земле составит 12 км/с. Тритиловый эквивалент при соударении с земной поверхностью может составить около 800 Мт в тритиловом эквиваленте.

Численные расчеты взрыва ядерного заряда на поверхности астероида или его заглубления на 16 м позволяет придать астероиду скорость перпендикулярную к его траектории. Так при взрыве заряда с энергией $E=1$ Мт на поверхности Апофиса приобретет скорость 0,8 м/с, а при взрыве заряда с энергией $E=0,1$ Мт на глубине 16 м скорость астероида равна 2,3 м/с. При таких скоростях Апофис отклонится от Земли за один год соответственно на 25000 км и 73000 км.

В работе рассмотрена зависимость необходимой мощности ядерного заряда для разрушения Апофиса от глубины подрыва заряда.

Моделирование проводилось с помощью численных программ Master Professional v. 1.04 и Autodyn.

Исходные данные для моделирования:

Астероид:

- диаметр – 300 м

- материал – условно взят алюминий с упругопластикой Вилкинса, значение откольной прочности (-0,85 ГПа), уравнение состояния Ми – Грюнайзена.

Плотность алюминия близка к плотности горной породы, а его прочность на разрыв выше, чем прочность горной породы, т.е. Апофис из алюминия труднее разрушить, чем каменный астероид.

Все константы в уравнениях были взяты из баз данных комплекса Master Professional v. 1.04

График зависимости энергии ядерного заряда E от глубины его подрыва X показан на рис.1, где $X=0$ соответствует центру астероида.

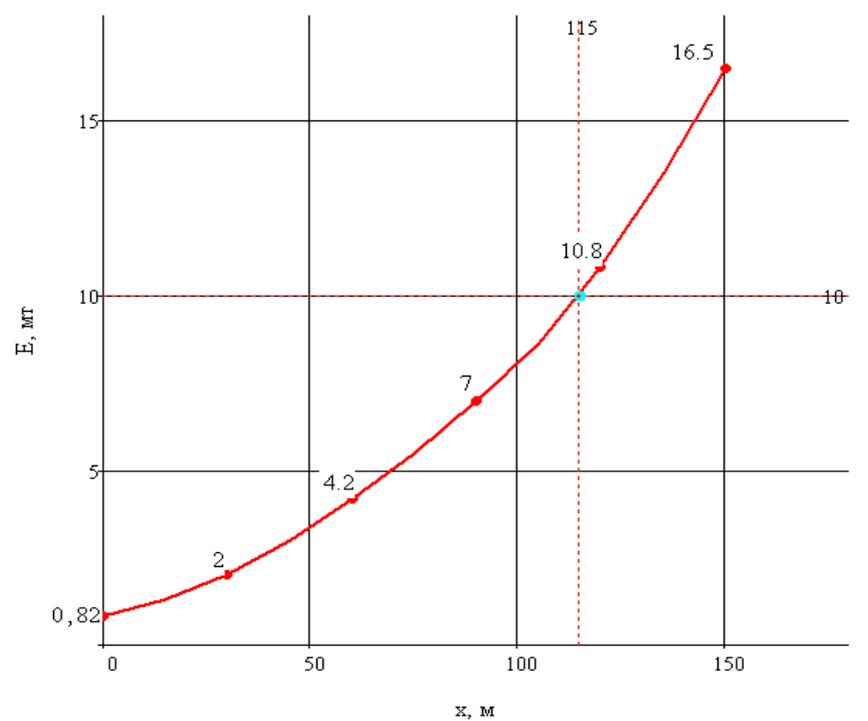


Рис. 1. Зависимость $E(x)$

Расчеты, результат которых приведен на рис.1, показывают сильную зависимость энергии взрыва от заглубления места подрыва ядерного заряда. При взрыве заряда в центре астероида ($X=0$) для его разрушения необходима энергия ядерного заряда $E=0,8$ Мт, а при подрыве заряда на его поверхности $E=16,5$ Мт, т.е. в 20 раз больше.

На рисунках показаны разрушенные ячейки (черным) и градиент скорости частиц (км/с)

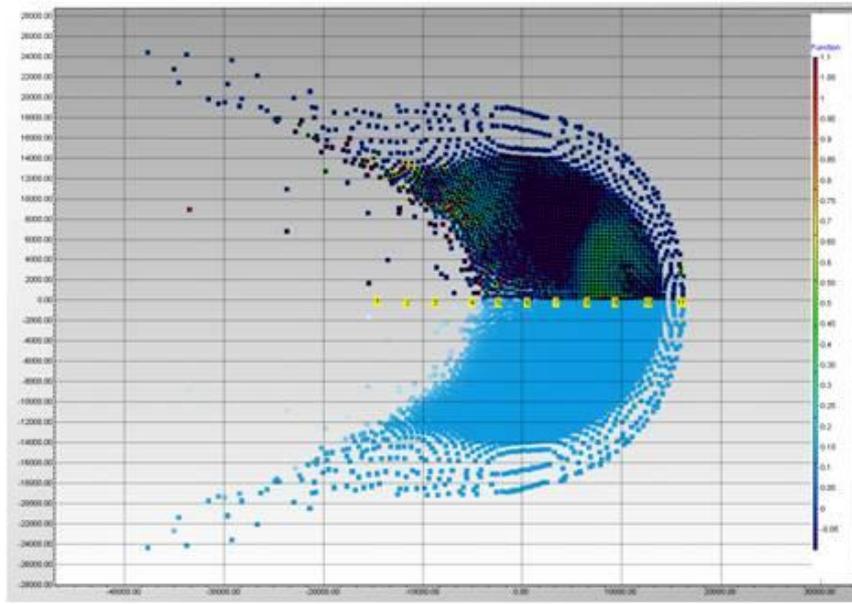


Рис. 2. Подрыв на глубине 0 м (на поверхности астероида)

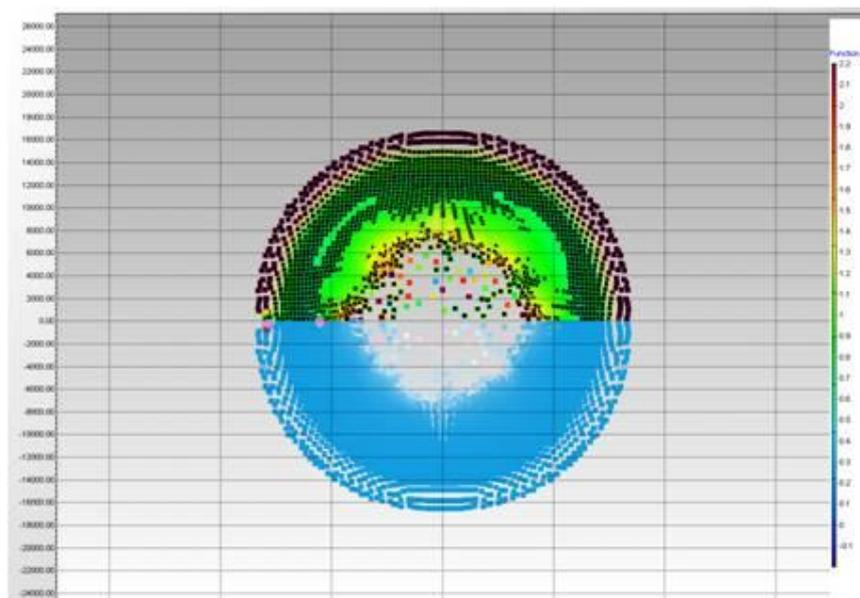


Рис. 3. Подрыв на глубине 150 м (в центре астероида)

Проверочное моделирование было проведено с помощью программы Autodyn для случая подрыва заряда в центре астероида, результат совпал с данными по программе Master Professional.

Из работы [2] следует, что максимальная глубина пробития астероида, а, следовательно, и доставки ЯЗ, составляет 25 м. Для этой глубины по графику необходимая мощность составляет 11 Мт.

Список литературы

1. Физика взрыва, в 2-х томах. Под ред. Орленко Л.П. М.: Наука, 1999.
2. Проникание БЧ в астероид Апофис со скоростями 10-40 км/с. Орленко Л.П., Симонов А.К.
3. Прикладная механика сплошных сред: Учебник для вузов. / А.В. Бабкин, В.И. Колпаков, В.Н. Охитин, В.В. Селиванов; под ред. В.В. Селиванова. М.: Изд-во МГТУ, 2000. - Т.3 Численные методы в задачах физики взрыва и удара - 516 с.