

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЯДЕРНОМУ ВЗРЫВНОМУ УСТРОЙСТВУ (ЯЗУ) ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ЗЕМЛИ (СЗЗ) ОТ АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ

П.И. Коблов, В.А. Симоненко, Ю.А. Иванов, И.С. Карпов, А.Г. Юдов, О.Н. Шубин, Ю.С. Подопригора, Д.В. Петров, В.М. Южанин

Российский федеральный ядерный центр — ВНИИ технической физики, г. Снежинск, Россия

По одной из наиболее популярных гипотез на Земле 65 миллионов лет назад произошла массовая гибель представителей флоры и фауны в результате падения в северной части Атлантического океана астероида поперечником около 10 км.

По имеющимся оценкам подобные катастрофы могут происходить каждые 100 тыс. лет, однако столкновения с более мелкими телами, которые, тем не менее, представляют серьезную опасность, могут происходить значительно чаще.

Опасность подобного рода событий, если они произойдут в наше время, заключается не только в том, что они могут привести к человеческим жертвам и значительным разрушениям, но и, может быть, главным образом в том, что они могут стать своеобразным “спусковым крючком” для возникновения военного конфликта.

Актуальность данного вопроса подтверждается и появлением в печати научных работ, посвященных этой теме. А современный уровень науки и техники дает основание утверждать, что в настоящее время идея создания системы защиты Земли (СЗЗ) от столкновений Земли с астероидами и кометами не является фантастичной.

Основным назначением СЗЗ будет обнаружение небесных тел, движущихся по падающим в Землю траекториям и разрушение этих тел или отклонение их с падающих траекторий.

Очевидно, что создание СЗЗ должно опираться на весь лучший опыт, накопленный человечеством. Поэтому, эта система должна иметь международный статус и создаваться под эгидой ООН. Намечившаяся разрядка напряженности в мире способствует этому. К тому же, участие в создании СЗЗ военно-промышленных комплексов ведущих стран позволит более безболезненно переориентировать высвобождаемые мощности на мирные цели и повысить степень взаимного доверия между народами.

Наиболее реальным способом воздействия на опасный космический объект (ОКО), такой, как астероид или комета, является ядерный взрыв вблизи его поверхности или после внедрения.

В составе ядерного средства воздействия (ЯСВ) располагается ядерное зарядное устройство (ЯЗУ), в результате задействования которого обеспечивается воздействие на ОКО.

В настоящем докладе приводятся основные требования, которым должно соответствовать ЯЗУ для использования в системе защиты Земли от астероидов и комет. Каждое требование рассматривается по схеме:

- задача которую должно решить ЯЗУ или свойство, которым должно обладать ЯЗУ для выполнения поставленной задачи;
- обоснование требования;
- формулирование требования для ЯЗУ.

1. Мощность ЯЗУ

Взрыв ЯЗУ на заданном расстоянии от ОКО или после внедрения должен обеспечить:

- раздробление ОКО на фрагменты $< 10\text{--}30$ м и придание им скоростей $> 0,1\text{--}1$ м/с или
- придать ОКО, не разрушая его, импульс, который приведет к изменению его орбиты и обеспечит пролет на безопасном расстоянии от Земли.

В табл.1 [3] в самой общей форме представлены основные эффекты воздействия ядерных взрывов на астероид.

Вид воздействия	Импульс, приобретаемый астероидом	Размеры зоны дробления
Контактный ядерный взрыв	$\sim 10^8 (m \cdot m/c)/Mt$	$\approx 100 m/Mt^{1/3}$
Заглубленный ядерный взрыв	$\sim 10^9 - 10^{10} (m \cdot m/c)/Mt$	$\approx 200 m/Mt^{1/3}$
Приповерхностный ядерный взрыв	$\sim 10^6 - 10^8 (m \cdot m/c)/Mt$ (для 1 Mt)	

Отсюда следует, например, что для изменения траектории или фрагментации астероидов с диаметром, превышающим 50–100 м, потребуется использование ЯЗУ мощностью от 1 Mt и выше. Однако, физические габариты космических бомбардирующих объектов, угрожающих человечеству в целом, могут иметь диаметры ≥ 1 км, а “Великие разрушители” — около 5–10 км, для разрушения которых потребовалась бы мощность ЯЗУ порядка нескольких гигатонн.

Вероятнее всего, в оперативной КСП (космическая служба перехвата) наиболее часто будут применяться средства разрушения ОКО, т. к. отклонить его траекторию вблизи Земли будет уже практически невозможно. Энергия необходимая для перевода ОКО с падающей траектории на пролетную в этом случае будет сравнима с энергией разрушения объекта. Такой метод применим конечно к небольшим ОКО, которые из-за малости их размеров могут быть обнаружены уже на подлете к Земле.

Для астероида диаметром 100 м состоящего из материала типа базальта, это будет соответствовать энергии порядка 10^{13} Дж. Такая энергия выделяется при взрыве ядерного заряда мощностью около 2 kt. Учитывая же то, что только небольшая доля энергии взрыва пойдет на сообщение дополнительного импульса скорости, потребуется заряд существенно большей мощности.

Имеющиеся данные показывают, что для разрушения базальтового астероида диаметром 0,5 км потребуется заряд мощностью порядка $\sim 3-5$ Mt.

К настоящему времени передовыми странами созданы ЯЗУ с уровнем мощности до 50–100 Mt. Вместе с этим, для воздействия на ОКО можно, по-видимому целесообразно использовать подрыв нескольких ЯЗУ вблизи ОКО, посаженных на ОКО, или внедренных в ОКО до подрыва и затем задействованных одновременно по команде от КА-наблюдателя.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать требование по мощности ЯЗУ:

мощность ЯЗУ для использования в системе защиты Земли от астероидов и комет должна составлять:

- 1 Mt — для воздействия на ОКО диаметром $\sim 50-100$ м;
- 10 Mt — для воздействия на ОКО $\sim 0,5-1$ км;
- 50–100 Mt — для воздействия на ОКО $\sim 5-10$ км.

2. Габаритно-массовые характеристики ЯЗУ

Требования к габаритно-массовым характеристикам ЯЗУ могут быть выставлены с учетом параметров полезного груза выводимого в космос известными ракетносителями (РН), ориентировочных габаритно-массовых затрат на ЯСВ, мощностей, заданных в п. 1, и исходя из опыта разработки ядерного оружия передовыми странами.

Энергетические возможности существующих РН позволяют выводить на околоземные орбиты КА массой от нескольких сотен килограммов до 100 т, а на межпланетные траектории до 25 тонн при использовании разгонных блоков (РБ) на традиционных химических компонентах топлива.

Габаритно-массовые характеристики ЯЗУ должны соответствовать приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Мощность, Mt	Диаметр/длина, см/см	Масса, кг
~ 1	$\leq 60/120$	~ 600
~ 10	$\leq 120/180$	~ 3000
$\sim 50-100$	$\leq 200/500$	~ 16000

3. Требования по безопасности к ЯЗУ

Безопасность ЯЗУ — один из важнейших параметров.

Безопасность ЯЗУ, как автономного, так и в составе ЯСВ, ракеты и стартового ракетного комплекса должна включать несколько аспектов и учитывать особенности СЗЗ от ОКО, в частности:

- должен быть обеспечен минимальный экологический ущерб в случае аварии на старте;
- должна быть исключена возможность задействования ЯЗУ на Земле или в атмосфере Земли в случае аварии или стихийных бедствий, злонамеренных действий.

Известно, что большей безопасностью обладают устройства без Pu, при этом в качестве ядерного топлива могут использоваться U^{235} и другие традиционные компоненты.

Это обосновывается существенно меньшей активностью U^{235} по сравнению Pu^{239} . В табл. 3 приведены сравнительные характеристики делящихся материалов: значения удельной C (Ku/kg) и относительной δ_c α -активности Pu^{239} и U^{235} [5].

Таблица 3

Тип ДМ Характеристика	Pu^{239}	U^{235}
$C, Ku/kg$	70	$3,4 \times 10^{-3}$
δ_c	1	$2,05 \times 10^4$
$70/3,4 \times 10^{-3} = 2,05 \times 10^4$		

Кроме этого, целесообразно с целью повышения безопасности в составе ЯЗУ использовать низкочувствительные к удару и высокой температуре (пожару) взрывчатые составы.

Что касается второго аспекта безопасности, то здесь могут быть использованы следующие решения:

1. Разделение компонентов, т.е. раздельное хранение ракетносителя, ЯЗУ и компонентов ЯЗУ до момента старта ракеты минус время на сборку и подготовку старта, однако такой подход, по-видимому, может быть приемлем только для СЗЗ, которая предназначена для воздействия на достаточно крупные ОКО, которые могут быть обнаружены с временным упреждением до момента встречи с Землей. В течение этого времени должна быть произведена доставка компонентов к месту старта, сборка ЯЗУ, ЯСВ, ракетносителя и подготовка к старту.
2. Метод разделения компонентов неприменим к СЗЗ от небольших ОКО, которые из-за малости их размеров могут быть обнаружены уже на подлете к Земле. Результаты расчетов показывают, что для перелета КА–перехватчика в точку перехвата на удалении 40 тыс. км (дальность геостационарной орбиты) потребуется около 6 часов (для случая старта с опорной орбиты в 4 км/с), в район орбиты Луны — около 4 суток. Поэтому ракетноситель с ЯЗУ для перехвата малых астероидов должны практически находиться в постоянной “боевой готовности”.
3. Построение в составе СЗЗ организационных и технических охранных зон к особо-быважным объектам и элементам комплекса.
4. Построение ЯЗУ по принципу сближения масс активного материала. При этом в ЯЗУ может использоваться незначительное количество взрывчатого вещества, в этом случае зона радиоактивного загрязнения местности при и после аварии будет минимальной.
5. Целесообразно, чтобы в составе СЗЗ и ЯСВ имелись предохранительные устройства, которые бы позволяли переводить ЯЗУ в боевое состояние после старта РН и отлета его от Земли на безопасное расстояние.
6. Наиболее радикальным было бы построение ЯЗУ на принципе физфакторного задействования. Имеется ввиду, что, например, для возникновения ядерной реакции необходимо воздействие на ЯЗУ сил торможения возникающих при встрече с ОКО — 5–20 км/с, — такие условия на Земле не могут быть реализованы. Такое решение позволило бы исключить возможность использования ЯЗУ для СЗЗ в военных целях.

Требования по безопасности ЯЗУ:

- ЯЗУ не должно содержать Pu;
- ЯЗУ и элементы его задействования должно быть расположены в зоне недоступности.

Прорабатывается возможность:

- построения ЯЗУ с устройствами предохранения по недопущению ядерной реакции до момента отлета от Земли на безопасное расстояние;
- построения ЯЗУ на принципе физфакторного задействования.

4. Требования по прочности ЯЗУ

С помощью ядерного взрыва можно обеспечить очень интенсивное воздействие на астероиды. При этом наиболее эффективным будет воздействие заглубленных взрывов. Контактные и приповерхностные взрывы обеспечивают примерно одинаковое воздействие с точки зрения импульса, передаваемого астероиду, при этом контактный взрыв обеспечивает более интенсивную фрагментацию астероида.

Максимальные значения скоростей сближения КА с кометой или астероидом могут достигать ~ 28 км/с. При пролете таких тел вдоль орбиты Земли (из передней и задней полусферы) скорость сближения составляет 8–9 км/с.

Вместе с этим, скорость сближения КА–перехватчика может быть уменьшена путем маневрирования — в пределе до “мягкой” посадки.

Учитывая это, конкретное требуемое значение уровня прочности ЯЗУ будет определяться траекторией КА и видом взрыва. Более высокий уровень прочности ЯЗУ расширяет возможности его использования в ЯСВ.

Требования по прочности ЯЗУ:

- уровень прочности ЯЗУ не должен налагать ограничения для выполнения главной задачи СЗЗ;
- прорабатывается возможность максимально возможного увеличения уровня ударостойкости ЯЗУ.

5. Требования по надежности ЯЗУ

Требования по надежности ЯЗУ вытекают из требований, предъявляемых к КСП (Космическая служба перехвата). В частности, КСП должна удовлетворять множеству требований, среди важнейших из которых можно назвать следующие:

- высокая степень готовности и надежность;
- эшелонированность;
- возможность воздействия на ОКО с широким диапазоном физических и баллистических характеристик;
- возможность повторного перехвата в случае промаха, неполного разрушения или недостаточного изменения траектории ОКО;
- безопасность применения для окружающей среды;
- максимальное использование существующего потенциала и т. д..

Одной из отличительных особенностей КСП является необходимость иметь в постоянной боевой готовности или в законсервированном виде несколько КА, РН и средств воздействия на ОКО (ядерных устройств и т. п.), которые могут быть подготовлены к запуску в срок от нескольких дней до нескольких месяцев.

Требования к надежности ЯЗУ:

- ЯЗУ должно иметь высокую степень надежности по срабатыванию и взведению в боевую готовность (при наличии) после удаления от Земли на безопасное расстояние;
- конкретная цифра надежности определяется на этапе эскизного проекта и согласовывается с разработчиком КСП.

Остальные требования к ЯЗУ, такие, как стойкость к ионизирующему излучению, удобство обслуживания и т. д., по-видимому, целесообразно формулировать на этапе эскизного проектирования.

Литература

1. Линн Р. Сайкс, Ден М. Дэвис. “О мощности советских стратегических вооружений”.
2. Зайцев А.В.. Некоторые принципы построения системы предотвращения столкновений Земли с астероидами и кометами. // Труды XXIII чтений К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО (Секция “Проблемы ракетной и космической техники”), Калуга, 1988.
3. Нечай В.З., Ногин В.Н., Петров Д.В., Симоненко В.А., Шубин О.Н. Ядерный взрыв вблизи поверхности астероидов и комет — II. Общее описание явления, РФЯЦ–ВНИИТФ.
4. Лоуэл Л. Вуд, Род Хайд и др. Космическая бомбардировка IV: предотвратить катастрофу уже сегодня. Доклад на конференции: Проблемы защиты Земли от столкновения с околоземными космическими объектами. РФЯЦ–ВНИИТФ, 23–30 сентября 1994.

5. Хиппель Ф. Опасность при диспергировании плутония в авариях с ядерным оружием. Steve Fetter and Frank von Hippel. The Hazard from Plutonium Dispersal by Nuclear-warhead accidents/ Science and Global Security. 1990, № 2, с. 21–40.
6. Киддер. Оценка безопасности ядерного оружия США и требуемые для обеспечения безопасности ядерные испытания. Доклад конгрессу США. LLNL.