

СПОСОБ ЗАГЛУБЛЕНИЯ В АСТЕРОИД ЯДЕРНОГО УСТРОЙСТВА

П.В. Григал, А.Г. Любимов, В.А. Пиджаков, А.А. Таранов, В.Г. Чистов

Центральный физико–технический институт МО РФ, г.Сергиев Посад, Россия

Земная атмосфера защищает поверхность планеты от астероидов размером до 1–10 метров. Столкновение с Землей астероидов размером более 50–100 метров может иметь катастрофические последствия для человечества. Действительно, при попадании в Землю астероида размером 100 м и массой 1,4 млн. т со скоростью 30 км/с энерговыделение может достигать $1,5 \cdot 10^{17}$ калорий, что соответствует энергии взрыва полутора сотен термоядерных зарядов мощностью 1 Мт каждый.

Предварительные оценки показали, что такие меры, как использование ракетных двигателей или ядерных взрывов для изменения траектории движения астероида малоэффективны и сложны в реализации при современном уровне развития ракетной техники. Например, под действием тяги в 1000 т в течении 1 часа траектория астероида массой 1,4 млн. т сместится всего на 65 м. Технические трудности, возникающие при доставке всего необходимого (двигатели, топливо, и т. п.) на астероид, а также возможность вращения астероида делают такой вариант защиты малоприемлемым. Попытки воздействовать на астероид ядерными взрывами для изменения его траектории могут привести к его дроблению, не обеспечив требуемого изменения траектории, что практически не уменьшит опасность для Земли.

На наш взгляд, наиболее перспективным способом защиты от астероидов является их разрушение с последующим рассредоточением обломков на площади, размер которой позволит исключить катастрофические последствия для населения Земли.

На сегодняшний день известен единственный мощный импульсный, компактный, транспортный источник энергии, пригодный для решения этой задачи — ядерный заряд. При контактом ядерном взрыве веществу астероида передается не более 8% энергии, выделившейся при взрыве [1]. Вместе с тем известно, что доля энергии ядерного взрыва, переданной в астероид, существенно зависит от ее начальной концентрации в заряде и положения центра взрыва относительно поверхности астероида. Чем больше начальная концентрация энергии в заряде, тем меньшая доля энергии взрыва передается астероиду в эпицентральной области. Поэтому разрушающее действие ядерного взрыва большой мощности менее эффективно в расчете на единицу энергии, чем действие взрыва малой мощности. С заглублиением заряда этот эффект ослабевает. Характерно, что при глубине 0,03 м/т (для мощности взрыва 1 Мт это значение глубины составляет приблизительно 3 м) данный эффект практически не оказывает влияния на механическое действие взрыва. Поэтому можно ожидать, что внедрение мощного ядерного заряда в астероид на глубину в несколько метров приведет к увеличению доли передаваемой веществу астероида энергии в 2–5 раз. При скоростях соударения в десятки км/с, опыт создания проникающих ядерных зарядов может быть использован лишь отчасти, так как в рассматриваемом диапазоне скоростей соударения давления могут достигать десятков Мбар и реализуется гидродинамический характер взаимодействия, сопровождающийся процессами плавления и испарения в зоне удара. Поэтому в данном случае нужны технические решения, основанные на всестороннем рассмотрении процессов, сопровождающих удар со столь высокими скоростями.

В работе для обеспечения заглублиения предлагается использовать кинетическую энергию соударения. Для этого необходимо запустить впереди ядерного устройства лидер из плотного материала, например, из стали или вольфрама, для образования воронки и тем самым создать условия для заглублиения ядерного устройства. Предварительные оценки показывают техническую реализуемость такого воздействия. Его отдельные технические детали могут быть уточнены путем расчета высокоскоростного соударения лидера с астероидом для определения динамики формирования ударной воронки и параметров газового потока в следе лидера на траектории ядерного устройства. В настоящее время такие исследования могут быть выполнены с использованием отработанных численных алгоритмов расчета высокоскоростного удара в широком диапазоне изменения термодинамических параметров соударяющихся материалов.

Для иллюстрации предложенного подхода на ЭВМ [3] был смоделирован процесс внедрения составного стального ударника в преграду из гранита. В качестве примера рассматривался вариант последовательного столкновения шарообразного лидера и имитатора ядерного заряда с астероидом при скорости 30 км/с. Цель этих расчетов — продемонстрировать принципиальную возмож-

ность внедрения ядерного заряда в астероид на глубину в несколько метров без разрушения конструкции.

Диаметр шарообразного лидера из железа составлял 1,4 м, ядерный заряд представлялся стальным конусом длиной 2 м с максимальным диаметром мишени 1 м. Расстояние между лидером и зарядом составляло 4 м. Размеры фрагмента астероида были выбраны исходя из возможностей счетного алгоритма и необходимости оценки параметров разрушения и нагрузок лишь в конструкции ядерного устройства. Из этих соображений, в качестве материала фрагмента астероида был выбран алюминий, тем более, что его плотность практически соответствует вероятному значению плотности каменных астероидов.

Для фиксации времени возникновения разрушающих возмущений в имитаторе ядерного заряда — стальном конусе, были определены области, где в процессе численного счета фиксировалось изменение различных величин, в частности — давления (“датчики”).

Исходная конфигурация имитатора ядерного заряда с “датчиками”, шарообразного лидера и фрагмента астероида представлена на рис. 1. Состояние стального конуса через 260 мкс после соударения иллюстрируется на рис. 2.

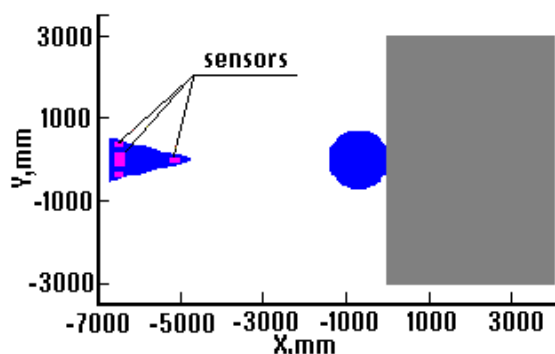


Рис. 1. Начальное расположение имитатора ядерного устройства, лидера и фрагмента астероида

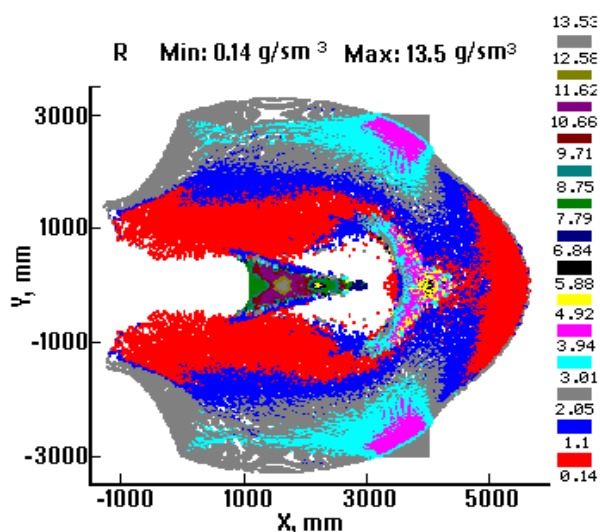


Рис. 2. Состояние имитатора ядерного устройства через 260 мкс после соударения.

Цветовая гамма рисунков отображает изменение плотности соударяющихся материалов. Видно, из-за удара испаренного вещества фрагмента астероида, в средней части конуса возникают значительные возмущения (давления достигают сотен *Кбар*), что позволяет серьезно усомниться в сохранении работоспособности ядерного заряда при внедрении в астероид.

Обеспечить более действенную защиту ядерного заряда в процессе внедрения в астероид вероятно можно утолщением экрана или созданием двухслойной конструкции. Один из возможных вариантов решения этой задачи представлен на рис. 3.

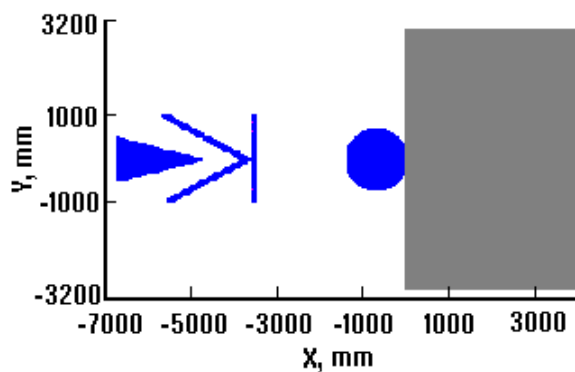


Рис. 3. Исходная схема для расчета внедрения имитатора ядерного устройства с двойным защитным экраном

Впереди конусовидного защитного щита устанавливался плоский щит, что позволяет повысить эффективность такого комбинированного экрана именно в средней и наиболее удаленных от центра частях, благодаря большему зазору между частями экрана. Как показали результаты расчетов, представленные на рис. 4, такой вариант технической реализации защитного экрана позволяет ядерному заряду внедриться в астероид на глубину более 3 м. Действительно, поле течения материалов стального конуса, защитного экрана и фрагмента астероида, показанное на рис. 4, указывает на отсутствие каких-либо возмущений в стальном конусе.

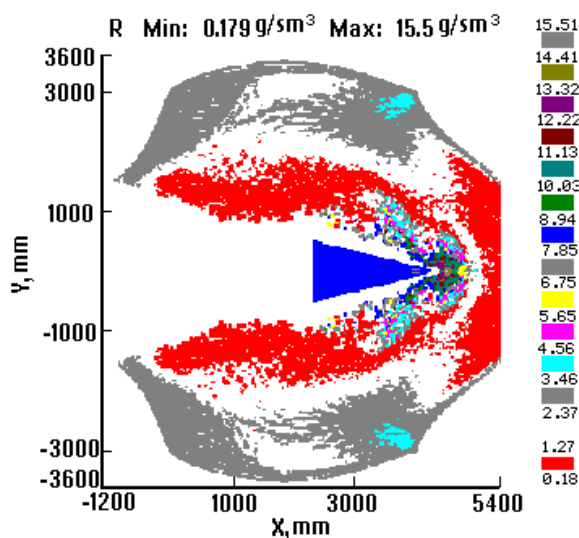


Рис. 4. Состояние имитатора ядерного устройства с двойным защитным экраном через 300 мкс после соударения при внедрении в астероид на глубину 3 м.

Представленные результаты численного моделирования процесса внедрения имитатора ядерного заряда в фрагмент астероида подтверждает принципиальную возможность создания алгоритма воздействия на астероид заглубленными ядерными взрывами.

Использованные для расчетов конкретные варианты лидера и защитных экранов, естественно, не претендуют на техническую завершенность, а служат только для подтверждения технической осуществимости самой идеи обеспечения сохранения работоспособности ядерного заряда при внедрении в астероид со скоростью 30 км/с посредством использования массивного лидера и защитного экрана.

Полученные в ходе численного моделирования результаты свидетельствуют также о возможности объединения лидера, защитного экрана и ядерного заряда в единую конструкцию диаметром 1,5–2 метра и длиной до 6–8 метров. Опираясь на оценки, выполненные в работе [2], можно предположить, что с помощью космического аппарата такой конструкции с ядерным зарядом мощностью 1 Мт могут быть полностью разрушены каменные астероиды размером до 240 м.

Предложенный способ заглубления в астероид ядерных зарядов обладает универсальностью и устойчивостью к возможным изменениям условий перехвата астероидов как по скорости соударения, так и по возможным вариациям состава и структуры таких объектов.

Использование заглубляющихся ядерных зарядов позволит снизить мощность заряда, что, с одной стороны, уменьшает негативные последствия для магнитосферы Земли и человечества, с другой — позволит разрушать более крупные астероиды при том же уровне последствий.

Имеется еще ряд обстоятельств, свидетельствующих в пользу изложенного подхода, по сравнению, например, с вариантом воздействия на астероид серией ядерных взрывов. Действительно, во избежание вывода из строя последующего ядерного заряда поражающими факторами предшествующего взрыва необходимо предусматривать интервал в цепочке атакующих космических аппаратов — носителей ядерных зарядов. Такой алгоритм воздействия предъявляет высокие требования к системе наведения последующего заряда на астероид и отнюдь не исключает возможность столкновения космического аппарата, транспортирующего ядерный заряд, с обломками астероида, возникшими после первого взрыва. Данные обстоятельства снижают надежность последующих средств перехвата, что в свою очередь повлечет за собой увеличение наряда перехватчиков для гарантированной доставки к астероиду требуемого количества ядерных зарядов. К примеру, снижение вероятности доставки ядерного заряда к астероиду на 0,1 потребует увеличения наряда перехватчиков более чем в полтора раза.

Для оценки перспективности такого варианта воздействия на астероид, получения данных по химическому составу разрушаемых объектов и калибровки расчетных методик целесообразно поставить вопрос о проведении эксперимента по внедрению массивного тела, желательного однородного по элементному составу, — ударника, имитирующего лидер, — в астероид при скорости сближения 20–30 км/с.

Литература

1. Кноуз К., Броуд Г.. Теория процессов кратерообразования (обзор). В сб. Удар, взрыв и разрушение. М., Мир, 1981.
2. Броуд Г.. Расчеты взрывов на ЭВМ. Подземные взрывы. Москва, изд. "Мир", 1975.
3. Метод ЧАС, адаптированный к задачам высокоскоростного взаимодействия. Дзержинск, Отчет по НИР, НИИМАШ, 1991.