

ПАРЯЩИЙ ПАРОВОЗ: САМОЛЕТ С ПАРОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Популярная Механика

октябрь 2009
№ 10 (84)
www.popmech.ru

Минный КОСМОС

ЯДЕРНЫЙ
ЛАЗЕР
РЕЙГАНА



ЦИРК ДА И ТОЛЬКО
ЛЕТАЮЩИЙ ВОДОЛАЗ

ПРОГНОЗЫ ДЛЯ ПРОФИ

ЖЕРТВЫ КРАШ-ТЕСТОВ
СВЯТЫЕ, ЖИВОТНЫЕ, КАДАВРЫ

РИТУАЛЫ ГОМЕОПАТИИ

ФОТОГРАФИЯ ДУШИ
КАМЕРЫ БЕЗ ОПТИКИ

Танк от сохи
БРОНИРОВАННЫЕ ТРАКТОРЫ

Любовь и роботы



ЕЖИК В КОСМОСЕ

Успехи в создании боеприпасов направленного взрыва, в первую очередь кумулятивных, породили вопрос – а нельзя ли создать направленный ядерный заряд?

Текст: Александр Прищепенко, Александр Грек



В Советском Союзе действительно нашлись шарлатаны, приводившие “простые и понятные” доводы: если в кумулятивном заряде несколько килограммов взрывчатки пробивают метр брони, то 10 килотонн уж наверняка на 10 000 км дырку сделают! И если в подземной шахте такой “кумулятивный” заряд правильно заложить, то будет возможно поражать американские бункеры, пробив насквозь земной шар! В данном случае победу одержали люди, имеющие хотя бы небольшие познания в физике, и проект финансирования не получил. В неядерных кумулятивных боеприпасах все важные события происходят

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

на расстояниях, сравнимых с размерами их заряда. Усиливает эффект и металлическая облицовка, а вот для ядерной кумуляции она бессмысленна: вблизи заряда металл превратится в плазму, а рекомбинировав – в газ, хотя поначалу и плотный.

Не имеет смысла

Вблизи взрывающейся плутониевой сборки тоже в определенной мере возможно направить энергию, что и делают в термоядерных зарядах, чтобы максимально нагреть ампулу с дейтеро-тритиевой смесью. А вот “дальнодействующий” ядерно-кумулятивный боеприпас – плод

воспаленного воображения людей, далеких от оружейной физики.

Попробуем объяснить это на примере из обычной баллистики. Внимательно рассмотрим снимок, на котором запечатлена ударная волна, “выгоняемая” из ствола движущейся в нем пулей. Пуля – идеальный поршень, она гонит воздух перед собой только вперед. Если бы мы нашли способ сделать подобное при ядерном взрыве, то заставили бы двигаться всю нагретую радиационной диффузией плазму только в одном направлении, получив идеальный направленный взрыв. Однако вернемся к пуле. Пуля вытесняет из ствола воздух со сверхзвуковой скоростью, так что на фронте течения сразу образуется ударная волна. А дальше с нагретым и сжатым воздухом происходит то же, что и со всеми газами: он начинает перетекать в области с более низким давлением. Из-за растекания на теневом снимке видно некое подобие усеченного конуса с выпуклым дном, он состоит из турбулентного газа; высота конуса пропорциональна поступательной скорости газа, а основание – скорости его растекания в радиальных направлениях. А вот форма ударной волны, сформированной этим потоком даже на небольшом расстоянии от ствола, – сферическая. Диаметр отверстия, из которого проис-

ходит истечение, – характерный размер источника возмущения – можно оценить: это размер линии пересечения газового конуса с дульным срезом ствола. Сколько таких характерных размеров уложится на расстоянии, пройдя которое волна уже мало отличается от сферической? Десятки? Заведомо меньше сотни.

Вернемся к ядерным зарядам. Примем характерный размер боевого блока равным метру (на самом деле он меньше). Значит, на выигрыш в плотности энергии ударной волны можно рассчитывать на дистанциях менее сотни метров от подорванного боевого блока. Но в пределах этого радиуса такой боевой блок и без всякой кумуляции гарантированно уничтожит шахту, в которой базируется межконтиненталь-

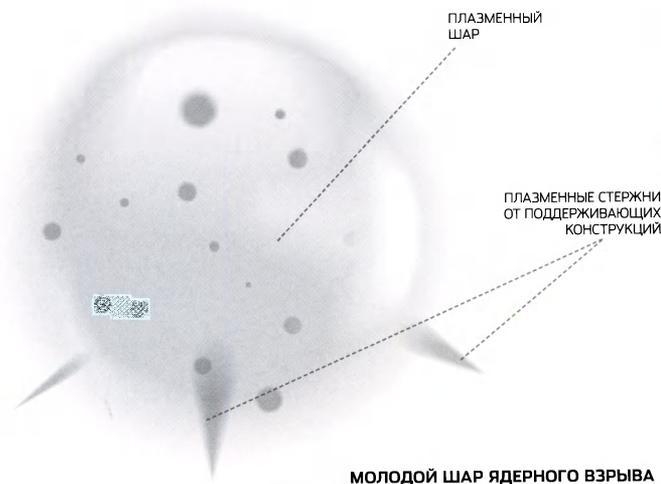
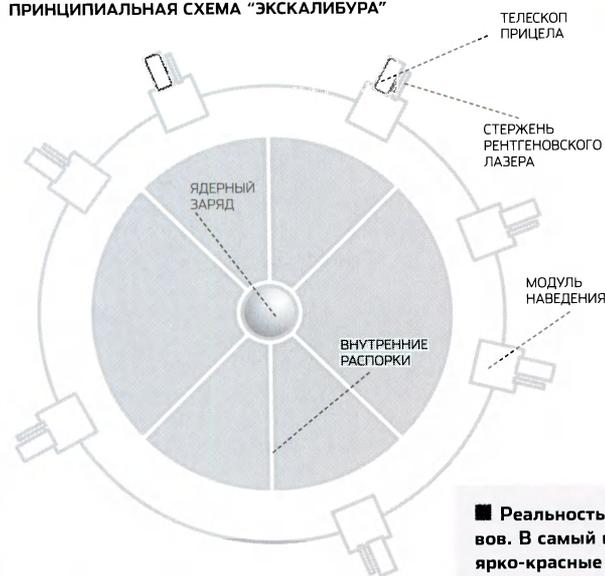
Ударная волна на срезе ствола



На теневом снимке видно, что ударная волна уже на небольшом удалении от среза ствола становится почти сферической

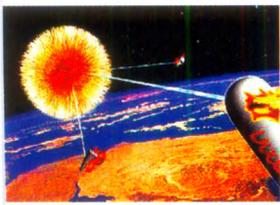
Excalibur

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА “ЭКСКАЛИБУРА”



МОЛОДОЙ ШАР ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

■ Реальность создания “Экスカдибура” советским физиком подтвердили снимки ядерных взрывов. В самый первый момент видно, как из плазменного шара ядерного взрыва вырываются ярко-красные плазменные стержни от металлических тросов и поддерживающих конструкций, превратившихся в плазму



■ Так американские художники в 1980-х годах представляли себе действие “Экスカлибура”

ная баллистическая ракета противника, а много ли существует более стойких к ударной волне целей? На еще больших расстояниях от взрыва источник возмущения будет и вовсе ничтожной, незаметной точкой, и “растаскивание” энергии приведет к строгой сферической симметрии ударной волны. Идеально сфокусированный вначале в одном направлении ядерный взрыв станет практически неотличим от обычного, ненаправленного. Не поможет и металлическая облицовка: вблизи заряда металл превратится в плазму, а та, рекомбинировав, – в тот же газ, хотя поначалу и плотный.

Лазерный меч космического базирования

Тем не менее направленное ядерное оружие не только возможно, но и реально испытано. Это рентгеновский лазер с ядерной накачкой. И появлению его мы обязаны пресловутой СОИ – программе Стратегической оборонной инициативы, развернутой в США в 1980-х и направленной на перехват советских баллистических ракет. Учитывая огромные скорости боевых блоков в космосе, идеальным оружием для перехвата боеголовок считались лазеры, способные поражать цели буквально со скоростью света. Недостатков у лазеров было два: малая мощность и расходимость пучков. Какой бы ни была мощность, но если на мишень падает пучок излучения диаметром в несколько километров, польза от такого лазера нулевая – разве что дальномер из него сделать... Борьба с расходимостью пучков можно только одним способом – уменьшая длину волны. Однако из фундаментальных законов физики следует, что чем короче длина волны, тем сложнее осуществить квантовое усиление излучения, или, говоря человеческим языком, построить лазер. Первые квантовые усилители (мазеры), созданные в далеких 1950-х, работали в радиодиапазоне (довольно длинные волны), через десятилетие появились работающие в оптическом диапазоне лазеры. А еще через десятилетие сформировалась теоретическая и экспериментальная база для создания лазера в рентгеновском диапазоне. Однако для использования такого лазера в качестве пушки для стрельбы по боеголовкам требовалась фантастическая энергия накачки. Дать ее мог только ядерный взрыв.

Одноразовый лазер

Идея рентгеновского лазера с ядерной накачкой неочевидна, парадоксальна и одновременно красива, как и многие другие идеи в ядерном оружии. Если близко от ядерного взрыва находится длинный и тонкий металлический стержень, то мощное излучение мгновенно превратит его в полностью ионизированную плазму, что и требуется для рабочего тела рентгеновского лазера. Само собой, плазма

■ Чистая физика

Атомы могут находиться в различных энергетических состояниях. При переходе из возбужденного состояния в основное атом испускает квант света. Кроме самопроизвольных переходов с одного энергетического уровня на другой могут произойти и вынужденные, обусловленные действием на атом падающего на него излучения. Самопроизвольные переходы осуществляются только в одном направлении – с более высоких уровней на более низкие. Вынужденные переходы могут происходить обоим направлениях. В случае перехода на более высокий уровень атом поглощает падающее на него излучение. **При вынужденном переходе с одного из возбужденных уровней на более низкий энергетический уровень происходит излучение атомом фотона, дополнительного к тому фотону, под действием которого произошел переход.** Это дополнительное излучение называется вынужденным (или индуцированным).

Вынужденное излучение обладает весьма важными свойствами. По частоте, фазе и поляризации оно совпадает с характеристиками излучения, вызвавшего переход: вынужденное и внешнее излучения когерентны. Эта особенность лежит в основе действия усилителей и генераторов света – лазеров. Эйнштейн в 1917 году показал, что соотношение между вероятностями спонтанного и индуцированного излучения обратно пропорционально кубу длины волны. **Выход лучистой энергии ядерного взрыва** реализуется в основном в рентгеновской части электромагнитного спектра. Рентгеновские лазеры – импульсные, с малой длительностью генерации. При огромной плотности энергии активная среда лазера может быть только плазмой, причем полностью ионизованной. Когда плазма после ядерного взрыва начинает охлаждаться, быстрее всего охлаждаются электроны. После достаточного понижения их температуры начинается процесс рекомбинации. Для некоторых уровней при этом и реализуются индуцированные переходы, из-за чего такой тип лазера называют рекомбинационным. **Плотность электронов** не должна быть слишком высокой, чтобы обеспечить условия инверсной населенности. Дело в том, что с увеличением энергии состояния населенность уровня уменьшается. В системе атомов, находящейся в термодинамическом равновесии, поглощение волны накачки может и преобладать над вынужденным излучением, так что волна накачки при прохождении через вещество ослабляется. **Для усиления нужно,** чтобы в состоянии с большей энергией находилось большее число атомов, чем в состоянии с меньшей энергией. Тогда говорят, что данная совокупность атомов имеет инверсную населенность. Такое возможно для атомов таких элементов, как железо, цинк, медь. Длины волн квантов, излучаемых при индуцированных переходах в этих элементах, – немногим более десятка ангстрем. Очень “мягкое”, излучение поглощается в субмикронных слоях металлов, так что механизм поражения им цели – тепловой взрыв на ее поверхности. **Но малая длина пробега – это и недостаток:** поглощение в воздухе тоже значительно, поэтому и войны с применением такого поражающего фактора задумали затевать в космосе.



■ У концепции рентгеновских лазеров с ядерной накачкой масса уязвимых мест. При многонаправленной архитектуре, какая применяется в “Экскалибуре”, это множественные системы наведения, которые сами по себе чрезвычайно дороги. Однонаправленные “пучковые” лазеры обходятся одной системой наведения, но сталкиваются с другими проблемами. Во-первых, стержни должны быть уложены абсолютно параллельно, чтобы пучок не дал расхождения на сотнях километров. Во-вторых, хотя сам ядерный взрыв не успеет повредить стержни, обычная взрывчатка, которой обжимают плутониевую сборку до взрыва, делает это легко. И как с этим бороться, пока непонятно.

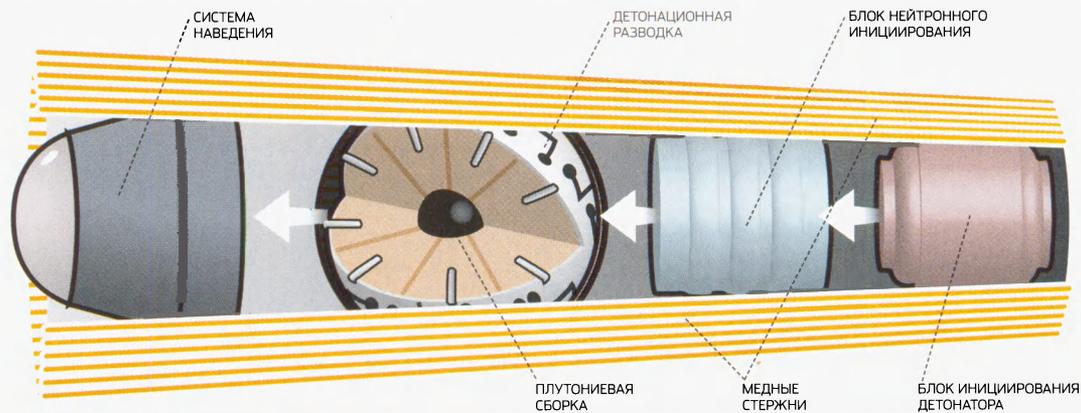
начнет расширяться со скоростью 5 км/с, что очень быстро для нас, но очень медленно для процессов лазерной накачки. Если начальный диаметр стержня составит доли миллиметра, то потребуется около 30 наносекунд (прямо нанотехнологии какие-то), чтобы создать условия для возникновения индуцированного излучения продолжительностью импульса не более наносекунды. За это время диаметр расширяющегося стержня еле превысит миллиметр.

Какая бы то ни было оптика бесполезна для формирования, фокусировки и усиления рентгеновского излучения. Все определяется отношением поперечных размеров среды к продольным, то есть в конечном счете физическим размером исходного металлического стержня. Исходя из этого,

около сотни подвижных металлических стержней рентгеновских лазеров, смонтированных вокруг ядерного заряда. Каждый стержень был объединен с персональной системой захвата цели и наведения на основе небольшого телескопа. После выбора целей и наведения на каждую из них по несколько стержней ядерный заряд подрывался, а рентгеновские лазерные лучи “ударяли” по ракетам. По расчетам, каждый стержень мог излучить энергию в 5–6 кДж на расстояние в 100 км.

Негусто и недалеко. Поэтому, тщательно взвесив все “за” и “против”, американцы остановились на варианте поскромнее: образовали из всех стержней цилиндр, окружающий заряд, забыв о поражении многих целей одним взрывом – поразить бы одну!

■ Последняя версия рентгеновского лазера с ядерной накачкой



можно считать совершенно секретные размеры совершенно секретных рентгеновских лазеров. Про толщину стержня мы уже писали, ну а длина определяется плотностью энергии воздействующего излучения, проще – мощностью ядерного взрыва. Необходимо, чтобы самый удаленный от заряда край стержня был бы полностью ионизован, став прозрачным для излучения. Для ядерного взрыва мощностью 30 кт этим условиям удовлетворяет длина стержня около 10 м. Ну а при такой длине сохраняющий форму стержень слишком уж тонким – намного меньше 1 мм – и не сделаешь.

Ежик в космосе

Проект космического рентгеновского щита курировался легендарным “отцом” американской водородной бомбы Эдвардом Теллером и носил говорящее название “Экскалибур”. Подобно мечу короля Артура, он должен был точными ударами разить вражеские боеголовки. В считанные секунды после старта советских ядерных ракет с американских субмарин стартовали противоракеты, раскрывавшие в космосе своеобразный занавес из рентгеновских лазеров. Каждая противоракетная боевая станция “Экскалибур” представляла собой

26 марта 1983 года в подземной шахте на полигоне в штате Невада в рамках программы Cobra был произведен первый, и пока единственный, взрыв рентгеновского лазера с ядерной накачкой мощностью в 30 кт. Из этой огромной энергии лишь жалкие 130 кДж перепали острию “Экскалибура”. Выпад с таким мечом получился бы не таким уж и дальним, потому что пучок излучения расходился существенно: через каждые 10 м – на доли миллиметра, а через 100 км – почти на десяток метров.

Вместо чудо-оружия получился пшик – в самом идеальном случае на одну боеголовку надо было потратить как минимум одну ядерную противоракету. А если учесть, что многие ракеты несут несколько боеголовок и вдобавок существует куча ложных целей... Да и не так просто вывести цель из строя лучом лазера, пусть даже и рентгеновским, ведь современные боеголовки способны выдерживать близкие ядерные взрывы. К тому же последовавший за первым экспериментом мораторий на ядерные испытания и вовсе перевел задачу создания рентгеновских лазеров с ядерной накачкой в область теоретических изысканий. О чем, признаться, мы особо и не жалеем. ПИМ

