



ВОЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

MILITARY APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY: NUCLEAR WEAPON

Ю.Альтман
Ju.Altmann

В продолжении публикации отрывков из книги Юргена Альтмана "Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений"^{*} рассматривается применение нанотехнологий (НТ) в системах управления, хранения, обеспечения безопасности и приведения в боевую готовность ядерного оружия.

In the excerpts from the book by Jurgen Altmann, "Military nanotechnology. Potential applications and preventive arms control"^{*} such issues are discussed as the use of nanotechnology for control, storage, security and readiness of nuclear weapon.

Ядерные виды оружия – комплексы средств, включающие сложные системы управления, хранения, обеспечения безопасности, приведения в боевую готовность и даже уничтожения при некоторых обстоятельствах. В США функционирование этих систем регулируется обширным комплексом правил, процедур и средств, обычно обозначаемых аббревиатурой PAL (Permissive Action Links), которые включают множество датчиков, механических блокирующих устройств, электрических и электронных схем и т.п. Микросистемная техника позволяет существенно уменьшить размеры и вес многих входящих PAL систем, а также более простых устройств контроля за безопасностью, хранением и приведением в боевую готовность различных типов обычных вооружений. Развитие НТ должно привести к дальнейшей миниатюризации используемого в этих целях оборудования и повышению надежности системы в целом за счет развития новых типов датчиков и их интеграции с разнообразными механическими, оптическими и электронными блокирующими устройствами.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА

По-видимому, использование НТ может привести к количественным изменениям в составе и конструкции химических взрывателей, используемых в ядерном оружии для быстрого сближения двух или нескольких порций делящегося вещества с образованием так называемой критической массы. Сближение

обычно осуществляется имплозией, то есть направленным внутрь взрывом, позволяющим быстро сформировать цельный шар из полых полусфер плутония, или, в простейшем варианте, мгновенным сближением двух субкритических масс при помощи химических подрывных зарядов обычного типа. Возможности НТ в этом направлении невелики и сводятся к тому, что новые технологии позволят создать новые типы взрывчатых веществ с более высокой плотностью энергии. В результате, для исходного сжатия можно будет использовать меньшее количество так называемых химических детонаторов или (при том же весе химических зарядов) обеспечивать более сильное сжатие и, соответственно, уменьшать количество делящегося ядерного материала.

За несколько десятилетий развития ядерного оружия были выработаны очень строгие спецификации изготовления и механической обработки плутониевых элементов заряда и деталей самих бомб. Возможно, что НТ обеспечат еще большую точность их изготовления, хотя пока остается неясным, приведет ли дальнейшее повышение точности к увеличению эффекта имплозии (в конечном счете, к уменьшению критической массы), поскольку пределы сжатия вещества, скорее всего, определяются несферичностью фронта детонации, обеспечиваемого так называемыми детонационными линзами из обычной взрывчатки. В этом случае перед исследователями встает проблема структурирования взрывчатых

^{*} Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений / Изд. 2-е, доп. и испр. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2008. 424 с.

веществ на микро- и наноуровне, например, за счет пространственного варьирования состава заряда, позволяющего обеспечить сферичность фронта детонации. Именно такая задача и решалась в рамках американской программы Stockpile Stewardship, осуществляемой Ливерморской лабораторией, хотя представляется маловероятным, что таким методом удастся уменьшить критическую массу хотя бы в два раза.

Упомянутые выше усовершенствования в конструкции ядерного оружия не очень существенны, так как сама возможность ядерного взрыва связана прежде всего с наличием в бомбе нескольких килограмм делящегося (активного) вещества. Общий вес конструкции, включая химическую взрывчатку, начинку, корпус и вспомогательные материалы, составляет несколько десятков килограмм. Водородная бомба, конструкция которой включает атомную в качестве составной части для инициирования реакции синтеза водорода, значительно тяжелей, и поэтому в целом не следует ожидать, что применение НТ приведет к сколь-нибудь заметному уменьшению веса существующих образцов ядерного оружия.

Для справки, приведем некоторые значения веса разных типов ядерных зарядов, принятых на вооружение в армии США. В настоящее время наиболее легкой в классе бомб является атомная фугасная бомба с тротильным эквивалентом менее 1 кт ($4,2 \cdot 10^{12}$ Дж), вес которой составляет около 70 кг (вес боевой части – около 27 кг). Еще меньше (54 кг) весят ядерные артиллерийские снаряды с тротильным эквивалентом около 0,1 кт. Для сравнения укажем, что ракетная боеголовка с водородной бомбой обычного (двухстадийного) типа весит 363 кг и имеет тротильный эквивалент 335 кт.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

При взрыве атомного устройства в его веществе начинают стремительно развиваться многочисленные и разнообразные физические процессы разной

природы, в которых участвуют и взаимодействуют механические, ядерные, термодинамические, плазменные, радиационные и другие эффекты. Системы уравнений, описывающих поведение взрывающегося ядерного вещества, слишком сложны для аналитического решения, поэтому обычно их решают на компьютере численными методами. Сложность уравнений значительно возрастает при моделировании многомерных процессов, вследствие чего для расчетов приходится применять самые мощные и быстродействующие компьютеры. Более того, используемые для этих целей модели и вычислительные программы представляют настолько большую важность, что в течение десятилетий многие испытания реальных образцов ядерного оружия осуществлялись специально для проверки правильности и точности компьютерных расчетов, а также боеспособности создаваемых на их основе бомб и зарядов. После заключения в 1996 году договора о запрещении ядерных испытаний такие проверочные испытания стали невозможны, вследствие чего ядерные державы сосредоточили свои усилия на создании сверхмощных компьютеров для расчета ядерных взрывов, и около десяти лет назад стало возможным даже полноценное трехмерное моделирование процессов ядерного взрыва.

Компьютеры широко используются и для изучения практически важных процессов коррозии и естественного старения ядерного оружия при его длительном хранении. В США такие исследования ведутся на основе данных, полученных ранее при проведении испытаний более 1000 реальных образцов различных ядерных устройств, что позволяет в дальнейшем модернизировать уже существующие ядерные заряды. Собранные данные и компьютерные расчеты дают возможность повышать проникающую способность бомб при поражении целей, расположенных глубоко под землей.

Ценность НТ для исследований в данной области представляется очевидной, поскольку они обещают



повысить вычислительную мощность компьютеров на порядки, что, в свою очередь, позволит моделировать значительно более сложные взрывные процессы и основанные на них образцы нового оружия. Можно предположить, что в будущем на основе компьютерных расчетов можно будет создавать и совершенно новые типы ядерного оружия, хотя наверняка будет очень сложно убедить руководящие военные круги в надежности боевых зарядов, созданных на основе "чистой математики". Возможно даже, что из-за этого у военных возникнет мощный стимул возобновить реальные ядерные испытания и выйти из договора об их запрещении.

СВЕРХМАЛЫЕ ЯДЕРНЫЕ ЗАРЯДЫ

Выделяющаяся при ядерных взрывах энергия (в пересчете на массу) примерно в 10^7 раз превышает энерговыделение любой химической реакции. При полном расщеплении ядер 1 кг U-235 высвобождается энергия, эквивалентная взрыву 20 кт (20 млн. кг) тринитротолуола (ТНТ), а полная энергия реакции синтеза 1 кг дейтерида лития соответствует взрыву примерно 65 кт ТНТ.

Однако следует учитывать, что в реальных ядерных взрывах успевает прореагировать лишь небольшая часть ядер, так что высвобождаемая энергия всегда оказывается ниже теоретического максимума. Для повышения коэффициента полезного действия бомбы (если использование такого термина представляется уместным в отношении оружия массового поражения), то есть выделения большей энергии атомного заряда, конструкторы ядерного оружия уже десятки лет создают и испытывают все более изощренные устройства. Основная идея сводится к тому, чтобы исходным взрывом химических детонаторов осуществить максимальное сближение делящихся материалов или каким-то другим сложным образом скомбинировать процессы ядерного деления и синтеза.

Для инициирования реакции термоядерного синтеза обычно применяются атомные бомбы на основе урана или плутония, мощность которых не может быть ниже 1 кт. Очевидно, что для многих практических целей такие сверхмощные бомбы не нужны, что и привело разработчиков к идее о ядерных устройствах, работающих не по взрывному принципу. Такие устройства, позволяющие варьировать выделяющуюся энергию, уже получили название ядерного оружия четвертого поколения, хотя стоит отметить, что и в них энергия взрыва по-прежнему существенно превышает значения, достигаемые при использовании обычных взрывчатых веществ. Вес боезапаса современных систем обычного оружия (вещества типа тротила) составляет от 20 кг в артиллерийских снаря-

дах до 500 кг в ракетных боеголовках или даже 1 т в крупных авиабомбах (верхний предел веса боезаряда определяется характеристиками техники, например самолета-носителя). Мощность ядерного оружия четвертого поколения, в котором процессы ядерного слияния осуществляются на микроскопическом уровне (micro-fusion), в тротиловом эквиваленте варьируется от 1 т до 1 кт. При этом масса самого заряда составляет несколько килограмм, а в принципе может быть снижена до 1 кг или даже меньших значений. Такие снаряды, с одной стороны, являются чрезвычайно удобными для бомбардировки специфических целей, например, распределенных или, наоборот, точечных и сильно укрепленных, но проблема состоит в том, что их появление приведет к существенному размыванию границы между обычными и ядерными вооружениями.

Прямое инициирование реакций ядерного синтеза может осуществляться несколькими разными способами, например, с использованием так называемого инерциального удержания, при котором излучение от большого числа высокоэнергетических лазеров концентрируется на очень маленькой (диаметром менее 1 мм) таблетке ядерного материала с особой структурой и составом. Стоит отметить, что используемые в подобных экспериментах лазеры в настоящее время имеют гигантские размеры, так, лазерная установка NIF США занимает площадь 200×85 м.

Микросистемная техника и НТ могут сыграть существенную роль в создании ядерного оружия на основе реакций микросинтеза. Вообще говоря, для зажигания реакции термоядерного синтеза образец должен быть очень сильно сжат, а затем хотя бы в одной точке подвергнут дополнительному нагреву, что и должно привести к выделению нейтронов, инициирующих реакции слияния ядер. Указанной цели добиваются, воздействуя на образец мощным лазерным излучением или пучками тяжелых ионов, возможно при одновременном облучении образца нейтронами, образующимися, например, в результате реакции деления ядер в субкритическом режиме. Конечно, миниатюризация мощных лазеров и ионных ускорителей пока представляется технически невозможной, однако микросистемные и нанотехнологические методы могут оказаться весьма ценными на следующем этапе развития ядерного оружия, если исследователи действительно научатся использовать для сжатия и поджигания реакций антиматерию, а с учетом последних достижений ядерной физики, эта идея уже не кажется фантастической. Известно, что любой контакт антивещества с обычным веществом приводит к аннигиляции, сопровождаемой, в соответствии со знаменитой



формулой $E=mc^2$, где m – масса, а c – скорость света, равная 3×10^8 м/с, выделением чудовищного количества энергии. Легко подсчитать, что реакция одного килограмма смеси (протоны/антипротоны) эквивалентна взрыву 22 Мт тротила.

В настоящее время нельзя даже думать о создании реальной бомбы из антиматерии, поскольку ее удастся получать только на мощнейших ускорителях элементарных частиц, причем в совершенно микроскопических количествах. С другой стороны, нельзя забывать, что для инициирования процессов в описываемых выше устройствах, основанных на реакциях микросинтеза, также необходимы лишь ничтожные порции антивещества. К настоящему времени уже не только экспериментально доказана принципиальная возможность получения антипротонов и даже атомов антиводорода, но и разработана методика их сохранения в течение нескольких часов в специально сконструированных электромагнитных ловушках. Поэтому вполне возможно, что с помощью микросистемных и нанотехнологических методов исследователям удастся сконструировать реальные микроустройства, позволяющие длительное время изолировать антипротоны или антиатомы от возможного и губительного взаимодействия со стенками из

обычного вещества, а затем использовать антивещество для инициирования требуемых реакций.

Существуют и альтернативные методы аккумуляирования и хранения античастиц, основанные, например, на использовании различных метастабильных состояний, куперовских пар или пространственно распределенных блоховских состояний в конденсированном состоянии. Если какой-нибудь из этих методов окажется практически перспективным, то применение микросистем и НТ будет способствовать организации быстрого и достаточно дешевого производства устройств такого типа.

Опасность создания ядерного оружия нового поколения с использованием микросистемной техники и НТ не является пока непосредственной и угрожающей, но теоретически не стоит пренебрегать и такой возможностью развития событий, тем более что это может серьезнейшим образом нарушить все системы международной стабильности и безопасности. Необходимо в возможно короткие сроки разработать программу системного мониторинга любых исследований в области создания, хранения и использования антивещества для инициирования реакций термоядерного синтеза, а также других направлений исследований в этой области. ■