

Заброневое действие

Механическая взаимосвязь элементов бронезащиты СИБ с телом человека обуславливает передачу ему части импульса и энергии пули или осколочного поражающего элемента. И, несмотря на то что современные бронежилеты весьма эффективно предотвращают проникание в заброневое пространство пуль и осколков, очень часто их заброневое действие при непробитии бронезащиты приводит к так называемой тупой контузионной травме, локализованной в области воздействия.

Механизмы заброневого действия так или иначе связаны со смещением бронезэлемента и проявляются в виде:

- волнового нагружения тела человека ударными волнами, переходящими из бронезэлемента в контактирующие с ним мягкие ткани;
- локального ударного нагружения тела человека смещающимся бронезэлементом или образующимся в нем деформационным куполом - выпучиной;
- ускорения тела или его части за счет передачи механического импульса бронезэлемента, приведенного в движение ударным воздействием пули или осколка.

Тяжесть заброневой контузионной травмы определяется амплитудными значениями, временем действия и местом локализации нагрузок, действующих на тело человека. Всего степеней тяжести травмы четыре - от I легкой до IV крайне тяжелой (летальной). ГОСТ 50744-95 на защитную бронеодежду допускает заброневую травму не выше II (средней) степени тяжести. Общими признаками такой травмы являются: ушибленные раны, очаговые внутримышечные кровоизлияния, единичные очаговые кровоизлияния в брыжейку кишечника, множественные субплевральные кровоизлияния. Вследствие кратковременного болевого шока возможна утрата боеспособности на 3...5 мин. Ограниченная боеспособность наблюдается до 10 сут., полное восстановление наступает через 15...20 сут. Травма III степени тяжести (тяжелая травма), сопровождающаяся закрытыми и открытыми переломами ребер и отростков позвонков, разрывами плевры, кровоизлияниями в паренхиму легких, сердца и другими серьезными повреждениями внутренних органов, не допускается.

Все используемые в настоящее время методы изучения заброневой контузионной травмы можно разделить на три большие группы. В первой группе в качестве объектов исследования используются небиологические макеты мягких тканей человека из тканеэквивалентных материалов, макеты-имитаторы фрагментов тела человека, например головы или грудной клетки, антропоморфные манекены. Во второй группе баллистическому воздействию подвергаются биологические объекты (различного вида подопытные животные после обезболивания), костномышечные препараты и др. Третья группа методов основана на непосредственном изучении заброневого тупых контузионных травм у раненых бойцов во время их лечения.

По очевидным причинам наибольшее распространение среди разработчиков и производителей бронежилетов получили методы испытания с использованием небиологических макетов мягких тканей человека. Чаще всего в качестве макетов используют либо пластичные материалы, такие как пластилин, глина, мастика, либо водные - 10...20%-ные гели из желатина или вязкие жидкости типа жидкого мыла, плотность которых близка к плотности мягких тканей. Большинство недостатков этого метода связано с тем, что с помощью макетов невозможно воспроизвести все свойства мягких тканей человека, влияющие на тяжесть заброневого травмы.

Пластичные материалы позволяют характеризовать заброневое травматическое воздействие на защищаемый объект остаточными размерами кратера, образующегося после баллистического удара пули или осколка по защитному бронеэлементу, расположенному, например, на пластилиновом блоке. При тщательном соблюдении однообразия свойств пластичных материалов удастся получить объективные сравнительные данные о травматической опасности испытываемых бронеэлементов при воздействии одних и тех же средств поражения. Основной характеристикой трамвоопасности может служить, например, глубина кратера в пластичной подложке. Сопоставляя получаемые в экспериментах глубины кратеров с тяжестью ранения бойцов в аналогичных условиях баллистического воздействия, определяют допустимые характеристики воздействия. Предельно допустимыми глубинами кратеров, образующихся в пластилиновых подложках из мягкой модельной глины Roma Plastilina № 1, закрытых текстильной броней, при воздействии пистолетных и револьверных пуль, имеющих скорость 300...450 м/с, являются: 44 мм (США), 20 мм (Германия), 22 мм (Россия). Полученные значения нельзя

считать универсальными. При увеличении скорости средства поражения допустимая глубина кратера уменьшается, например: для стального шарика диаметром 6,3 мм при скорости 500...700 м/с она составляет 10...15 мм

Жидкотекучие макеты мягких тканей позволяют с использованием рентгеноимпульсной и высокоскоростной оптической (необходима прозрачность макета) съемки исследовать заброневое травматическое воздействие на защищаемый объект в динамике. Большое значение имеет измерение давления в макетах с помощью различных измерительных преобразователей.

В результате экспериментальных исследований заброневого действия при баллистическом ударе по мягким и жестким защитным бронеэлементам, установленным на желатиновых блоках были обнаружены следующие два факта.

1. Взаимодействие пули с защитным бронеэлементом сопровождается формированием временной полости за бронеэлементом. Как показывает анализ рентгеновских снимков, размеры временной полости зависят как от типа защитного бронеэлемента, так и от кинетической энергии пули и определяют в основном степень тяжести забронеовой контузионной травмы, поскольку характеризуют величину кинетической энергии, передаваемой защищаемому объекту.
2. Зависимость давления от времени в желатиновом блоке, подвергнутом баллистическому удару со стороны расположения бронеэлемента, состоит из двух импульсов давления: первый импульс давления амплитудой в несколько мегапаскалей и длительностью около 50...100 мкс формируется в начальный момент взаимодействия пули с преградой и имеет ударно-волновую природу. Для регистрации таких импульсов необходимы измерительные преобразователи с достаточно высокой частотой собственных колебаний ~100 кГц, поэтому в литературе этот импульс часто называют высокочастотным.

Второй пологий (низкочастотный) импульс давления имеет амплитуду примерно на порядок меньшую (несколько десятых долей МПа), формируется с большой задержкой около одной или нескольких миллисекунд после удара и имеет существенно большую длительность - около 10 ... 15 мс. Эти данные были получены при обстреле пулями

пистолета ПМ желатиновых блоков, имеющих размеры 20 х 20 х 28 см, на фронтальной поверхности которых устанавливались мягкие бронеэлементы из 30 слоев ткани ТСВМ. Для измерения давления в желатиновых блоках использовались сферические пьезоэлектрические преобразователи давления диаметром 5 мм, которые устанавливались на расстоянии 4 и 10 см от поверхности блока. При использовании жестких защитных бронеэлементов характеристики профиля давления несколько изменяются – время задержки между импульсами давления возрастает до 5...6 мс.

Динамика развития временной полости зависит от типа защитного бронеэлемента, энергии удара и толщины антитравматических амортизаторов.

При использовании в качестве защитного бронеэлемента текстильной брони временная полость образуется в результате удара тыльного деформационно купола по защищаемому объекту. Начальная скорость движения выпучины текстильной брони может быть определена исходя из закона сохранения импульса при неупругом соударении пули с броней:

$$v_1 = \frac{mv_0}{m + M_{т.п}},$$

где m – масса пули; v_0 – скорость пули в момент удара; $M_{т.п}$ – присоединенная масса текстильного бронепакета. В последующие моменты времени скорость выпучивания деформационного купола из-за действия сил сопротивления, образующихся в результате натяжения нитей в бронепакете, быстро уменьшается. В зависимости от толщины амортизатора первоначально удар будет нанесен со скоростью v_1 (амортизатор отсутствует и бронеэлемент находится в непосредственном контакте с телом), либо с некоторой меньшей скоростью, зависящей от толщины амортизатора и его поверхностной плотности.

Важно понять, что совместное движение жидкости и текстильной брони вследствие интенсивного торможения деформационного купола будет происходить только в течение небольшого промежутка времени, после чего броня потеряет скорость, а жидкость продолжит движение по инерции, оторвавшись от деформационного купола, в результате чего начинает формироваться временная полость. Движение жидкости на этой стадии будет определяться кинетической энергией, запасенной ею до отрыва от брони.

Наличие в составе комбинированного защитного бронезлемента керамики принципиально ничего не меняет, поскольку при воздействии пули происходит локальное разрушение керамики с формированием конуса, который, воздействуя на органопластиковую подложку, приводит к локальному нагружению объекта защиты с формированием временной полости. Комбинированная керамико-органопластиковая броня используется для защиты от высокоэнергетических средств поражения, и ее пригодность определяется не только уровнем баллистической стойкости, но и способностью формировать запреградные деформационные купола с малым прогибом и относительно невысокой скоростью их роста.

Иначе обстоит дело при воздействии пули на комбинированную металлотекстильную броню. При непробитии металлической бронепластины существенных локальных деформаций, как правило, не наблюдается. Импульс и энергия пули передаются всей бронепластине.