



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014
УДК 61:355

Медицинские подходы к созданию и испытаниям средств защиты экипажей боевых машин от взрыва противотранспортных мин

ВОРОНА А.А., заслуженный деятель науки РФ, профессор, полковник медицинской службы
в отставке (vorona2alexander@gmail)
МОИСЕЕВ Ю.Б., профессор, полковник медицинской службы запаса
РЫЖЕНКОВ С.П., кандидат медицинских наук, полковник медицинской службы

Центральный научно-исследовательский институт ВВС МО РФ, г. Щёлково, Московская область

Авторами показано, что современные технологии способны предотвратить тяжелые повреждения членов экипажей и травмы средней степени тяжести при подрыве на mine и обеспечить их травмобезопасность не ниже 95%. Решение данной задачи достигается исключением условий для получения компрессионных переломов позвоночника, переломов костей стопы и голени, ушибов головного мозга средней степени и тяжелее, разрывов барабанной перепонки. Сделан вывод о необходимости оценки средств противоминной защиты по результатам натурных и полунатурных испытаний с использованием в качестве аналога тела человека антропоморфных манекенов и регистрации параметров травмоопасных факторов с последующим математическим моделированием реакции тела человека на действие этих факторов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: взрывы противотранспортных мин, средства защиты экипажей, повреждение членов экипажей, натурные и полунатурные испытания, математическое моделирование.

Vorona A.A., Moiseyev Yu.B., Ryzhenkov S.P. – Medical approaches to development and tests of anti-mine defence for combat vehicle crews. To prevention death and serious injuries personnel must be equipped with war materiel collective and individual antimine defence. The experience gained in the establishment of protective equipment shows that modern technology can prevent serious injuries and moderately severe blast injuries in the members of the crew an ensure injury prevention not less than 95%. The solution to this problem is achieved by exception of conditions for spinal compression fractures, ankle and foot fractures, severe and moderately severe brain contusions and eardrum ruptures. Anti-mine defence effectiveness test should be carried in situ and in semi natural environment using as an analogue of the human body a biomorphic model and recording parameters and traumatic factors in the following mathematical simulation of the reaction of the human body on the effect of these factors.

К е у w o r d s: anti-mine defence, injury factors, blast injury, military equipment.

Для современных локальных войн характерно нарастание доли пораженных вследствие воздействия факторов подрыва мин и фугасов. Наиболее тяжелые минно-взрывные травмы были получены при подрыве боевой техники и транспорта на противотранспортных минах и фугасах, т. е. при экранированном воздействии поражающих факторов на личный состав [7]. Особенно неблагоприятные последствия отмечаются у военнослужащих, находившихся в момент подрыва внутри боевой техники. Для предотвращения гибели и тяжелых ранений

данной категории личного состава необходимо оснащение объектов военной техники коллективной и индивидуальной противоминной защитой. Для того чтобы средства защиты были эффективными, необходимо научно обосновать медицинские требования к ним и медицинские подходы к их испытаниям.

Исходя из результатов изучения исходов минных подрывов и в соответствии с регламентом, характеризующим условия деятельности военнослужащих, члены экипажа боевых машин во время минного подрыва попадают в ситуацию,



соответствующую четвертому, терминальному режиму, когда на военнотранспортных действуют сверхэкстремальные значения факторов окружающей среды, возможны травмы, потеря сознания и даже летальный исход [3].

Задачей защиты от неблагоприятного действия противотранспортных мин, по нашему мнению, является перевод ситуации из крайних степеней терминального режима (уровень летальных и тяжелых повреждений) в наиболее легкие степени терминального режима, когда возможны только легкие травмы (для условий максимальных количеств взрывчатых веществ), либо в режим экстремального воздействия, т. е. режим экстремальной ситуации, при котором на личный состав могут воздействовать максимально допустимые уровни факторов окружающей среды. При этом физиолого-биохимические параметры человека временно могут выходить за пределы нормы, снижается боеспособность и терминальный режим [3].

Для реализации поставленной задачи необходимо определить главные травмирующие факторы, действующие на экипаж боевой машины при подрыве противотранспортной мины. Анализ частоты, локализации и характера повреждений личного состава, находившегося в боевых машинах в момент подрыва противотранспортной мины, свидетельствует о ведущей роли двух факторов: ударной перегрузки и избыточного импульсного воздушного давления [7].

Так, у пострадавших с минно-взрывными повреждениями преобладают переломы костей, которые в сумме с отрывами и разрушениями конечностей составляют почти 40%. Второе место принадлежит сопутствующим ранениям мягких тканей (32,1%), третье — повреждениям внутренних органов (19,3%). Эта картина похожа на структуру травм у членов экипажей вертолетов, совершивших аварийное приземление [3], что позволяет предположить сходство главных повреждающих факторов и механизмов травмирования в обоих случаях — действие ударной перегрузки, сопровождающей как минный подрыв боевой машины, так и аварийную посадку вертолета.

Эффекты ударного воздействия условно разделяются на кинематические и деформационные. Кинематическое действие перегрузки связано с инерционным смещением всего тела или его частей, часто приводящее к вторичным повреждениям, вызванным соударением с элементами интерьера боевой машины.

Деформационный эффект обусловлен непрямым действием ударной перегрузки и вызываемыми им микродеформациями тканевых структур, которые ведут к повреждению (для костной ткани это переломы, для мягких тканей — разрывы). Непрямая вертикально направленная механическая нагрузка, передаваемая телу механика-водителя через сиденье, вызывает перелом поясничных позвонков из-за их сжатия, а также вдавленный перелом костей черепа при соударении головы с потолком. Кроме того, удар головой сопровождается сжатием шейных позвонков и их повреждением. Аналогичный механизм действует и в отношении нижних конечностей. Большая роль в травмировании сегментов нижних конечностей, особенно в их открытых и закрытых переломах и отрывах, принадлежит действию разрушенных механизмов боевых машин.

Повреждения внутренних органов в значительной степени могут быть связаны с ударом тела об элементы интерьера машины вследствие кинематического эффекта перегрузки, а также действия избыточного импульсного воздушного давления, которое возникает при интенсивном импульсном шуме, сопровождающем подрыв, а также из-за непосредственного действия ударной воздушной волны взрыва при потере герметичности днища боевой машины.

Таким образом, при формировании медицинских требований к противоминной защите экипажей боевых машин в первую очередь необходимо ориентироваться на нормирование неблагоприятного действия ударной перегрузки (преимущественно вертикального направления «голова — таз») и импульсного избыточного воздушного давления.

Следует учитывать, что современные технологии создания средств индивидуальной и коллективной защиты способны обеспечить достаточно высокую эф-



эффективность противоударной защиты, в то время как в отношении действия ударной воздушной волны применительно к условиям подрыва противотранспортной мины эффективной может оказаться только коллективная защита, полностью предотвращающая потерю герметичности корпусом и затекание волны внутрь машины. В таком случае неблагоприятное действие импульсного воздушного давления, возникающего вследствие высокочастотного колебания корпуса, будет представлено импульсным шумом, влияющим преимущественно на орган слуха.

При формировании требований к противоминной защите следует ориентироваться на уровень безопасности военнослужащих. В самом общем случае выбранный показатель безопасности — *травмобезопасность* (T) должен, на наш взгляд, выглядеть следующим образом:

$$T=1-R,$$

где R — вероятность получения травмы определенного уровня (в нашем случае — повреждения тяжелее легкой степени). Однако понятия T и R применительно к определенной задаче должны быть конкретизированы и насыщены четким предметным содержанием.

По нашему мнению, во время выбора критериев безопасности целесообразно базироваться на классификации повреждений, разработанной специалистами кафедры *военно-полевой хирургии* (ВПХ) Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова [6]. Достоинством этой классификации является попытка количественной, формализованной оценки разнородных повреждений, позволяющей дать интегральную оценку сочетанной и комбинированной травмы. Исходя из приведенного выше определения рассматриваемой ситуации, считаем, что в качестве допустимого уровня поражения может рассматриваться легкая степень травмы (по классификации ВПХ), которой соответствует оценка состояния, не превышающая 0,5 балла. Этот выбор, с нашей точки зрения, правомочен по нескольким обстоятельствам:

— минный подрыв сопровождается освобождением большой энергии, для

рассеяния и поглощения которой на пути к человеку требуется использование серьезных технических средств. Последние сами по себе обладают значительной массой и габаритами, снижающими прочие (помимо противоминной защиты) боевые возможности образца военной техники. В общем случае, чем надежнее защита, тем больше ее масса и размеры, тем сильнее отягчающий эффект, уменьшающий боеспособность личного состава и боевые характеристики техники;

— минный подрыв — относительно редкое событие, которое происходит не с каждым экипажем и не в каждом боевом задании;

— повреждения легкой степени характеризуются нулевой летальностью, практическим отсутствием серьезных осложнений и постоянной инвалидизации (увольнением из рядов Вооруженных Сил), срок утраты трудоспособности не превышает 70 сут [6]. Состояние пострадавших удовлетворительное. Иными словами, сразу после получения такой травмы военнослужащий способен к выполнению действий в довольно широком диапазоне задач, а после правильного лечения в большинстве случаев возвращается в строй.

Рассмотрим, как применить изложенные выше соображения к конкретным видам травм, характерных для членов экипажей объектов военной техники, подорвавшихся в минах. Наиболее уязвимыми для деформационного действия ударной перегрузки, сопровождающей подрыв, являются позвоночник и нижние конечности военнослужащих, находящихся на рабочих местах в положении сидя. Кинематическое (метательное) действие ударной перегрузки может привести к соударению тела военнослужащего с окружающими объектами.

Применительно к потенциальным повреждениям позвоночника военнослужащих в результате подрыва БМП оценка тяжести по шкале ВПХ-П выглядит следующим образом:

— ушибам и мелким ранам области позвоночника соответствует 0,05 балла;

— переломам остистых и поперечных отростков позвонков — 0,1 балла;



– компрессионному стабильному перелому тела одного позвонка – 0,6 балла.

Применительно к повреждениям нижних конечностей оценка составляет:

– повреждения связок коленного или голеностопного сустава – 0,3 балла;

– одиночные переломы костей стопы – 0,3 балла;

– множественные переломы костей стопы – 0,3 балла;

– двух-, трехлодыжечные переломы голени – 0,7 балла;

– переломы пяточной или таранной кости – 0,9 балла.

В отношении травм головы и головного мозга шкала повреждений выглядит следующим образом:

– ограниченные раны мягких тканей головы – 0,05 балла;

– закрытые переломы костей носа – 0,2 балла;

– сотрясение головного мозга – 0,2 балла;

– переломы челюстей – 0,3 балла;

– ушиб головного мозга легкой степени тяжести – 0,3 балла;

– ушиб головного мозга средней степени тяжести с переломами свода черепа – 0,5 балла;

– непроникающие раны черепа без повреждений головного мозга – 0,6 балла;

– ушиб головного мозга средней степени тяжести с закрытыми переломами свода и основания черепа – 0,6 балла;

– непроникающие раны черепа с незначительным повреждением головного мозга – 0,8 балла.

В соответствии с подходами, принятыми на кафедре ВПХ, оценка тяжести повреждений осуществляется путем присвоения конкретному повреждению соответствующего балла тяжести. При сочетанных и множественных повреждениях (ранениях) проводится определение тяжести каждого повреждения с последующим суммированием баллов. Верхней границей легких повреждений служит оценка 0,4 балла [6].

Исходя из приведенных выше материалов, в качестве повреждений, вероятность которых учитывается в показателе *R*, рассматривается компрессионный ста-

бильный перелом тела одного позвонка, двух-, трехлодыжечные переломы голени, ушиб головного мозга средней степени тяжести. Вероятность получения таких травм (не тяжелее повреждений легкой степени тяжести) не должна превышать 5%, т. е. уровень травмобезопасности не должен быть ниже 95%.

Следует оговориться, что рассмотренные травмы, несмотря на необходимость лечения в стационаре, при правильной терапии не приводят к стойкой инвалидности и не являются основанием для увольнения из рядов Вооруженных Сил. Ушиб позвоночника, повреждения связок голеностопного сустава, ушиб головного мозга легкой степени тяжести являются приемлемыми видами повреждений, которые допустимы после минного подрыва боевой машины.

Проверка средств защиты по обеспечению выдвинутых требований должна проводиться в натуральных или полунатурных испытаниях образцов техники с использованием в качестве физических аналогов тела человека антропоморфных манекенов. В настоящее время существует довольно широкий выбор таких устройств, однако наибольшее распространение получили манекены семейства «Гибрид» производства фирмы *Denton* (США), которые применяются в испытаниях противоударной защиты автомобильной и авиационной техники [1].

Характеристики ударной перегрузки, зарегистрированные в процессе испытаний, используются для последующего математического моделирования реакции тела человека на данное воздействие при помощи одномассовой модели, обладающей заданными упругостью и вязкостью. Свойства элементов модели были верифицированы на основании биомеханических экспериментальных исследований с участием добровольцев. Реакция модели на любое ударное воздействие определяется решением дифференциального уравнения второго порядка, содержащего члены, описывающие положение элементов модели во времени, и характеризуется величиной индекса динамической реакции. Между величиной индекса динамической реакции и вероятностью травмирования позвоночника



установлена однозначная связь, статистически подтвержденная многочисленными экспериментами с аутопсийным материалом и исходами реальных аварийных ситуаций [2].

Данная модель используется как в нашей стране [9, 10], так и за рубежом [2]. Результаты моделирования позволяют получить количественное значение величины R (вероятность перелома позвоночника) и рассчитать травмобезопасность позвоночного столба члена экипажа боевой машины при подрыве противотранспортной мины.

Прогноз травмобезопасности нижней конечности члена экипажа дается на основе сопоставления характеристик ударной перегрузки, зарегистрированной на опоре для стопы, с нормативными значениями, предложенными *A.Hirsch* [2]. Эти значения учитывают длительность, максимальную допустимую амплитуду перегрузки и максимальную допустимую скорость движения опоры.

Оценка безопасности удара головой об элементы интерьера строится на регистрации скорости соударения с препятствием. Граничной скоростью является 3 м/с [8].

Возможности защиты экипажа боевой техники от неблагоприятного действия импульсного шума достаточно велики, поэтому представляется реальным исключить у большинства личного со-

става такие поражения органа слуха, как разрыв барабанной перепонки, трактуемые как повреждения легкой степени тяжести. В связи с этим в качестве показателя R для расчета безопасности военнослужащего следует рассматривать вероятность получения разрыва барабанной перепонки, величина которой не должна превышать 5%. Для расчета вероятности возникновения такой травмы была разработана математическая модель, позволяющая по характеристикам избыточного импульсного шума (воздушного давления), зарегистрированным в испытании, дать количественный прогноз в отношении повреждения барабанной перепонки [5].

Таким образом, с медицинской точки зрения, коллективные и индивидуальные средства защиты экипажа боевой машины от взрыва противотранспортной мины должны исключать получение повреждений тяжелее легкой степени тяжести. Особое внимание должно быть сосредоточено на предотвращении неблагоприятных эффектов ударной перегрузки и избыточного импульсного воздушного давления. При разработке и испытании средств защиты необходимо ориентироваться на уровень травмобезопасности военнослужащих по критериям отсутствия компрессионных переломов позвоночника, нижних конечностей, ушиба головного мозга средней степени тяжести, разрыва барабанной перепонки.

Литература

1. Авиационные правила. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. — М., 1994. — Ч. 25. — 129 с.
2. *Гирке фон Х.Е., Бринкли Д.В.* Ударные ускорения // Основы космической биологии и медицины. — М.: Наука, 1975. — Т. 2. — С. 232–264.
3. *Казейкин В.С., Ступаков Г.П.* Спасение при летных происшествиях: Справочник авиационного врача. — М.: Воздушный транспорт, 1993. — Кн. 2. — С. 300–330.
4. *Кудрин И.Д., Александров В.Н.* О комплексной системе требований по безопасности жизни и деятельности военнослужащих // Воен.-мед. журн. — 2012. — Т. 333, № 5. — С. 39–43.
5. *Моисеев Ю.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Лозбин А.С.* Методика расчета оценки риска повреждения среднего уха человека импульсом воздушного давления при катапультировании на малых высотах

// Вестн. МНАПЧАК. — 2011. — № 3 (37). — С. 38–46.

6. *Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В.* Раневая баллистика. — СПб: Калашников, 2006. — 374 с.

7. Опыт медицинского обеспечения войск в Афганистане 1979–1989 гг.: В 5 т. — Т. III: Оказание хирургической помощи при ранениях различной локализации / Под ред. *И.А.Ерьюхина, В.И.Хрупкина.* — М.: ГВКГ им. Н.Н.Бурденко, 2003. — 485 с.

8. *Рабинович Б.А.* Безопасность человека при ускорениях (Биомеханический анализ). — М., 2007. — 208 с.

9. *Ступаков Г.П., Гозулов С.А., Казейкин В.С.* Ударные перегрузки // Человек в космическом полете. — М.: Наука, 1997. — Т. III. — С. 68–97.

10. *Шибанов В.Ю.* Подходы к оценке травмоопасности перегрузок, действующих на летчика в процессе катапультирования // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2011. — № 2. — С. 69–73.