

Средства индивидуальной бронезащиты на основе экзоскелета и обоснование их тактико-технической эффективности

05, май 2015

Полушин А. Г.^{1,*}, Атряшкина Э. А.¹

УДК: 623.445.1, 623.445.2, 531.8

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[*kora-feniks@yandex.ru](mailto:kora-feniks@yandex.ru)

Введение

В настоящее время в развитии средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) сложилась острая необходимость в выработке перспективных требований к защитным материалам, технологиям и техническим средствам на их основе. Эти вопросы имеют основополагающее значение, как для условий боевых действий подразделений Сухопутных войск МО и ВДВ, противодействия терроризму со стороны государственных ведомств, работы правоохранительной системы, так и для организаций негосударственной системы обеспечения безопасности в гражданской сфере экономики.

По своей сути перспективные технические показатели индивидуальных средств бронезащиты являются производными от показателей эффективности результатов их применения (военно-тактические, профессионально-производственные) при эксплуатации в реальных боевых условиях воздействия поражающих факторов современного противопехотного вооружения. К таким показателям эффективности в условиях боевых действий можно отнести требования обеспечения индивидуальной боеспособности на основе поддержки физиологического состояния боеспособности при баллистическом поражении на площади защиты. Применительно к условиям вооруженного противодействия терроризму, профессиональной работы правоохранительных органов и служб безопасности к требованиям поддержки физиологического состояния работоспособности при баллистическом поражении в гражданской сфере применения, устанавливаются требования на спецодежду в виде существующих нормативов травмобезопасности в соответствии с законодательством по охране труда.

1. Перспективная защитная экипировка на основе бесприводного такелажного экзоскелета

Наиболее полно защита военнослужащих в условиях реальных боевых действий может быть обеспечена перспективной защитной экипировкой на основе сочетания в ней СИБ с механической конструкцией ударно-силовой разгрузки в виде бесприводного такелажного экзоскелета (БТЭ) (таблица 1) [1]. Внешний вид экспериментального образца схематично и в виде натурной конструкции представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Структурная схема состава экспериментального образца системы СИБ и БТЭ (шифр «Амфион»)

СИБ	Сопряжение элементов СИБ и БТЭ	БТЭ
Шлем, шейная и плечевая секции. Баллистическая защита: основная – сталь, бронекерамика; общая – мягкий бронепакет	Опорный, демпфирующий механизм сопряжения верхней поперечной консоли	Верхняя опорная часть конструкции экзоскелета
Основная и общая защита верхних конечностей	Подвесные элементы сопряжения	Спинная поперечная опора верхней части экзоскелета ударно-кинетического подкрепления плечевых суставов
Верхние нагрудный и спинной бронезащитные элементы, круговая защита торса, паховая и поясничная секции, основной (бронекерамика) и общей защиты туловища	Опорно-демпфирующая поперечная консоль сопряжения с распашным разъемом	Средняя корпусная часть конструкции экзоскелета
Секции баллистической защиты бедра и голени: основная – бронекерамика; общая – мягкий бронепакет	Подвесные элементы сопряжения	Конструкция нижних конечностей экзоскелета с посадочными местами силовых приводов и узлом ударно-кинетического подкрепления коленных суставов
Секции минно-взрывной защиты голеностопа на основе: 1) сменных элементов поглощения энергии фугасного действия взрыва противопехотных мин; 2) общая противоосколочная защита в проекции нижних конечностей и паха	Специальные крепления стопы экзоскелета	Конструкция голеностопа нижних конечностей экзоскелета

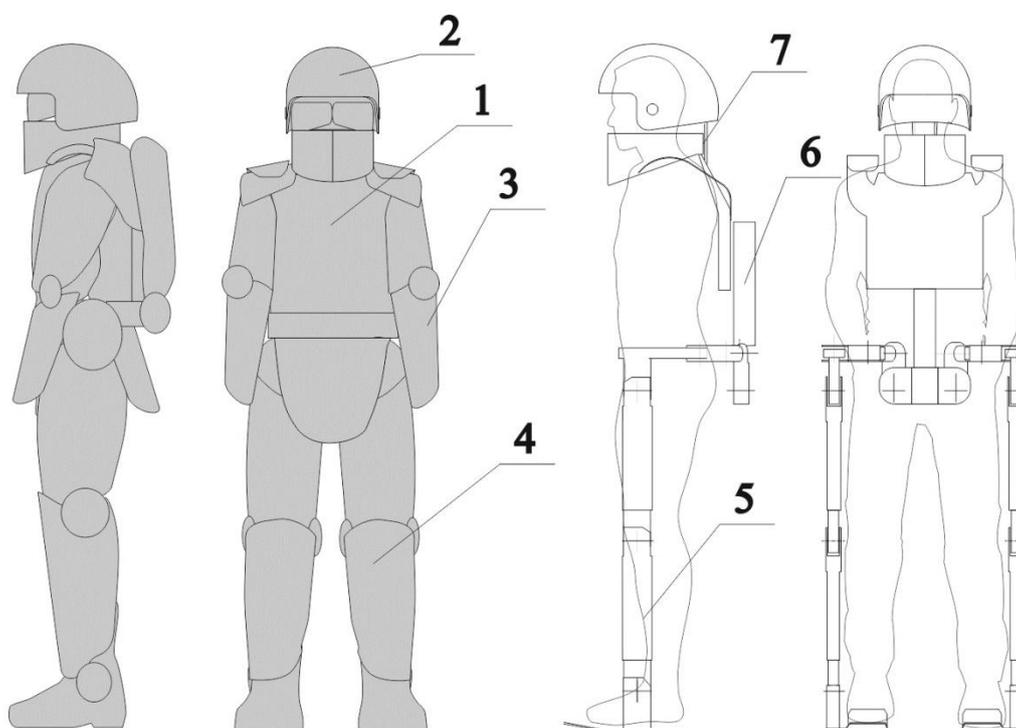


Рис. 1. Схема экспериментального образца СИБ и БТЭ

1 – бронезащита туловища, паховая и поясничные секции; 2 – бронезащита головы и шеи; 3 – бронезащита верхних конечностей; 4 – бронезащита нижних конечностей; 5 – нижние конечности экзоскелета; 6 – средняя корпусная часть с поперечной консольной опорой конструкции экзоскелета; 7 – опора подвески шлема.



Рис. 2. Натурный экспериментально-опытный образец системы СИБ и БТЭ

2. Воздействие поражающих факторов

Реальные условия боевых действий военнослужащих характеризуются наличием на поле боя комплексного воздействия поражающих факторов различных видов современного противопехотного вооружения, доленое присутствие которых представлено в таблице 2. В таблице 3 приведены исходные энергетические характеристики ударно-кинетического воздействия различных противопехотных средств поражения. Защитные структуры должны обеспечивать на площади защиты снижение этих уровней ударно-кинетического воздействия (при непробитии) до биологически безопасных пределов, которые обеспечивают физиологическое состояние боеспособности военнослужащего. Для различных частей тела, параметры этих пределов представлены в таблице 4.

Таблица 2. Структура фугасно-баллистической среды поражающих факторов в реальных боевых условиях

Вид вооружения	Доля поражающих факторов в комплексном воздействии
Стрелковое оружие	20%
Оскольно-фугасные боеприпасы ближнего боя (противопехотные мины, ручные гранаты, ствольные гранаты и др.)	20%
Оскольно-фугасные боеприпасы дистанционного действия (минометные мины, ОФ арт.снаряды, ОФ БЧ систем залпового огня и др.)	50%
Прочие средства поражения (авиабомбы, средства ОДС и др.)	10%

Таблица 3. Уровни ударно-кинетических нагрузок контузионного действия при кондиционном баллистическом и фугасном поражении на бронеструктуру

Фактор ударно-кинетической нагрузки	Дж
М2АР	4100
СВД	3 500
АКМ (1 патрон)	2 200
АК-74 (3 патрона)	4 500
ПП-9 мм (3 патрона)	1 500
Осколок (10-15 г)	5 000-6 000
Группа осколков (3-5 г)	4 000
ППМ (60 г ТНТ)	До 10 000

Таблица 4. Медико-биологические (условно-бестравматические) пределы уровней ударно-кинетических нагрузок (физиологические уровни индивидуальной боеспособности)

Область поражения	Дж
Туловище (фронтальная нагрузка)	30
Голова (поперечная фронтальная нагрузка)	15
Голова (поперечная боковая нагрузка)	10
Верхние конечности:	
Плечевой сустав (фронтальная поперечная нагрузка)	20
Нижние конечности:	
Коленный сустав (поперечная нагрузка)	30

3. Оценка индивидуальной боевой эффективности

По данным зарубежных источников, в обозримой перспективе, главным направлением развития сухопутных войск и боевых подразделений различных силовых ведомств, является повышение эффективности боевых действий на различных тактических уровнях, включая уровень индивидуальной боевой эффективности пехотинца при выполнении боевых задач и профессиональных действий. В свою очередь это направление определяет параметрические перспективы создания адекватных систем экипировки и технических средств для обеспечения необходимых уровней показателей эффективности в условиях реального боевого применения.

Для достижения конкретных целей и получения конкретных результатов общим для всех уровней тактических звеньев, является разработка моделей, устанавливающих взаимозависимость между обобщенными показателями эффективности в терминах военно-тактического и организационно-оперативного назначения с одной стороны, и эксплуатационно-техническими характеристиками вооружения, средств экипировки в их системном сочетании, с другой стороны. При этом формулируются условия, отражающие в принятых моделях реальный характер ведения боевых действий во времени и пространстве.

По этой тематике известны работы отечественных ученых. В работе [2] в организационно-качественном приближении проанализирована модель тактических действий на уровне подразделения при взаимодействии в системе поддержки средств бронетехники и показана необходимость существенной коррекции парка существующих бронемашин в направлении создания боевых машин солдата (БМС) и роботизированных БМС. В работе [3] представлены возможности имитационных моделей оценки эффективности боевых действий на уровне подразделений в сочетании с системой средств коллективной и индивидуальной экипировки и сформулированы проблемы совершенствования систем экипировки. Данная работа развивает вопросы оценки эффективности в индивидуальном уровне тактического звена на основе расчетной модели, сформулированной авторами в статье [1] во взаимосвязи с перспективными техническими характеристиками бронематериалов и СИБ.

В расчетной модели интегральным показателем индивидуальной боевой эффективности принимается объем выработки боевых действий на одного пехотинца при перемещениях за условный боевой период времени с наличием действия поражающих факторов современного противопехотного вооружения. Этот показатель характеризует собой величину военно-тактического значения – боевой индивидуальный потенциал (БИП) пехотинца, а также бойца спецподразделений, оперативного сотрудника и т.д. Эта величина в расчетной модели определяется в зависимости от дифференциального показателя эффективности – уровня обобщенной индивидуальной боеспособности, который характеризует собой объем выработки боевых действий одним пехотинцем в единицу времени при перемещениях в условный боевой период, с учетом действия поражающих факторов и физических перегрузок. В свою очередь, функционально обобщенный показатель индивидуальной боеспособности определяется опорной физиологической функцией (по времени) ин-

дивидуальной боеспособности и набором мультипликативных функций или коэффициентов, отражающих параметрическое влияние в количественных величинах технических характеристик вооружения, связи и управления и других элементов системы экипировки. Уровень физиологической функции во времени отражает влияние технических характеристик СИБ, системы силовой разгрузки, уровня весовой нагрузки при перемещениях и реальных условий боевых действий в виде действия поражающих факторов. Выполнение расчетных оценок сводится к построению диаграммы физфункции боеспособности и на ее основе обобщенной величины показателя индивидуальной боеспособности на условном отрезке времени боевых действий (включая этапы баллистического поражения) и последующему интегрированию в пределах всего временного интервала.

Данная аналогия позволяет представить на качественном уровне структурную схему комплексного обеспечения (либо оценки уровня) индивидуальной боевой эффективности (рис. 3), как при выполнении боевых задач, так и в процессе проведения специальных операций.

Представленная схема комплексного обеспечения индивидуальной боевой эффективности замыкается типовыми условиями, которые на отрезке времени периода выполнения боевой задачи характеризуют комплексное действие баллистических поражающих факторов современных видов противопехотного вооружения. На качественном уровне данные условия могут характеризоваться как некая внешняя окружающая среда баллистических поражающих факторов во времени и пространстве перемещений военнослужащих в процессе выполнения боевых задач.

Относительный структурный состав такой среды может изменяться, однако на предметном уровне видов средств поражения типовой вариант представлен в таблице 2.

Представленная выше структурная схема может быть использована не только как комплексная модель для качественного анализа влияния тех или иных систем экипировки, но и для относительных количественных оценок вклада этих систем в обеспечение индивидуальной боевой эффективности.

Для проведения таких оценок необходимо ввести следующие параметрические характеристики составных элементов данной модели.

$$Q_{\text{Иэф.}} = A_{\text{ТС}} \int_0^{T_{\text{Д}}} B_{\text{Ф}}(t) dt$$

$Q_{\text{Иэф}}$ – индивидуальная боевая эффективность;

$A_{\text{ТС}}$ – коэффициент учитывающий увеличение уровня боеспособности за счет технических средств вооружения информационных систем и боевого обеспечения;

$B_{\text{Ф}}$ – уровень физиологической функции индивидуальной боеспособности;

$T_{\text{Д}}$ – период времени активных боевых действий;

$t_{\text{БП}}$ – период активных действий вне зоны баллистического поражения;

t_{Π} – период активных действий в зоне баллистического поражения (кондиционное баллистическое поражение СИБ – непробитие).

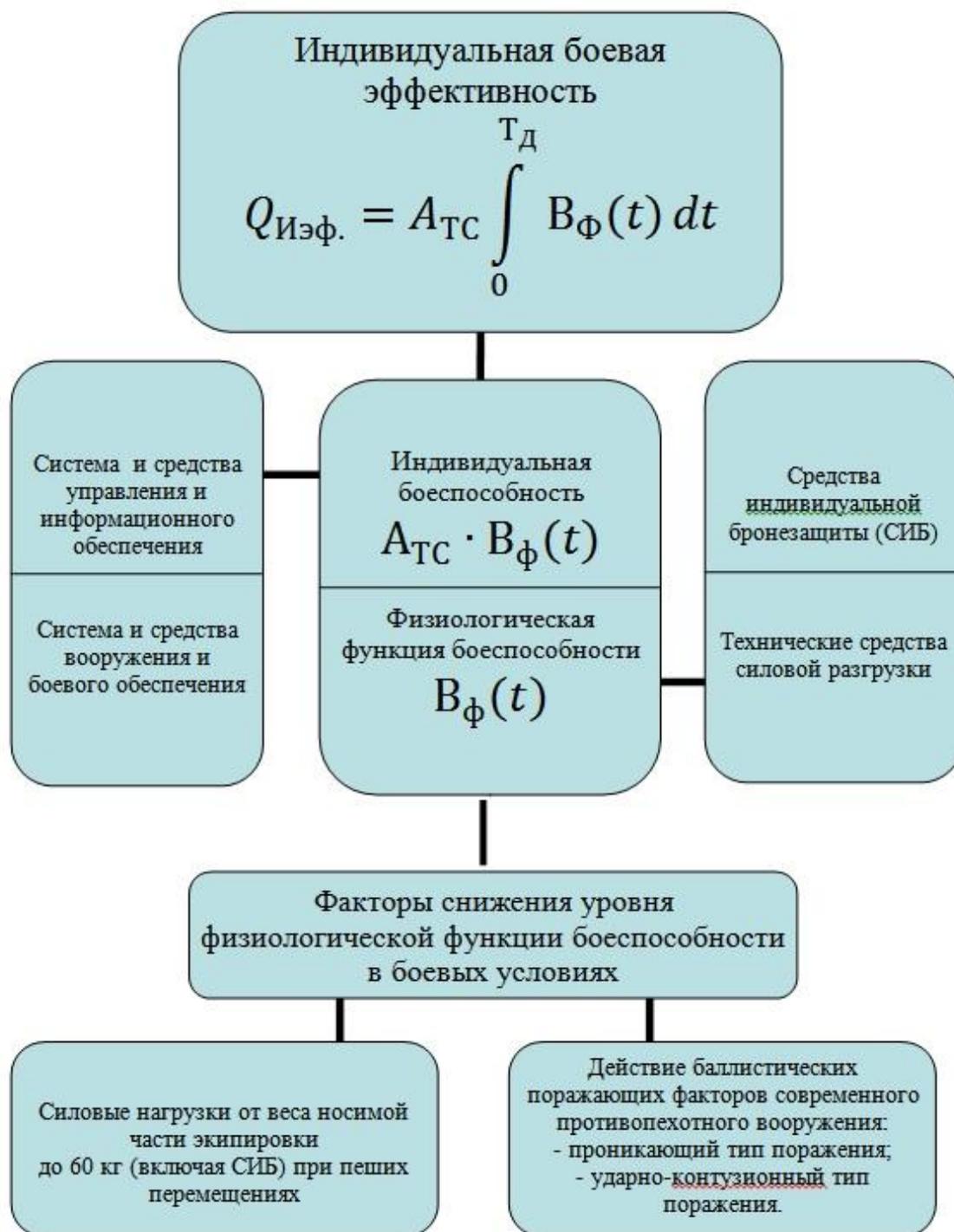


Рис. 3. Структурная схема комплексного обеспечения и оценки уровня индивидуальной боевой эффективности средствами экипировки при выполнении боевых задач

В данной модели основополагающим является уровень физиологической функции индивидуальной боеспособности. Изменение этой величины в нормированной форме (по

отношению к уровню начального физиологического состояния) изменяется от единичного значения с убыванием в зависимости от физических нагрузок при перемещениях, а так же в зависимости от физиологического состояния при баллистическом поражении. Уровень физиологической функции боеспособности в последнем случае, либо утрачивается, либо существенно сокращается. Ориентировочные значения могут быть получены с использованием данных таблицы 5.

Таблица 5. Уровни физиологической функции индивидуальной боеспособности в зависимости от степени тяжести травмы

Степень тяжести заброневой контузионной травмы	Классифицирующий морфологический признак травмы	Характеристика потери боеспособности	Вероятность возвращения в строй, %
1 – легкая	Ссадины, кровоподтеки и ограниченные подкожные гематомы. Единичные очаговые субплевральные кровоизлияния	Утрата боеспособности до 1–3 мин. Ограниченная боеспособность до 15 мин. Полное восстановление боеспособности до 1 суток	99
2 – средняя	Ушибленные раны. Очаговые внутримышечные кровоизлияния. Единичные кровоизлияния в брыжейку кишечника	Утрата боеспособности до 3–5 мин. Ограниченная боеспособность до 10 суток. Полное восстановление боеспособности до 15–20 суток	85
3 – тяжелая	Закрытые и открытые переломы ребер. Разрывы плевры, кровоизлияния в ткань легких. Кровоизлияния под оболочки сердца, под капсулу внутренних органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Субсерозные кровоизлияния в кишечнике, разрывы брыжейки. Ограниченный гемопневмоторакс, гемоперитониум. Переломы отростков позвонков без повреждения спинного мозга	Полная утрата боеспособности. Ограниченная боеспособность до 15–20 мин. Полное восстановление боеспособности к 30–60 суткам. Вероятны летальные исходы	25

На основе данной модели проведено построение диаграмм обеспечения индивидуальной физиологической боеспособности с применением современных и перспективных средств СИБ с учетом влияния других систем. Различные диаграммы представлены на рисунке 4.

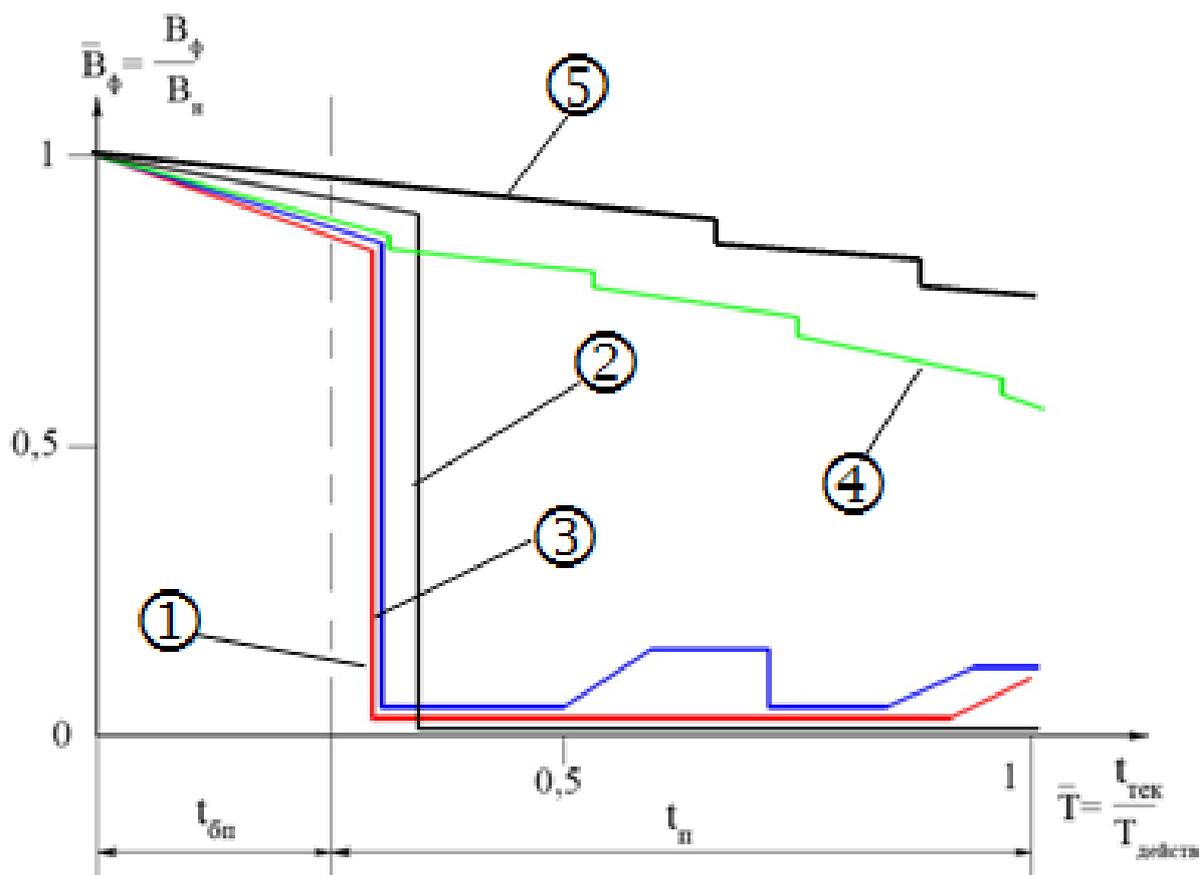


Рис. 4. Диаграммы изменения физиологических уровней индивидуальной боеспособности при перемещениях в боевых условиях

1 – для современных изделий СИБ (с типичным уровнем не выше II-й степени тяжести травмы (полная утрата боеспособности 1, 2, 3... час.); 2 – без применения изделий СИБ; 3 – применение изделий СИБ с травматическим эффектом I-й степени тяжести (полная утрата боеспособности 1, 2... десятки мин.); 4 – для перспективных СИБ нового качества с отсутствием контузионно-травматических эффектов при кондиционном баллистическом поражении; 5 – для применения в системах экипировки элементов и устройств силовой разгрузки в сочетании с СИБ нового качества.

На этих диаграммах по горизонтальной оси откладываются временные интервалы условных периодов времени перемещений без воздействия баллистических поражающих факторов $t_{бп}$ и временной интервал перемещений в среде возможных действий поражающих факторов $t_{п}$. Вместе данные отрезки времени образуют условный временной интервал выполнения боевой задачи.

Вдоль вертикальной оси определяются текущие величины индивидуальной физиологической боеспособности в нормированном обозначении по отношению к максимальному уровню, соответствующему начальному физиологическому состоянию боеспособности.

Соответственно площадь под каждой диаграммой представляет собой величину характеризующую уровень индивидуальной боевой эффективности в период времени боевой активности.

На представленном рисунке диаграмма 1 характеризует уровень физиологической боеспособности представляемой при применении в условной схеме современных СИБ отечественного и зарубежного производства, в которых реализован типовой уровень травматической защиты не выше второй степени тяжести по ГОСТ Р 50744-95. Имеется в виду, кондиционное баллистическое поражение (непробитие) по всем уровням баллистического поражения (см. таблицу 2). Показано уменьшение физиологической боеспособности на этапе перемещения вне среды поражения, на статистическом отрезке времени в зоне поражения и полная утрата боеспособности при первом кондиционном баллистическом поражении. Для данной степени тяжести утрата боеспособности соответствует отрезкам времени 1, 2, 3 часа. На диаграмме показан условный (по времени) участок возможного возвращения некоторого неопределенного уровня физиологической боеспособности к моменту окончания боевых действий.

Проведенные количественные оценки влияния защитных и технических характеристик современных СИБ (бронезилетов) отечественных и зарубежных моделей, показали их общий недостаток – существенное снижение уровня индивидуальной боеспособности и соответственно величины БИП пехотинца по характеристикам весовой нагрузки и по защитным свойствам, которые не обеспечивают физиологическую функцию боеспособности при кондиционном поражении в реальных боевых условиях. Были проведены оценки обобщенного показателя БИП пехотинца относительно применения технических и защитных характеристик перспективных СИБ – с полной контузионно-баллистической защитой, а также отдельно с перспективной разработкой каркасно-механической системы индивидуальной силовой разгрузки (СИСР) по формуле:

$$Q_{ИЭФ} = A_{ТСВ} \int_0^{T_{\delta n}} F_{\delta u}(t) dt$$

$$A_{ТСВ} = \prod_1^n a_i ,$$

где a_i коэффициенты парциального вклада в оценку боеспособности технических средств и объектов вооружения.

Оценки показали повышение уровня БИП пехотинца при прочих равных условиях в 3-4 раза в первом случае и на порядок во втором. На рисунке 5 представлены ориентировочные рейтинговые оценки уровней БИП солдат-пехотинцев для ряда развитых зарубежных стран.

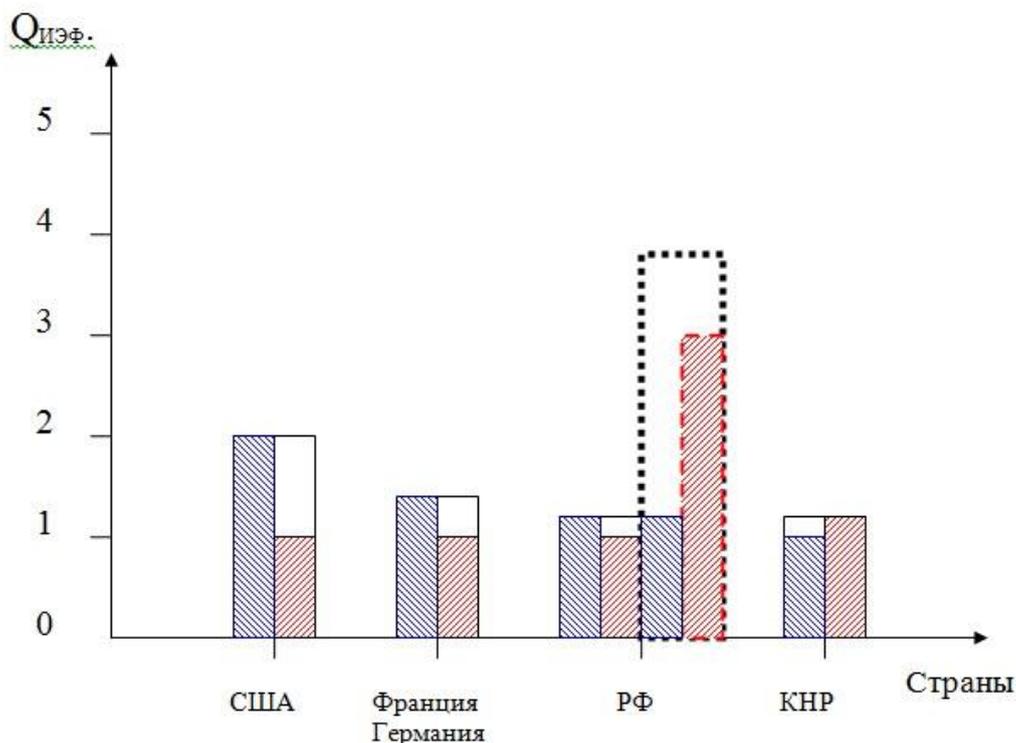


Рисунок 5. Рейтинг уровней индивидуального боевого потенциала пехотинца в реальных боевых условиях

Заключение

Для новых перспективных СИБ в сочетании с конструкцией ударно-силовой разгрузки в составе боевой экипировки военнослужащих, показано многократное повышение вклада в уровень обеспечения боевой эффективности, которое является основанием назначения высокой договорной цены на готовую продукцию в полном соответствии пропорциональной рыночной системой «цена-качество».

В настоящее время сформулирован ряд направлений постановки и решения материаловедческих и конструкторско-технологических проблем получения перспективных защитных материалов и СИБ с обозначенными выше требованиями по техническим характеристикам. Имеется технологический задел получения стабилизированных по показателям качества защиты мягких бронеструктур на основе арамидных волокон, а также экспериментальные результаты по конкретным конструкциям технических средств.

Достоверный прогноз цены новой бронезащитной системы в составе боевой экипировки, позволяет получить основу для технико-экономического обоснования ее производства в цепочке технологических переделов, включая производство арамидных волокон и нитей.

У системного заказчика, в лице руководства Сухопутных войск МО РФ, сформировано понимание перспективности получения такой продукции для существенного повышения боеспособности военнослужащих и реализации многократного преимущества над

любым вероятным противником по показателю индивидуальной боевой эффективности БИП (боевой индивидуальный потенциал) солдата (Протокол совещания от 27.11.2012 г., за подписью Главкома Сухопутных войск МО РФ).

Список литературы

1. Полушин А.Г., Атряшкина Э.А., Батанов А.Ф.. Новое качество средств индивидуальной бронезащиты в системе боевой экипировки XXI века. / Сборник материалов научно-практической конференции «Перспективы создания образцов вооружения и специальной техники нового поколения». 2011. С. 100-106.
2. Селиванов В.В., Орленко Л.П. От боевых машин солдата – к роботам. // Военно-промышленный курьер. ВПК. 2012. выпуск № 29 (446). С.10. Режим доступа: http://vpk-news.ru/sites/default/files/pdf/VPK_29_446.pdf (Дата обращения: 30.04.2015)
3. Бойко В.П., Маркелов Е.Б., Шаклеин А.Ф. Боевая экипировка солдата XXI века. // Вооружение. Политика. Конверсия. 2012. №1. С. 15-21.