

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИЩЕННОСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СРЕДНЕЙ ВЕСОВОЙ КАТЕГОРИИ

Н.А. Лакутин

nikita-lakutin@mail.ru

SPIN-код: 5165-9360

С.С. Терешин

hawk385@bk.ru

SPIN-код: 4044-2327

Н. Бабурин

hatah25@yandex.ru

SPIN-код: 4853-4253

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проведена оценка защищенности мобильных робототехнических средств (РТС) при выполнении типовой задачи. Представлен расчет защищенности через вероятность выживания РТС под огнем наиболее вероятных средств поражения с учетом дальности их эффективного огня. На основе анализа бронепробиваемости рассматриваемых средств поражения получены результаты бронирования РТС для обеспечения достаточной защищенности, которые также позволяют сохранить необходимую для РТС возможность плавучести, и вытекающие из них ориентировочные данные о массе и габаритных характеристиках РТС, а также показаны иные варианты улучшения защищенности и конструктивные решения помимо наращивания монолитной толщины бронированных листов.

Ключевые слова

Мобильные робототехнические средства, робототехнические средства, средства поражения, защищенность, вероятность непоражения, бронепробиваемость, рода войск

Поступила в редакцию 20.03.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Оценка защищенности робототехнических средств при выполнении типовой задачи и требования к бронированию шасси. Модель оценки защитных свойств робототехнических средств (РТС) предусматривает:

- расчет значений вероятности непоражения РТС, включающий в себя определение вероятностей попадания снаряда (пули) в отдельные элементы броневго корпуса (башни);
- расчет значений вероятностей пробития и вероятностей поражения объекта при условии пробития брони РТС.

При определении количественных характеристик воздействия противника на наступающие РТС рассматриваемыми огневыми средствами применяют ряд допущений:

- огонь ведут два мотопехотных взвода первого эшелона, огневые средства которых располагаются равномерно;
- огонь ведут с места, прицеливаясь в центр силуэта РТС;

– оценку осуществляют до определенного рубежа сближения (изменения боевых порядков).

Наиболее напряженным видом боя для наступающих подразделений является преодоление позиционной обороны противника, поскольку при этом на них воздействуют все средства поражения, которые имеются в наличии у обороняющихся. В связи с этим оценку защищенности РТС выполняют применительно к условиям наступления на позиционную оборону вероятного противника, рассматриваемого на примере рот армии США, таких как рота огневой поддержки пехотного батальона пехотной бригады, стрелковая рота пехотного батальона бригады «Страйкер», противотанковая рота инженерного батальона бригады «Страйкер», стрелковая рота мотострелкового батальона тяжелой бригады, танковая рота мотострелкового батальона тяжелой бригады, а также различных рот корпуса морской пехоты [1].

Несмотря на обширный арсенал средств поражения, основными средствами для борьбы с РТС на поле боя применительно к рассматриваемым условиям будут стрелковое вооружение и малокалиберные автоматические пушки — главное штатное вооружение пехоты противника, ее боевые машины и роботизированные средства [2].

Таким образом, оценку защищенности РТС будем проводить с учетом воздействия на наступающие РТС 25-мм автоматических пушек, а также 12,7 и 7,62-мм пулеметов противника.

В соответствии с выбранной тактической ситуацией, характеристикой противника, а также принятыми допущениями определяем средние плотности рассматриваемых средств поражения РТС, а также количество этих средств, приходящихся на один РТС в наступлении (табл.1).

Таблица 1

Средние плотности рассматриваемых средств поражения РТС

Наименование огневых средств	Плотность распределения огневых средств j -го типа на наступающий РТС
25-мм малокалиберные пушки БМП М-2	0,58
12,7-мм пулеметы	0,12
7,62-мм пулеметы	0,25

Для учета дальности действия огня и скорострельности огневых средств противника используем такие параметры, как интенсивность обстрела и огневой потенциал обороны противника. Под интенсивностью обстрела принимаем количество выстрелов, производимых по объекту огневым средством j -го типа в единицу времени. Значение интенсивности обстрела определим в соответствии с формулой

$$J_j = \eta_j B_j L_j \sigma_j,$$

где η_j — плотность распределения огневых средств j -го типа, $1/\text{км}^2$; B_j — ширина полосы, приходящаяся на одно наступающее РТС (равна интервалу между насту-

пающими РТС), км; L_j — глубина, из которой j -е огневое средство может вести огонь по РТС, км; σ_j — боевая скорострельность j -го огневого средства, в/мин.

Огневые возможности рассматриваемого участка обороны противника можно характеризовать огневым потенциалом W_j данного участка:

$$W_j(L_1, L_2) = \int_{L_1}^{L_2} J_j(L) dL,$$

где L_1 и L_2 — удаление границ участка от переднего края, км.

Отношение огневого потенциала противника к средней скорости движения РТС на участке, который ограничен максимальной дальностью эффективного огня j -го средства поражения $L_{j\max}$ и минимального отдаления от переднего края L_{\min} , определяет количество выстрелов, которое способно произвести по наступающему РТС огневое средство j -го типа:

$$N(L_{j\max}, L_{\min}) = \frac{W_j(L_1, L_2)}{V(L_{j\max}, L_{\min})}.$$

В качестве оценочного показателя защищенности используем значение вероятности выживания РТС под огнем малокалиберных пушек и стрелкового оружия противника за время пребывания на рубеже.

Вероятность непоражения определяется как

$$P_{\text{не}} = 1 - \sum_{j=1}^m P_{\text{пор}j} P_{\text{обс}j},$$

где $P_{\text{пор}j}$ — вероятность поражения РТС огнем средства j -го типа; $P_{\text{обс}j}$ — вероятность обстрела РТС огнем средства j -го типа; m — количество выбранных огневых средств.

Процесс поражения РТС является сложным событием, которое включает в себя попадание снаряда (пули, осколков вторичного потока), пробитие его броневой защиты и причинение ущерба при условии пробития брони или без ее пробития, уничтожения элементов системы технического зрения. В общем случае вероятность этого события можно выразить как

$$P_{\text{пор}} = P_y P_{\text{поп}} P_{\text{стз}} P_{\text{пр}},$$

где P_y — условная вероятность нанесения РТС ущерба приводящая к выходу из строя, при условии пробития брони; $P_{\text{поп}}$ — вероятность попадания в силуэт РТС с учетом его экранирования неровностями местности, способа стрельбы и законов обстрела; $P_{\text{стз}}$ — условная вероятность нанесения ущерба системе технического зрения, приводящая к выходу из строя РТС; $P_{\text{пр}}$ — условная вероятность пробития броневой защиты РТС при условии попадания в него снаряда (пули).

На настоящий момент данных по реальному обстрелу, действий обстрела и вторичных осколочных потоков на СТЗ и условий обстрела РТС не существует. Поэтому для оценки вероятностей попадания в РТС следует пользоваться ста-

тистикой, накопленной для легко бронированных экипажных машин [3], характеристикой огневых средств противника и геометрическими размерами существующих и проектируемых РТС.

Следует учитывать вероятность обстрела РТС на заданной дальности L_j и с заданного направления φ_j , закрытие его силуэта микронеровностями местности, а также то, что РТС может занимать различные угловые положения в плоскости обстрела. Учитывая это, а также то, что вертикальная проекция РТС состоит из проекций отдельных элементов, можно записать

$$P_{не} = \sum_{i=1}^m P_{попi}^{\varphi, L}$$

где $P_{попi}$ — вероятность попадания в i -й элемент проекции РТС при обстреле направления φ и дальности L ; m — число бронеэлементов, составляющих проекцию силуэта РТС при обстреле направления φ .

Аналогично определяем вероятность пробития бронирования не экранированных частей РТС:

$$P_{пр} = \sum_{i=1}^m P_{прi}^{\varphi, L}$$

где $P_{прi}^{\varphi, L}$ — вероятность пробития неэкранированных частей i -го элемента с направления φ и дальности L .

Вероятность пробития i -го элемента брони РТС при условии попадания в него снаряда (пули) с направления φ и дальности L определяется с помощью распределения вероятностей, полученных экспериментальным путем либо по полуэмпирическим аналитическим зависимостям.

Основные результаты бронепробиваемости огнем наиболее массовых и вероятных средств противника на различных дальностях и направлениях, показывающие минимальные значения толщины пробиваемых стальных плит в миллиметрах, приведены на рис. 1–3 [3].

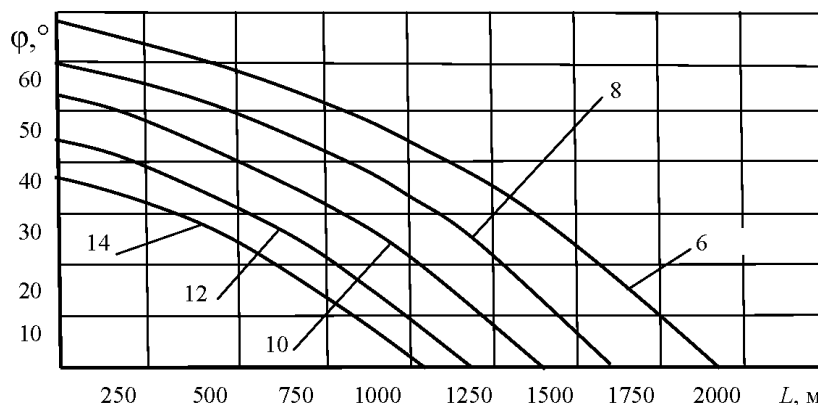


Рис. 1. График бронепробиваемости 12,7-мм пулемета М2 «Браунинг»

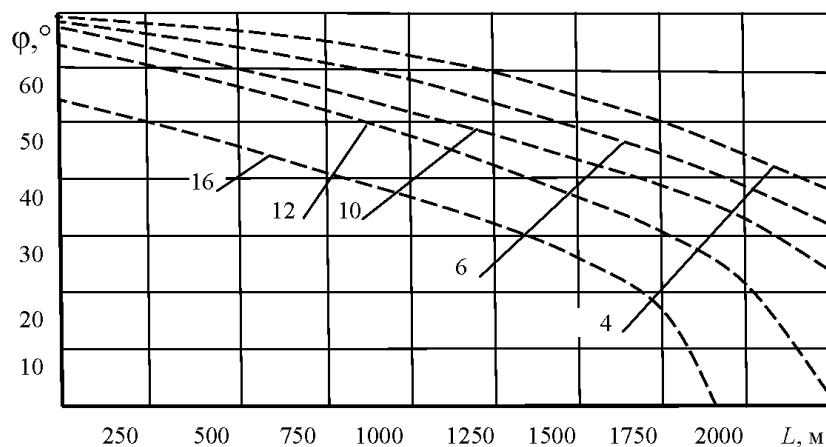


Рис. 2. График бронепробиваемости 25-мм МАП М242

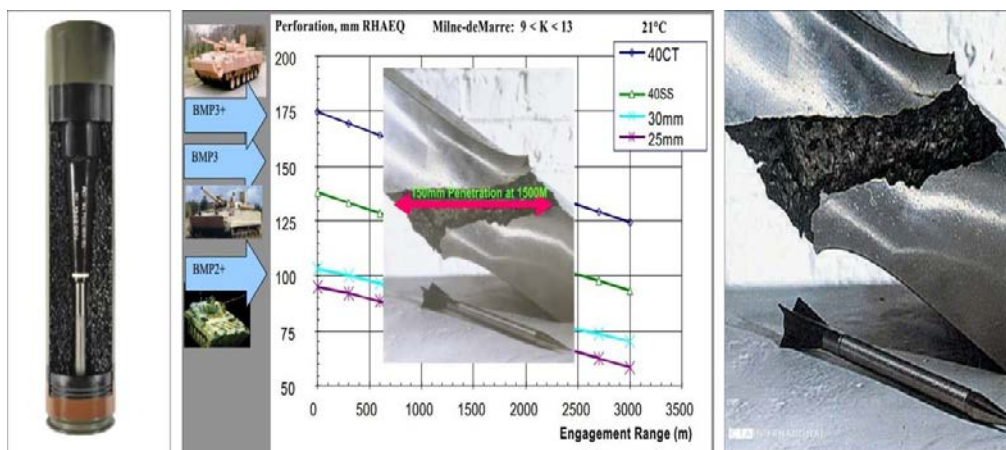


Рис. 3. График бронепробиваемости западных автоматических пушек, опытных и стоящих на вооружении

Сравнительные характеристики бронепробиваемости автоматических пушек МК 20 Rh 202 и 2А42 представлены на рис. 4 [5]. Характеристики эффективности навесных решетчатых экранов (РЭ) представлены на рис. 5. Данные характеристики были получены на основании исследований, проведенных НИИ стали [4].

Конструктивные предложения по обеспечению достаточной защищенности перспективных РТС. При рассмотрении бронирования РТС способного действовать в условия современного боя необходимо обеспечить ликвидацию существенного разрыва между уровнем защищенности РТС и достигнутым уровнем развития средств поражения.

Также целесообразно оснащать РТС защитой от кумулятивных средств поражения типа ручного противотанкового гранатомета (РПГ) и противотанковой управляемой ракеты (ПТУР). При этом в зависимости от габаритов и массы

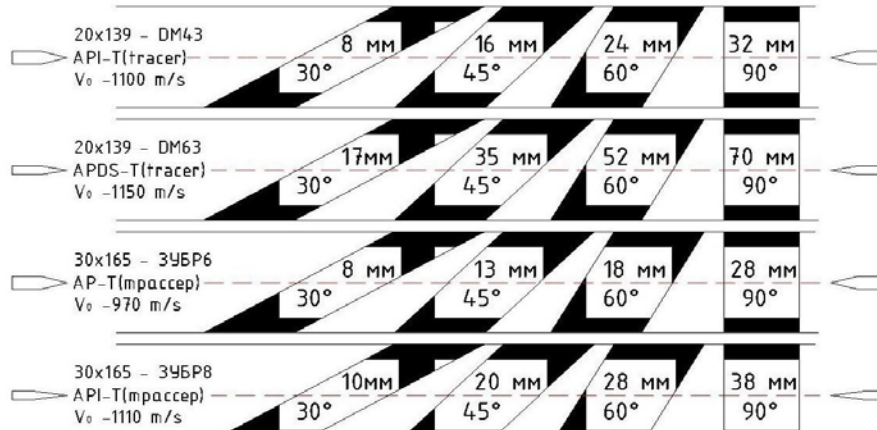
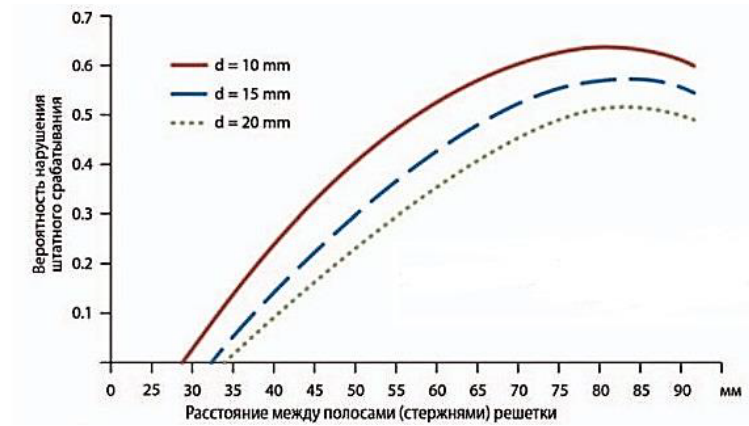
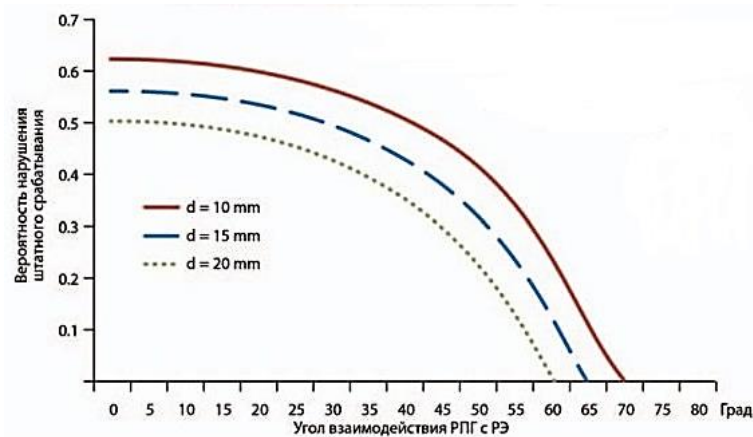


Рис. 4. Расчетная бронепробиваемость автоматических пушек МК 20 Rh 202 и 2А42 на дистанции 1000 м



а



б

Рис. 5. Характеристики эффективности навесных решетчатых экранов:

а — зависимость эффективности РЭ от расстояния между полосами (стержнями) и диаметра d стержней; б — зависимость эффективности РЭ от взаимодействия с РПГ

возможно оснащение средствами как пассивной защиты (решетчатыми экранами и динамической защитой (ДЗ) [5]), так и активной (средства обнаружения лазерного облучения с системой отстрела дымовых гранат, средства радиолокационного обнаружения потенциально опасных снарядов с пусковыми устройствами защитных зарядов).

Основой для увеличения защитных свойств РТС является существенное улучшение броневой защиты, и прежде всего увеличение толщины броневых листов. Одной из верхних границ увеличения броневой защиты для РТС является ограничение по условию обеспечения плавучести.

Проектируя образцы РТС, необходимо иметь конструкцию, в которой оптимально сочетались бы необходимые требования по уровню основных боевых и технических свойств. Анализируя доступный опыт проектирования легких броневых машин, можно спрогнозировать конструкцию РТС, которая может появиться на поле боя в ближайшее время [6].

Броневые листы боковой проекции и кормы РТС не должны пробиваться пулей калибра 12,7 мм с расстояния 250...300 м.

Броневые листы лобовой проекции должны иметь лучшие характеристики по сравнению с боковой и кормовой проекцией машины и не пробиваться 25-мм пушкой при действии в едином бронированном порядке с танками к переднему краю противника (до 100 м).

Существенное увеличение защищенности днища с целью повышения стойкости РТС к воздействию миновзрывных заграждений благодаря оптимальной геометрии корпуса и применению двойных броневых листов [7].

Обобщенный корпус РТС будет иметь монолитное бронирование:

- лоб — 45 мм;
- борт и корма — 20 мм;
- крыша и днище — 15 мм.

Кроме того, защитные свойства корпуса РТС будут улучшены тем, что бронирование любой части шасси возможно разнесенной броней с заполнением специальным наполнителем [8].

Для увеличения эффекта рикошета в конструкции предполагается устанавливать листы под углами более 65° . Более того, такое бронирование лобовой проекции может позволить решить вопрос о защите от кумулятивного боеприпаса.

На рис. 6 представлена схема гусеничного РТС средней весовой категории, габаритные размеры (табл. 2) которого позволяют транспортировать его в кузове

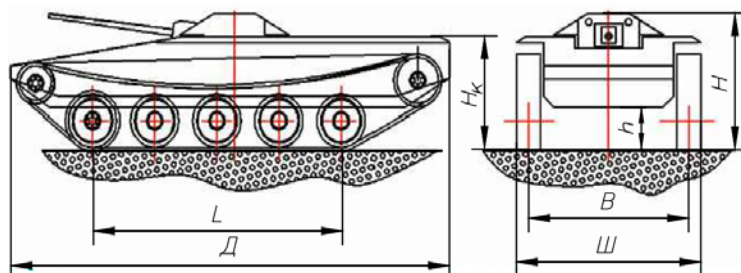


Рис.6. Габариты РТС

и прицепе автомобиля «Урал-4320» на автомашинах, а также успешно преодолевать фортификационные препятствия на поле боя.

По ориентировочным подсчетам, общая масса РТС составит величину порядка 4,5...5,0 т, что по представленным размерам двигателя обеспечит достаточную опорную проходимость [9–12].

Таблица 2

Основные размеры РТС

Обозначение	Наименование	Размер, мм	Примечание
L	База, не менее	3100	—
B	Колея	2000	—
h	Клиренс, не менее	450	—
H	Высота	1350	—
H_k	Высота корпуса	1100	Локальная высота, обусловленная габаритами ДВС
D	Длина, не более	5500	Вписывается в габариты кузова автомобиля «Урал»
$Ш$	Ширина, не более	2300	
b	Ширина гусеницы, не менее	300	—

Таким образом, на основании проведенной оценки наиболее неблагоприятных условий для защищенности РТС, выполняемой применительно к условиям наступления на позиционную оборону вероятного противника с воздействием на РТС 25-мм автоматических пушек, 12,7 и 7,62-мм пулеметов как наиболее вероятных средств поражения, а также с учетом дальности действия огня, скорострельности огневых средств противника, интенсивности обстрела, и других показателей, рассмотренных в статье, можно с помощью аналитических зависимостей определить значение вероятности выживания РТС, что является оценочным показателем защищенности РТС.

Также отметим, что, проектируя образцы РТС, необходимо иметь конструкцию, в которой оптимально сочетались бы необходимые требования к уровню основных боевых и технических свойств. На основании данного требования предложены возможные конструктивные решения проектируемых РТС.

Литература

- [1] MCOE supplemental manual 3-90 force structure reference data. Brigade combat teams, 2015, pp. 69–165.
- [2] Кораблин В. Вооружение и боеприпасы ОБТ и БМП некоторых зарубежных стран. URL: <http://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozenie/2001-zvo/6739-vooruzhenie-i-boepriпасy-obt-i-bmp-nekotoryh> (дата обращения 05.11.2017).
- [3] 40mm CTAS armour piercing fin stabilised discarding sabot – tracer (APFSDS-T). URL: <http://www.thinkdefence.co.uk/cased-telescoped-armament-system/40mm-ctas-armour-piercing-fin-stabilised-discarding-sabot-tracer-apfsds-t/> (дата обращения 05.11.2017).

- [4] Противотанковые возможности «Визеля Мк20» и «Мардера-1».
URL: <https://rostislavddd.livejournal.com/298964.html> (дата обращения 05.11.2017).
- [5] Чистяков Е., Купрюнин Д., Алексеев М., Кимаев А. Эффективность дополнительной защиты военной техники. *Техника и вооружения вчера, сегодня, завтра*, 2017, № 2, с. 2–12.
- [6] Корнилов И.В., Маев С.А., Машков К.Ю., Пантелеев А.Л. Зарубежные робототехнические комплексы военного назначения и требования, предъявляемые к ним. *Труды НАМИ*, 2015, № 263, с. 65–86.
- [7] Григорян В.А., ред. *Защита танков*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 327 с.
- [8] Повышение защищенности танков. URL: <http://zvo.su/suhoputnye-voyska/povyshenie-zaschischennosti-tankov.html> (дата обращения 05.11.2017).
- [9] Беляков В.В., ред. *Вездеходные транспортно-технологические машины*. Нижний Новгород, ТАЛАН, 2004, 960 с.
- [10] Bekker M.G. *Introduction to terrain-vehicle systems*. The University of Michigan Press, 1969, 503 p.
- [11] Wong J.Y. *Terramechanics and off-road vehicles*. Elsevier, 2010, 463 p.
- [12] Скотников В.А., Пономарев А.В., Климанов А.В. *Проходимость машин*. Минск, Наука и техника, 1982, 328 с.

Лакутин Никита Андреевич — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Терешин Сергей Сергеевич — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Бабурин Натанель — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Машков Константин Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**RECOMMENDATIONS FOR PROVIDING THE PROTECTION
OF THE MEDIUM WEIGHT CLASS ROBOTICS**

N.A. Lakutin

nikita-lakutin@mail.ru

SPIN-code: 5165-9360

S.S. Tereshin

hawk385@bk.ru

SPIN-code: 4044-2327

N. Baburin

hatah25@yandex.ru

SPIN-code: 4853-4253

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article estimates the robotics protection when fulfilling a typical mission. It introduces the protection computation through the robotics survival probability under the fire of the most probable destruction means taking into account their effective fire range. Based on the analysis of piercing performances of the considered destruction means we have obtained the results of the robotics armoring for ensuring the sufficient protection, which also allow maintaining the buoyancy capability, as well as the following approximate data on the robotics mass and dimensions. We also show alternative options of enhancing the protection and construction solutions in addition to building-up the monolithic thickness of the armoured plates.

Keywords

Mobile robots, robotics, destruction means, protection, survival probability, piercing performance, branches of troops

Received 20.03.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] MCOE supplemental manual 3-90 force structure reference data. Brigade combat teams, 2015, pp. 69–165.
- [2] Korablin V. Vooruzhenie i boepripasy OBT i BMP nekotorykh zarubezhnykh stran [Main battle tank and IFV weapon and ammunition]. Available at: <http://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2001-zvo/6739-vooruzhenie-i-boepripasy-obt-i-bmp-nekotoryh> (accessed 05 November 2017).
- [3] 40mm CTAS armour piercing fin stabilised discarding sabot – tracer (APFSDS-T). Available at: <http://www.thinkdefence.co.uk/cased-telescoped-armament-system/40mm-ctas-armour-piercing-fin-stabilised-discarding-sabot-tracer-apfsds-t/> (accessed 05 November 2017).
- [4] Protivotankovye vozmozhnosti “Vizelya Mk20” i “Mardera-1” [Antitank capabilities of “Vizel’ Mk20” and “Marder-1”]. Available at: <https://rostislavddd.livejournal.com/298964.html> (accessed 05 November 2017).
- [5] Chistyakov E., Kupryunin D., Alekseev M., Kimaev A. Efficiency of military equipment add-on protection. *Tekhnika i vooruzheniya vchera, segodnya, zavtra*, 2017, no. 2, pp. 2–12.
- [6] Kornilov I.V., Maev S.A., Mashkov K.Yu., Panteleev A.L. Foreign military robotic complexes and requirements to them. *Trudy NAMI*, 2015, no. 263, pp. 65–86.
- [7] Grigoryan V.A., ed. Zashchita tankov [Protection of tanks]. Moscow, Bauman Press, 2007, 327 p.

- [8] Povyshenie zashchishchennosti tankov [Improving tank protection]. Available at: <http://zvo.su/suhoputnye-voyska/povyshenie-zaschischennosti-tankov.html> (accessed 05 November 2017).
- [9] Belyakov V.V., ed. Vezdekhodnye transportno-tehnologicheskie mashiny [Off-road transport technological machines]. Nizhniy Novgorod, TALAM publ., 2004, 960 p.
- [10] Bekker M.G. Introduction to terrain–vehicle systems. The University of Michigan Press, 1969, 503 p.
- [11] Wong J.Y. Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier, 2010, 463 p.
- [12] Skotnikov V.A., Ponomarev A.V., Klimanov A.V. Prokhodimost' mashin [Machines flotation]. Minsk, Nauka i tekhnika publ., 1982, 328 p.

Lakutin N.A. — student, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Tereshin S.S. — student, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Baburin N. — student, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — K.Yu. Mashkov, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.