

УДК 623.454.76

О.В. Стаховский<sup>1</sup>, В.В. Глебов<sup>2</sup>, В.И. Паниматка<sup>2</sup>, Ю.С. Литвинов<sup>1</sup><sup>1</sup> Факультет военной подготовки Национального технического университета «ХПИ», Харьков<sup>2</sup> ГП Харьковское конструкторское бюро машиностроения имени А.А. Морозова

## ПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА БРОНИРОВАННЫХ МАШИН

В статье рассмотрены вопросы: оценки влияния хладонов во время пожара на организм человека; рассчитано время снижения пожароопасной концентрации от паров топлива; доказана возможность использования пены при пожаротушении.

**Ключевые слова:** средства пожаротушения, хладоны, токсичность.

### Введение

Современные вооруженные силы должны вести боевые действия в основном с помощью тех людских и материальных резервов, которыми они располагают к моменту начала войны, для всеобщей мобилизации прошлого практически нет времени. Это подчеркивает важность таких мероприятий, которые позволили бы экипажам танков, и, где это возможно, самим танкам, вступать в бой вторично. Такое требование сохранения экипажей и оборудования приобретает еще большее значение в будущем.

**Постановка проблемы.** Степень разрушения бронеекста в основном зависит от того, какая часть броневой защиты будет пробита и какие устройства будут в последствии разрушены. Неприятной, но часто встречающейся ситуацией для человека и боевой техники считается пробитие топливных баков или систем подачи топлива, а также гидравлической системы. Распыляемое топливо или масло из гидравлической системы, представляют большую опасность для экипажа машины, так как создают взрывоопасную атмосферу, которая может воспламениться от горячих краев пробоин, осколков, кумулятивной струи. И в зависимости от того, сколько топлива попало во внутренний объем и как велико его аэрозольное облако, произойдет процесс, который в большей или меньшей степени может быть назван выгоранием или взрывом. Этот процесс приводит к тому, что огненный шар очень быстро заполняет весь внутренний объем бронеекста, возникающие при этом температуры достигают 1000°C,

давление – 4бар. Возникающего при этом давления может оказаться достаточным, чтобы оторвать башню танка даже без взрыва боекомплекта.

В настоящее время на бронеекстах устанавливаются высокоэффективные системы пожаротушения обеспечивающие быстрое обнаружение и выброс огнетушащего вещества в зону пожара. В качестве огнетушащего вещества применяются преимущественно хладоны, которые являются мощным пламегасящим средством. В то же время нельзя не учитывать вредное воздействие этого огнетушащего состава на организм человека.

**Цель работы.** Обеспечение живучести экипажа при поражении бронеекста.

### Основной раздел

#### Расчет токсической опасности системы ПВО танка типа Т-64

При использовании хладонов для пожаротушения возникают три источника токсичности: непосредственно хладоны, продукты их термического разложения, и газообразные продукты горения. Установлено, что максимально безопасные концентрации для человека при воздействии в течение 1 минуты для хладона 13В1 составляет 7÷10 %, а для хладона 114В2 – 1,5÷2,0 %. Сравнение огнетушащих концентраций с летальными концентрациями для хладонов, используемых в бронетехнике, показывает целесообразность использования хладона 13В1 вместо хладона 114В2 (табл. 1). Это связано с более высоким порогом летальной концентрации для хладона 13В1.

Таблица 1

Ожидаемая токсичность среды, образующаяся при тушении пожара по данным [2]

Огнетушащее вещество	Концентрация огнетушащего вещества		Концентрация продуктов разложения		Летальные концентрации, %(об.)	
	кг/м <sup>3</sup>	%(об.)	кг/м <sup>3</sup>	%(об.)	вещества	продуктов разложения
114В2	0,346	3,2	3,5	0,03	12,6	0,16
13В1	0,303	4,85	3,1	0,05	80,0	1,4
СО <sub>2</sub>	0,505	27,6	5,1	2,78	65,8	65,8

В работе указывается, что степень разложения хладонов и количество образующихся продуктов в значительной мере зависит от размера очага пожара и

времени подачи вещества в него. Учитывая тот факт, что в области пробития брони снарядом достигаются температуры, которые существенно превышают темпе-

ратуру, обычно достигаемую в пламени, то степень разложения в 1 %, принятая в работе [2], может не соответствовать степени разложения хладона в бронеобъекте. Поэтому, вопрос о термическом разложении хладонов в бронеобъектах требует дополнительного исследования. Следует исходить из того, что возимая масса хладона определяется необходимостью двукратного тушения пожара. В работе [2] для расчета массы хладона 114В2 или 13В1, необходимого для тушения пожара в закрытых объемах, используется выражение:

$$m = Vq_n k + m_1 \xi + m_2 + m_3, \quad (1)$$

где  $m$  – масса хладона в [кг];  $V$  – объем помещения;  $q_n$  – нормативная огнетушащая концентрация, принимаемая для взрывопожароопасных помещений  $0,37 \text{ кг/м}^3$ ;  $k$  – коэффициент, учитывающий потери хладона в трубопроводах и в результате утечек из помещения ( $k = 1$  при отсутствии утечек, для помещений принимается равным  $k = 1,2$ );  $m_1$  – остаток хладона в баллоне в [кг];  $\xi$  – число баллонов;  $m_2$  – остаток хладона в распределительных трубопроводах в [кг];  $m_3$  – остаток хладона в коллекторе в [кг].

Также в работе указывается, что при наличии постоянных проемов, поверхность которых составляет от 1 до 10 % поверхности ограждающих конструкций, предусматривается дополнительный расход хладона, равный 2 кг на  $1 \text{ м}^2$  проемов.

По данному выражению (1) рассчитаем требуемую массу хладона для тушения пожара в танке типа Т-64Б. Объем воздуха во внутреннем бронированном пространстве составит около  $3 \div 4 \text{ м}^3$ . Пренебрегая потерями хладона, получим требуемую массу  $1,11 \div 1,48 \text{ кг}$ . В бронеобъекте имеется три баллона по 2 кг хладона. Суммарное сечение открытых люков танка не превосходит  $0,5 \text{ м}^2$ , что требует дополнительно около 1 кг хладона. Таким образом, система ППО танка с учетом потерь обеспечивает превышение требуемого количества хладона.

Рассчитаем максимальную концентрацию хладона, которая может создаться во внутреннем объеме танка типа Т-64. Расчет объема газообразного хладона, образующегося при нормальных условиях, определим исходя из его молярной массы (табл. 2). Используя закон Авогадро получим, что при нормальных условиях из 3,6 кг сжиженного 13В1 образуется около  $0,54 \text{ м}^3$  газообразного хладона, а из хладона 114В2 –  $0,31 \text{ м}^3$ . Отсюда получим, что при объеме внутреннего бронированного пространства около  $3 \text{ м}^3$  максимальная объемная доля хладона 13В1 может достигнуть 18 % (об.), а для хладона 114В2 – 10,0 % (об.).

Таблица 2

Химические формулы и молярные массы хладона

Обозначение хладона	Химическая формула	Молярная масса, г/моль
13В1	$\text{CF}_3\text{Br}$	149
114В2	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$	260

Из данных табл. 2 следует, что летальные концентрации хладона в бронеобъекте не достигаются. Но применительно к хладону 114В2 его концентрация приближается к летальной, что при отсутствии турбулентной диффузии может привести к возникновению локальных областей во внутреннем отделении машины с концентрацией, превышающей летальную, то есть к гибели членов экипажа танка.

Заполнение забронированного пространства хладоном снижает концентрацию кислорода. По данным NASA смертельный порог концентрации кислорода составляет 12,3%. Оценим снижение концентрации кислорода в забронированном объеме. Будем полагать, что при заполнении хладоном происходит вытеснение воздуха из бронеобъекта. Объемную долю кислорода определим из закона Дальтона, согласно которого давление смеси химически не взаимодействующих идеальных газов равно сумме парциальных давлений, и имеет вид:

$$p = \sum_k p_k, \quad (2)$$

где  $p_k$  – давление  $k$ -й компоненты смеси газов.

Из закона Дальтона следует, что при фиксированном давлении и температуре уменьшение объемной доли компонентов воздуха (кислорода и азота) в результате вытеснения будет происходить пропорционально. Исходно в воздухе доля кислорода составляет около 1/5. При уменьшении объема воздуха в смеси с хладоном 13В1 на 18 % доля кислорода снизится с 20 % до 16,4 %. То есть, смертельный порог концентрации кислорода не достигается. Но следует учитывать, что при пожаре происходит образование газообразных продуктов химических реакций, может иметь место испарение паров топлива, что в конечном итоге приведет к достижению порога смертельной концентрации кислорода. Из вышеизложенного следует необходимость решения задачи обеспечения экипажа кислородом в процессе тушения пожара.

#### Обоснование требований к системе предотвращения создания взрывоопасных концентраций паров топлива в забронированном объеме

В работе [6] представлены результаты экспериментального исследования поражения танка типа Т-64 боеприпасами тактической авиации. Отмечается, «что основной причиной пожаров является наличие на днище танка топлива, а также грязи и ветоши, пропитанных топливом, которые возгораются при попадании на них кумулятивных струй». В исследованиях использовались кумулятивные боевые части неуправляемых авиационных ракет калибра 80 и 57 мм и противотанковые авиационные бомбы калибра 60 мм. Были обработаны материалы исследований при поражении 21 бронеобъекта, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. Это подтверждает необходимость снижения

концентрации паров топлива в случае их пролива на днище бронеобъекта.

Проведем расчет времени уменьшения взрывоопасной концентрации паров топлива во внутреннем объеме объекта за счет вентилирования данного объема штатной фильтровентиляционной установкой (ФВУ). Задачу рассмотрим в виде вытеснения паров топлива из реактора идеального смешения. То есть, будем полагать, что воздух, поступающий в забронированный обитаемый объем от ФВУ, мгновенно смешивается с топливозвоздушной смесью. Считаем, что смесь состоит из компонентов с параметрами идеального газа. Объем воздуха в забронированных обитаемых отделениях примем равным  $V_{\text{полн}} = 4 \text{ м}^3$ . Согласно паспортных данных, производительность нагнетателя фильтровентиляционной установки бронеобъекта составляет  $Q = 396 \text{ м}^3/\text{ч}$  при противодавлении 40 мм водяного столба. В начальных условиях будем полагать, что внутри забронированного объема находится смесь паров дизельного топлива с воздухом с объемной концентрацией паров  $C_{(t=0)} = 5\%$  (на верхнем концентрационном пределе распространения пламени). Условием исчезновения взрывоопасной концентрации примем снижение объемной концентрации паров дизельного топлива ниже 0,5% (нижний концентрационный предел распространения пламени). Считаем, что в процессе вентилирования дополнительного подвода паров топлива в объем не происходит.

В такой постановке задачи изменение объема паров топлива  $V_T$ , находящихся в забронированном обитаемом объеме  $V_{\text{полн}}$ , за счет вентилирования рассчитывается по выражению:

$$dV_T = -CQdt, \quad (3)$$

где  $dV_T$  – приращение объема топлива за время  $dt$ ;  $C$  – текущая концентрация (объемная доля) паров топлива в забронированном объеме, рассчитываемая как

$$C = V_T/V_{\text{полн}}, \quad (4)$$

Для получения кривой изменения концентрации  $C$  во времени  $t$ , подставим выражение (4) в выражение (3), и проведем интегрирование в виде:

$$\int_{V_T(t=0)}^{V_T} \frac{1}{V_T} dV_T = \int_0^t -\frac{Q}{V_{\text{полн}}} dt, \quad (5)$$

В результате, с учетом начальных условий, получим выражение изменения концентрации  $C$  паров топлива во времени  $t$  в виде:

$$C = C_{(t=0)} \exp\left(\left(-Q/V_{\text{полн}}\right) \cdot t\right). \quad (6)$$

Согласно заданных условий задачи, расчетная кривая изменения концентрации  $C$  имеет вид (рис. 1). Из результатов расчета видно, что время снижения концентрации с верхнего концентрационного предела распространения пламени до нижнего предела в танке типа Т-64 составит более  $t > 80$  с. Такое длительное снижение концентрации за счет вентилирования бро-

необъекта с помощью ФВУ дает основание для введения в систему ППО функции по снижению скорости испарения пролитого на днище топлива.

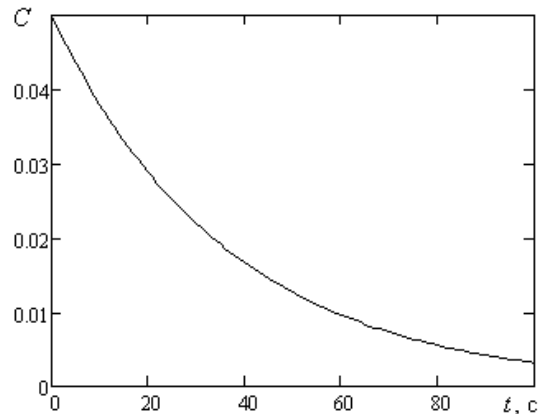


Рис. 1. Изменение концентрации паров топлива в результате вентилирования забронированного объема с помощью ФВУ

Для тушения нефтепродуктов широко используется тушение пеной. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек – пузырьков воздуха (газа), разделенных пленками жидкости, содержащей стабилизатор пены. Огнетушащие свойства пены основаны на изолирующем (пена препятствует поступлению в зону горения горючих паров и газов, в результате чего горение прекращается) и охлаждающим действиями. Например [2], покрытие бензина слоем пены толщиной 5 см уменьшает скорость испарения в 30...40 раз.

Достоинства пены, позволяющие рассматривать ее как средство тушения в бронеобъекте, являются:

- существенное сокращение расхода воды;
- возможность объемного тушения;
- при тушении пеной не требуется одновременное перекрытие всего зеркала горения, поскольку пена способна растекаться по поверхности горящего материала.

Данные свойства пены позволяют применять систему в момент поражения танка снарядом. В независимости от того, произойдет ли разрушение топливной или гидравлических систем танка или нет, система ППО обеспечит создание пены на днище машины. В случае пролива горючей жидкости на днище, пена покроет нагретую жидкость и снизит образование паров горючего. Также, в случае воспламенения жидкости, пена обеспечит её тушение. При этом, не требуется отключение ФВУ, что обеспечит поступление свежего воздуха для экипажа. Включение водооткачивающих помп обеспечит первоначально откачку пролитого топлива, а потом разложившейся пены. Исключение необходимости глушения двигателя в случае возгорания в обитаемых отделениях сохранит возможность применения системы управления огнем, то есть боеспособности танка. Наличие пены в механизме заряжания не бу-

дет препятствовать его работе. Покрытие пеной боеукладки снизит вероятность воспламенения снарядов и пороховых зарядов от горячих осколков. С учетом вышесказанного и того, что хладоны неприемлемы для тушения металлов [3] и запрещены к производству в ряде развитых стран, считается целесообразным применение пены для тушения пожара в обитаемых отделениях бронееобъекта.

Считается, что для тушения пожаров легковоспламеняющихся нефтепродуктов наиболее эффективными являются пены низкой средней кратности [2]. Учитывая ограничения по габаритным и массовым показателям, на бронееобъектах представляется целесообразным применять пены средней кратности. Требования по быстрому тушению пожара предопределяет нахождение в баллонах не отдельных компонентов (пенообразователя и воды), а в виде водного раствора пенообразователя. В этом случае создание пены обеспечится в пеногенераторе (например, следующей конструкции – рис. 2).

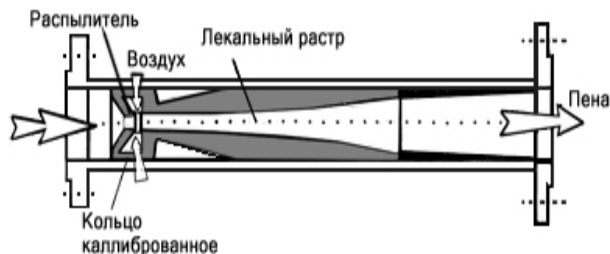


Рис. 2. Схема высоконапорного пеногенератора

Для расчета количества пеногенераторов, необходимых для тушения пожара в танке типа Т-64, используем Руководство [5]. Нормативная интенсивность при тушении дизельного топлива пеной средней кратности, получаемой из пенообразователя общего назначения, равна  $0,05 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Используя номограмму для определения ориентировочного расхода раствора пенообразователя и количества генераторов получим, что в бронееобъекте требуется 1 пеногенератор с расходом водного раствора пенообразователя до 2 л/с. Промышленностью изготавливается пенообразователь типа ГПС-200, обеспечивающий данную производительность (табл. 3).

Таблица 3  
Характеристики пеногенераторов типа ГПС

Тип	Рекомендуемое давление у распылителя, МПа	Расход раствора пенообразователя, л/с	Кратность пены	Вес, кг
ГПС-200	0,4 – 0,6	1,6 – 2	70 – 100	2,5
ГПС-600	0,4 – 0,6	5 – 6	70 – 100	5

Таким образом, пеногенератор ГПС-200 обеспечивает через 1 с создание из 2 л водного раствора пенообразователя пены объемом не менее 140 л.

Этого количества пены достаточно для покрытия днище бронееобъекта. Учитывая сложность компоновки оборудования в бронееобъекте и конечную скорость растекания пены, возможно потребуются применение нескольких пеногенераторов меньшей производительности, но расположенных в разных местах. Данный вопрос представляет собой задачу отдельного исследования.

## Выводы

На основании оценки токсической опасности системы ППО танка типа Т-64, работающей на тушащем составе типов хладон 13В1 и хладона 114В2, установлено, что летальные концентрации хладона в бронееобъекте не достигаются. Но применительно к хладону 114В2 его концентрация приближается к летальной, что при отсутствии турбулентной диффузии может привести к возникновению локальных областей во внутреннем отделении машины с концентрацией, превышающей летальную, то есть к гибели членов экипажа танка.

Рассчитано, что время снижения концентрации с верхнего концентрационного предела распространения пламени до нижнего предела в танке типа Т-64 составит более  $t > 80 \text{ с}$ . Такое длительное снижение концентрации за счет вентилирования бронееобъекта с помощью ФВУ дает основание для введения в систему ППО функции по снижению скорости испарения пролитого на днище топлива.

Считается целесообразным применение пены для тушения пожара в обитаемых отделениях бронееобъекта. В случае пролива горячей жидкости на днище, пена покрывает нагретую жидкость и снижает образование паров горячего. Также, в случае воспламенения жидкости, пена обеспечит её тушение. При этом, не требуется отключение ФВУ, что обеспечивает поступление свежего воздуха для экипажа. Включение водооткачивающих помп обеспечит первоначально откачку пролитого топлива, а потом разложившейся пены. Исключение необходимости глушения двигателя в случае возгорания в обитаемых отделениях сохранит возможность применения системы управления огнем, то есть боеспособности танка. Наличие пены в механизме заряжания не будет препятствовать его работе. Покрытие пеной боеукладки снизит вероятность воспламенения снарядов и пороховых зарядов от горячих осколков.

Наличие высокоэффективных систем пожаротушения в объектах БТ техники повысит вероятность выживания экипажей на поле боя и их боеспособность, так как большое значение будет иметь психологический фактор, связанный с наличием такой системы. В мирное время система может использоваться для предотвращения пожаров, возникающих при неисправности различных систем, обеспечивая при этом сохранность дорогостоящей военной техники.

**Список литературы**

1. Объект 447А (437А). Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн. 2. – М. Воениздат, 1985. – С. 525-532.

2. Баратов Н.А. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности / Н.А. Баратов, Н.Е. Иванов. – М.: Химия, 1979. – 368 с.

3. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2004. – 713 с.

4. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности / ГУ

ГПС МВД России. – М.: ВНИИПО, 1995. – 25 с.

5. Кошмаров Ю.А. Управление развития пожара а помещени / Ю.А. Кошмаров // Труды ВИПТШ МВД СССР. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1978. – Вып. 3. – С. 23-27.

6. Соболев Е.Г. Восстанавливаем ость танков Т-64А, поврежденных тактической авиацией / Е.Г. Соболев // Вестник бронетанковой техники. – 1989. – № 11. – С. 9-11.

Поступила в редколлегию 21.07.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

**ПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ БРОНЬОВАНИХ МАШИН**

О.В. Стаховський, В.В. Глебов, В.І. Паніматка, Ю.С. Литвинов

*В статті розглянуті питання: оцінки впливу хладонів під час пожежі на організм людини; розраховано час зниження пожежо-небезпечної концентрації від парів палива; доведена можливість використання піни при пожежогашінні.*

**Ключові слова:** засоби пожежогашіння, хладони, токсичність.

**FIRE DEFENCE OF THE RESERVED MACHINES**

O.V. Stakhovskiy, V.V. Glebov, V.I. Panimatka, Yu.S. Litvinov

*In the articles considered of question: estimations of influencing of chladones are during a fire on the organism of man; time of decline of fire risk concentration is expected from steam fuels; possibility of the use of suds is proved at fire fighting.*

**Keywords:** facilities fire fighting, chladones, toxicness.