

## **МЕТОД ОЦЕНКИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КРЫШИ МТО ТАНКА**

### **Постановка проблемы.**

Весомое место среди средств обнаружения объектов бронетанковой техники занимают тепловизионные средства разведки и тепловые датчики головок самонаведения (ГСН) противотанкового оружия.

Возможности таких видов оружия по обнаружению и поражению современных основных боевых танков характеризуются воздействием на цель через верхнюю полусферу и оцениваются вероятностью поражения не ниже 0,8. Это выдвигает проблему защиты танка от противотанковых средств с тепловыми системами обнаружения и наведения в число актуальных направлений защиты.

Решение отмеченной проблемы характеризуется сложностью теоретической оценки достигнутого уровня эффективности защиты на стадии проектирования. Это, в свою очередь, вынуждает разработчиков применять максимум возможных решений без гарантии обеспечения минимально необходимых параметров уровня защиты. Поэтому до настоящего времени при проектировании наиболее представительным является выбор варианта технического решения на основе экспериментальных данных. Следовательно, разработка методов исследования различных вариантов конструктивных решений на основе данных фактических измерений имеет важное практическое значение и способствует накоплению опыта разработчиков, что актуально для повышения уровня конструкторских разработок.

### **Анализ публикаций.**

Вопросам необходимости обеспечения низких уровней теплового излучения посвящен ряд публикаций [1, 2 и др.], которые носят общий характер. В опубликованных работах рассматриваются исследования полей распределения температуры на наружных поверхностях танков [3, 4], но не приводятся необходимые и достаточные критерии для сравнительной оценки вариантов конструктивных решений. В публикациях также не нашли отражение уровни теплового излучения и энергетические центры теплового излучения конструкций образцов бронетанковой техники, полученные экспериментально.

### **Постановка задачи.**

Для оценки и выбора предпочтительного варианта тепловой защиты из двух и более предложенных конструктивных решений на основе их экспериментальных характеристик необходимо определить критерии выбора (оценки).

Наиболее обоснованным будет выбор такого вида критерия сравнительной оценки, который с одной стороны связан с экспериментальными параметрами, полученными при непосредственных измерениях, а с другой стороны - с параметрами, используемыми в средствах разведки и датчиковых системах самонаводящихся противотанковых боеприпасов.

**Целью статьи** является разработка метода оценки конструктивных решений вариантов тепловой защиты крыши моторно-трансмиссионного отделения танка (МТО) с использованием экспериментальных данных.

### **Критерии сравнительной оценки конструктивных решений тепловой защиты.**

Характеристиками, полученными при непосредственных измерениях служат температуры наружных поверхностей. Параметрами, характеризующими в той или иной мере тепловую защиту крыши МТО, являются площади равнотемпературных участков поверхности крыши и их распределение/положение в зависимости от режима работы двигателя. Указанные параметры зависят от конструктивной особенности крыши и

напрямую не имеют связи с признаками, используемыми средствами разведки и системами наведения высокоточного оружия.

В тоже время, в вышеуказанных системах используются как правило интегральные параметры, среди которых наиболее распространенными являются уровень теплового излучения и его энергетический центр.

Для тепловых ГСН, работающих на принципе выделения цели по уровню теплового излучения, точка прицеливания как раз и будет находиться в энергетическом центре излучения. Для ГСН, работающих на принципе выделения цели по тепловому портрету, прицеливание производится в геометрический центр тепловой цели, что определяет интерес к нахождению взаимного расположения теплового и геометрического центров крыши МТО.

Определенные экспериментально значения температуры равнонагретых участков поверхности крыши МТО танка позволяют рассчитать суммарную величину теплового излучения I:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (1)$$

где  $I_i$  - величина излучения  $i$ -го участка поверхности крыши МТО,  $\text{м}^2$ ;  $n$  - количество равнонагретых участков поверхности крыши.

$I_i$  определяется по формуле

$$I_i = 1,7 S_i \left[ \left( \frac{T_i}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_B}{100} \right)^4 \right] \text{ Вт/ср}, \quad (2)$$

где  $S_i$  - площадь проекции  $i$ -го участка,  $\text{м}^2$ ;  $T_i$  - температура  $i$ -го участка, К;  $T_B$  - температура окружающего воздуха, К.

Поскольку, как отмечено выше, точкой прицеливания высокоточных боеприпасов является энергетический центр излучения или геометрический центр излучателя, то необходимо вычислить местонахождение энергетического центра излучения крыши МТО.

$$X_{\text{ЭЦ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta B_i S_i X_i}{\sum_{i=1}^n \Delta B_i S_i} \quad (3)$$

$$Y_{\text{ЭЦ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta B_i S_i Y_i}{\sum_{i=1}^n \Delta B_i S_i} \quad (4)$$

где  $X_{\text{ЭЦ}}$ ,  $Y_{\text{ЭЦ}}$  - координаты энергетического центра излучения исследуемой поверхности, м;  $X_i$ ,  $Y_i$  - координаты энергетического центра излучения  $i$ -го участка поверхности, м;  $\Delta B_i$  - контраст энергетической яркости  $i$ -го элемента,  $\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ср}$ .

Таким образом, в качестве критериев для сравнительной оценки конструкций тепловой защиты могут быть предложены уровни теплового излучения и координаты энергетических центров излучения. Данные критерии позволяют оценить как эффективность самой конструкции тепловой защиты крыши МТО и степень заметности её для датчиков систем прицеливания (самонаведения) противотанкового оружия, так и провести сравнительный анализ различных вариантов тепловой защиты.

#### **Сравнительный анализ вариантов тепловой защиты.**

Основное конструктивное отличие сравниваемых вариантов теплозащиты крыши МТО танка заключается в том, что защита по варианту 1 состоит только из экранирующих

наружную поверхность крыши теплоизоляционных панелей, а в варианте 2 применены дополнительно к экранированию устройства принудительного охлаждения наружным воздухом нагреваемых элементов конструкции крыши.

Выбор оптимального варианта тепловой защиты крыши МТО танка выполнен на основе экспериментальных данных, полученных при одновременных испытаниях двух танков с одинаковыми по конструкции МТО, но с различными вариантами тепловой защиты с помощью метода оценки на основе предложенных выше критериев.

Для сравнительной оценки, были выбраны три режима, характеризующиеся различной интенсивностью нагрева наружных поверхностей крыши МТО танка.

В первом режиме температурное поле измерено в момент остановки двигателя после режима холостого хода. Предварительно оба танка были прогреты до установившегося температурного режима посредством движения на пересеченной местности с максимально возможными скоростями в течение 40 минут.

Второе и третье состояние характеризуются тепловым полем, измеренным через один и два часа после остановки двигателя, когда оба танка находились в условиях естественного охлаждения. Температура окружающего воздуха составляла +26°C. Это позволяет, кроме того, сравнить результаты, полученные на танках с различными вариантами теплозащиты с характеристиками танка без средств тепловой защиты, полученных при такой же температуре [5].

Результаты интегрального теплового излучения поверхности крыши МТО всех трех танков приведены на рис. 1.

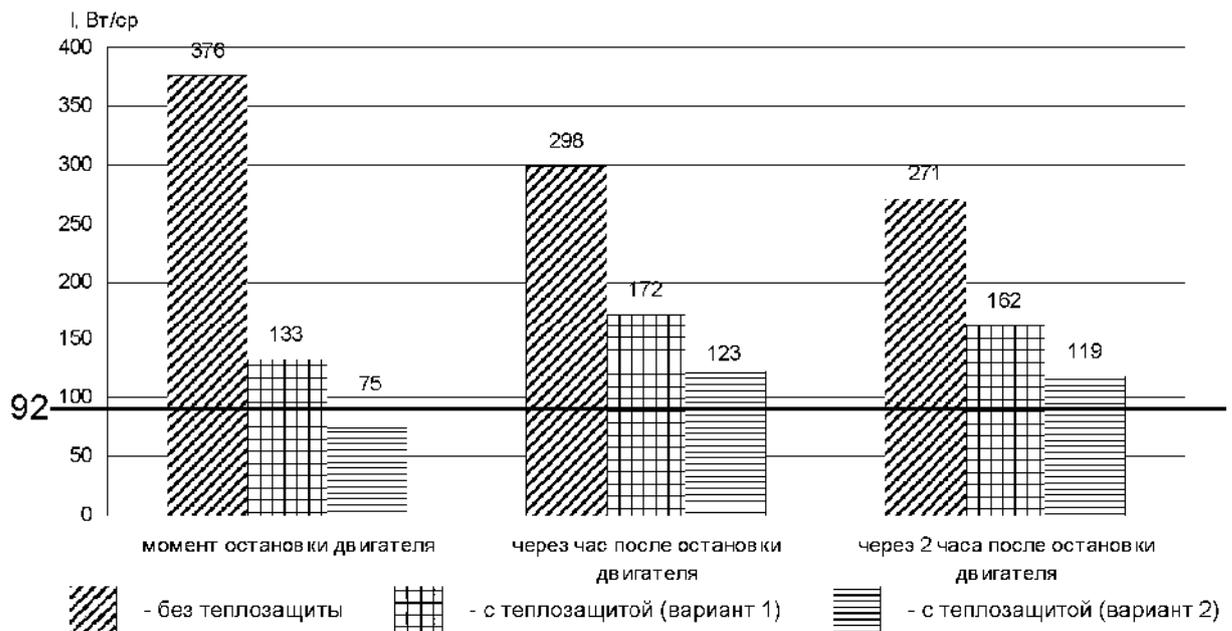


Рис. 1. Сравнительная интенсивность теплового излучения крыши МТО с различными вариантами тепловой защиты.

Уровни теплового излучения приведены для трёх вариантов крыш МТО танка в трёх режимах их теплового состояния. Видно, что наименьшим тепловым излучением характеризуется крыша МТО танка с тепловой защитой по варианту 2. Уровни ее теплового излучения для различных режимов в (1,36...1,76) раза ниже уровней излучения крыши МТО с теплозащитой по варианту 1.

Дополнительно, для учета уровней допустимых излучений при выполнении сравнительной оценки различных вариантов защиты, на рис.1 нанесена линия допустимого излучения. Данная линия характеризует допустимую для конкретных температур интенсивность излучения крыши МТО, определенную по формуле (1). Ее величина получена исходя из условия, что среднее значение температуры различных

участков фона и поверхности крыши МТО может отличаться от температуры воздуха на 10°C [6] и составлять 36°C. Суммарное тепловое излучение крыши МТО при такой температуре поверхности составляет  $\approx 92$  Вт/ср.

Сравнение вариантов тепловой защиты с учетом допустимого уровня теплового излучения крыши МТО при одинаковых условиях испытаний показывает, что и в этом случае лучшим является теплозащита по варианту 2. Как видно на рис. 1 «выделение» крыши МТО в режиме холостого хода двигателя и при движении со средней нагрузками (дополнительный обдув и «холодные» жалюзи над радиаторами) на флуктуирующем фоне местности практически невозможно. Следовательно, данный вариант тепловой защиты обеспечивает наиболее эффективную защиту танка от высокоточных боеприпасов с тепловыми головками самонаведения.

В режимах остывания двигателя, которые характерны для привала или после прибытия в район выжидания (сосредоточения) тепловое излучение крыши МТО превышает допустимый уровень излучения для варианта 2 теплозащиты в (1,29...1,34) раза. При данном уровне излучения «выделение» танка на фоне не будет вызывать проблем для тепловых ГСН. Увеличение уровня теплового излучения обусловлено, в основном, нагревом большой поверхности жалюзей над радиаторами и незначительным повышением температуры на некоторых элементах тепловой защиты.

Кроме проведенного анализа вариантов теплозащиты крыши МТО танка по уровню теплового излучения вызывает определенный интерес выполнение сравнения вариантов защиты по положению центра теплового излучения.

Местоположение теплового центра различных вариантов теплозащиты крыши МТО в трех режимах теплового состояния рассчитаны по зависимостям (3 и 4) и представлены на рис. 2 и в таблице 1.

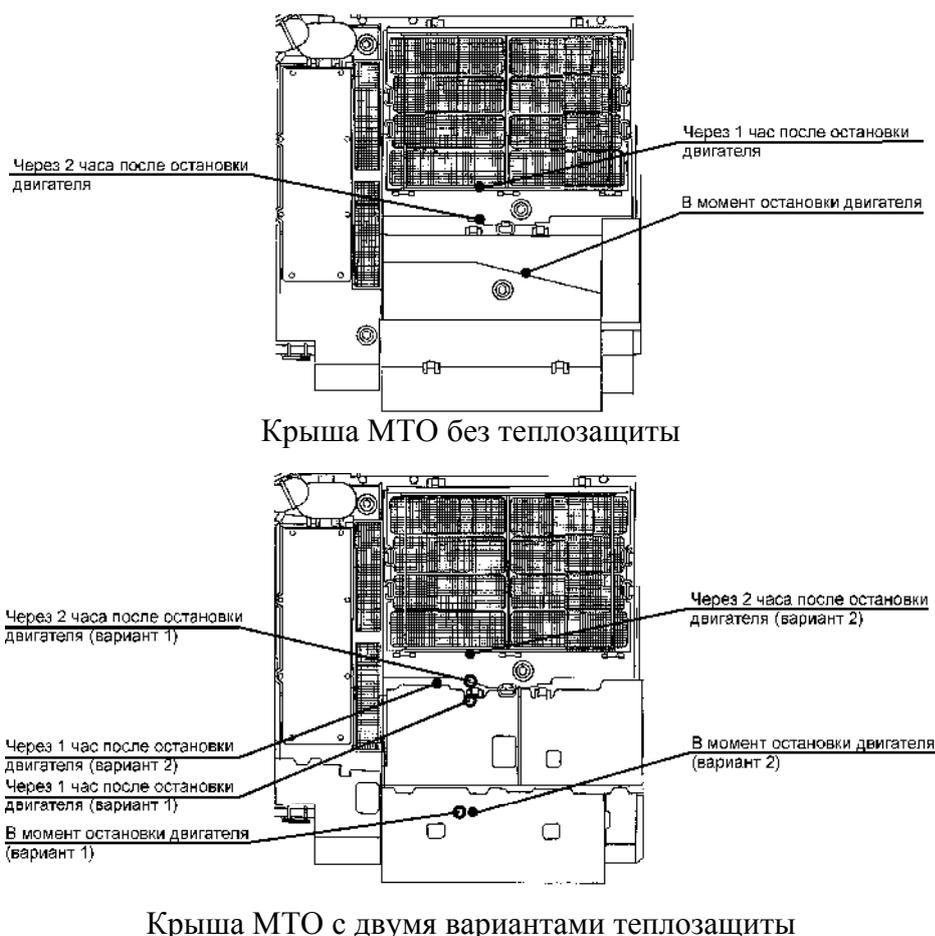


Рис.2. Положение энергетического центра теплового излучения крыши МТО танка для различных вариантов теплозащиты и тепловых режимов их наружных поверхностей

Координаты энергетического центра теплового излучения крыши МТО с различными вариантами теплозащиты.

	Изделие без теплозащиты	Изделие с теплозащитой (вариант 1)	Изделие с теплозащитой (вариант 2)
Величина теплового излучения и координаты энергетического центра излучения в момент остановки двигателя	$I = 375,98 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,686 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 0,78 \text{ м}$	$I = 133 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,93 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 0,58 \text{ м}$	$I = 75,4 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,93 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 0,53 \text{ м}$
Величина теплового излучения и координаты энергетического центра излучения через 1 час после остановки двигателя	$I = 298,94 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,859 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,36 \text{ м}$	$I = 171,5 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,91 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,034 \text{ м}$	$I = 122,9 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 1,22 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,17 \text{ м}$
Величина теплового излучения и координаты энергетического центра излучения через 2 часа после остановки двигателя	$I = 271,74 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,87 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,27 \text{ м}$	$I = 161,8 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,95 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,08 \text{ м}$	$I = 118,6 \text{ Вт/ср}$ $X_{ЭЦ} = 0,97 \text{ м}$ $Y_{ЭЦ} = 1,3 \text{ м}$

Из рис. 2 следует, что положение энергетического центра излучения для обеих вариантов тепловой защиты мало отличаются друг от друга и находятся недалеко от геометрического центра крыши. Это свидетельствует о том, что круговое отклонение боеприпасов будет находиться на крыше МТО практически полностью, и в этом случае только «невыведение» цели ГСН может обеспечить защиту.

**Выводы.**

1. Предложен метод оценки конструктивных решений вариантов тепловой защиты крыши МТО танка с использованием экспериментальных данных и критериев для сравнительной оценки конструкций тепловой защиты.
2. В соответствии с предложенным методом проведен анализ конструкций вариантов крыш МТО танка.

Наилучшей, по эффективности, защитой является теплозащита крыши МТО с внутренней принудительной вентиляцией и наружным экранированием (вариант 2). Эта конструкция теплозащиты обеспечивает снижение уровня теплового излучения в сравнении с незащищенной крышей в (2,5..5) раз, а с крышей по варианту 1 в (1,29...1,34) раза. Это позволяет утверждать, что тепловая ГСН высокоточного боеприпаса не сможет «выделить» поверхность крыши МТО с теплозащитой по варианту 2 на окружающем фоне в режиме движения танка или на стоянке с работающим двигателем.

В режиме остывания танка в течение 2-х часов наблюдается превышение допустимого уровня теплового излучения от крыши МТО более чем на 30%, что сильно демаскирует танк и не обеспечивает тепловую защиту.

3. Необходимо продолжить работы по оценке теплового поля танка в целом и оценить вклад и влияние излучения от крыши МТО на общие характеристики, а также разработать и оценить мероприятия по уменьшению уровня теплового излучения от крыши МТО в режиме естественного остывания.

Литература: 1. Иванов О., Пути повышения уровня защищенности зарубежной бронетанковой техники / Иванов О. // Зарубежное военное обозрение. – 2003. - №11. – С. 33-37. 2. Тарасенко А., Комплексная защита бронетанковой техники. Украинский подход / Тарасенко А. // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2007. - №2. – С. 10-16. 3. Астахова Т. А. Исследование поля температур крыши МТО танков Т-72 и Т-80

- / Астахова Т. А. // Вестник бронетанковой техники. – 1990. - №2. – С. 25-29.  
4. Громов В С. Теплонапряженность моторно-трансмиссионного отделения танка Т-72 / Громов В. С. // Вестник бронетанковой техники. – 1989. - №12. – С. 31-34. 5. Глебов В. В. Тепловая сигнатура крыши силового отделения танка Т-80УД / Глебов В. В., Васильченко И. И., Роленко С. А. и др. // Механіка та машинобудування. – 2002. - №2. – С. 123-127.  
6. Ogorkiewicz R. M., The quiet approach / Ogorkiewicz R. M. // Jane's International Defense Review. – 2002., September. - С. 32-35.

Васильченко І. І., Глебов. В. В., Девятілов Ю. І., Паніматка В. І., Роленко С. О.

**МЕТОД ОЦІНКИ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ  
КРИШІ МТВ ТАНКА**

Запропонован метод оцінки конструктивних рішень теплового захисту криші МТВ танка.

Наведені результати порівняльного аналізу двох варіантів теплового захисту криші моторно-трансмісійного відділення (МТВ) танка. Наведені рівні теплового випромінювання від поверхні криші МТВ та вказані положення теплового енергетичного центру криші.

Vasilichenko I. I., Glebov V. V., Devyatilov Y. I., Panimatka V. I, Rolenko S. O.

**WAYS OF EVALUATING HEAT PROTECTION DESIGN SOLUTIONS  
FOR TANK PPC TOP DECK PLATE**

The method of design decision evaluation for heat protection of tank PPC top deck plate is offered.

There are comparative analysis results of two variants of the tank PPC heat protection.

Given above are the levels of heat radiation from the surface of the PPC top deck plate to the indicated position of the heat energetic center of the top deck plate.

---