

# ТРАНСПОРТНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 623.942.2, 623.592

*Бондарь А.И.; Дегтярь С.М.; Павленко С.А.; Пилипенко О.Ю.*

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БОЕВЫХ МАШИН

### **Введение.**

Одним из важнейших факторов, влияющих на живучесть боевых машин, является наличие в их составе системы противопожарного оборудования (ППО), обеспечивающей своевременное тушение пожаров (возгораний горюче-смазочных материалов и других технических жидкостей) внутри отделений боевых машин. Учитывая особенности компоновки и функциональных задач, стоящих перед боевыми машинами, развитие технологии приборостроения делает возможным и необходимым уменьшение пространства, занимаемого системами ППО и аппаратурой ППО в частности, увеличение быстродействия и надежности систем ППО, что позволит минимизировать безвозвратные потери техники и личного состава.

### **Цель работы.**

Определение перспектив развития систем ППО отечественных боевых машин.

### **Основная часть.**

Системы противопожарного оборудования предназначены для тушения пожаров (возгораний горюче-смазочных материалов и других технических жидкостей) внутри отделений боевых машин и состоят из следующих составных частей: датчиков, баллонов и аппаратуры.

В соответствии с отраслевым стандартом системы ППО должны обеспечивать тушение пожаров внутри отделений боевых машин в автоматическом и ручном режимах.

Аппаратура ППО должна обеспечивать:

- световую сигнализацию о количестве заряженных (заправленных огнетушащей смесью) баллонов ППО;
- световую сигнализацию о пожаре в отделении;
- выдачу сигнала на исполнительный механизм (пиропатрон) баллона ППО;
- выдачу сигнала на исполнительный механизм очередного баллона ППО через 15-25с после подачи сигнала на исполнительный механизм предыдущего баллона;
- выдачу сигнала на выключение вентиляции при невозможности тушения пожара без ее выключения;
- выдачу сигнала на механизмы герметизации отделения при их наличии;
- выдачу сигнала на включение вентиляции через 15-25с после подачи сигнала на ее выключение при отсутствии сигнала с датчиков системы;
- выдачу сигнала на срабатывание механизма остановки двигателя или устройства, прекращающего вентиляцию моторно-трансмиссионного отделения;
- выдачу сигнала на исполнительные механизмы баллонов ППО с задержкой до полной остановки двигателя при срабатывании механизма остановки двигателя и без задержки для боевой машины, не требующей остановки двигателя;

© А.И. Бондарь, 2015

– выдачу сигнала на срабатывание механизма останковки дополнительного агрегата питания;

– время прохождения сигнала с момента выдачи его датчиком до момента подачи сигнала на исполнительный механизм баллона ППО без учета задержки на останковку двигателя должно составлять не более 0,05с.

Рассмотрим состав и основные технические характеристики систем ППО разработки и производства бывшего СССР и Украины, установленных на основных боевых бронированных машинах (танки типа Т-64Б(БВ), Т-72 производства СССР).

Применяемая система ЗЭЦ11-2 имеет состав:

- блок автоматики Б11-5-2С1 – 1шт.;
- пульт управления и сигнализации П11-5 – 1шт.;
- коробка управления вентилятором (нагнетателем) КУВ11 – 2шт.;
- коробка динамического торможения К11 – 1шт.;
- термодатчик ТД-1 – 15шт.;
- комплект прибора контрольного КПК11-2 – 1 комплект на 30 систем;
- комплект ЗиП [3].

Пульт управления и сигнализации П11-5 предназначен для контроля исправности системы, сигнализации и ручного дублирования сигналов ППО и прибора радиационно-химической разведки. На лицевой панели пульта расположены все органы управления, предохранители и сигнальные лампы. Кнопки «ПО», «ЗО», «ОРБ» закрываются откидной пломбируемой крышкой. Кнопки «ПРОВЕРКА», «СБРОС», тумблер «ППО-ОПВТ» конструктивно защищены от случайных включений.

Блок автоматики Б11-5-2С1 выдает команды на исполнительные механизмы при поступлении соответствующих входных сигналов от термодатчиков, пульта П11-5 и прибора радиационно-химической разведки.

Коробка управления вентилятором (нагнетателем) КУВ11 предназначена для управления работой вентилятора (нагнетателя). Ручной пуск и остановка нагнетателя осуществляется кнопками ПУСК и СТОП.

Коробка динамического торможения К11 предназначена для переключения электродвигателя вентилятора в режим динамического торможения с целью ускоренного закрывания клапана электровентилятора по сигналам от прибора радиационно-химической разведки.

Комплект прибора контрольного КПК11-2 – предназначен для тестирования работоспособности системы ЗЭЦ11-2.

Система срабатывает при воздействии на один из термодатчиков температурного перепада 150°С. Время срабатывания системы не более 10 с с начала воздействия температурного перепада (в диапазоне температурного перепада +60...+150 °С срабатывание системы не гарантируется).

При воздействии на один из термодатчиков температурного перепада 60°С и менее система не срабатывает.

Напряжение питания системы 22-29 В постоянного тока.

Аппаратура системы выполнена на радиоэлементах 1970-х годов.

На рисунке 1 приведен внешний вид пульта П11-5.

На лицевой стороне пульта П11-5 находятся:

- 1 – кнопка ручного подрыва баллонов переднего отделения (обитаемого отделения), находится под крышкой;
- 2 – лампа индикации наличия пожара в переднем отделении;
- 3 – лампа индикации исправности электрической цепи пиропатрона 1-го баллона и заправки огнетушащей смесью 1-го баллона;
- 4 – лампа индикации наличия пожара в заднем отделении (моторно-

трансмиссионном отделении);

5 – лампа индикации исправности электрической цепи пиропатрона 2-го баллона и заправки огнетушащей смесью 2-го баллона;

6 – лампа индикации исправности электрической цепи пиропатрона 3-го баллона и заправки огнетушащей смесью 3-го баллона;

7 – лампа индикации включения фильтровентиляционной установки в режиме фильтровентиляции;

8 – тумблер переключения режимов работы «оборудование подводного вождения - противопожарное оборудование»;

9 – кнопка приведения системы ППО в исходное состояние;

10 – кнопка запуска цикла проверки работоспособности системы ППО;

11 – предохранитель пульта П1-5;

12 – лампа индикации включения режима ОПВТ;

13 – предохранитель системы ППО;

14 – кнопка дублирующего (ручного) запуска исполнительных механизмов по показаниям наличия отравляющих радиобактериологических веществ на приборе радиационно-химической разведки;

15 – кнопка ручного подрыва баллонов заднего отделения (моторно-трансмиссионного отделения (МТО)), находится под крышкой [4].

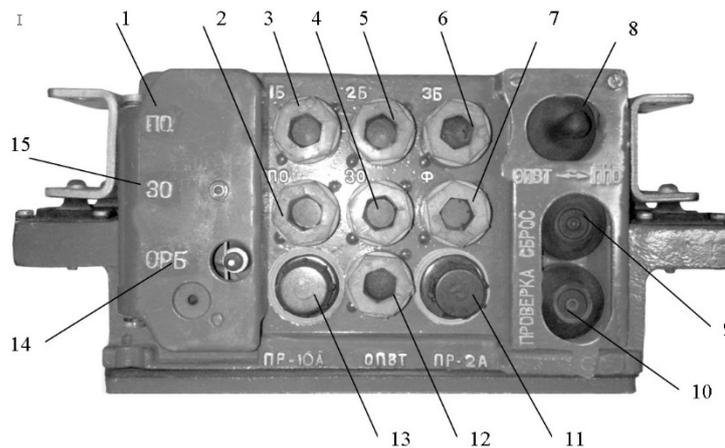


Рис. 1. Внешний вид пульта П11-5

Танк типа Т-80УД производства СССР, Украины:

Система ЗЭЦ13

Состав:

Блок автоматики Б13 – 1шт.;

Пульт управления и сигнализации П13 – 1шт.;

Коробка управления вентилятором (нагнетателем) КУВ11 – 2шт.;

Оптический датчик ОД1 – 10шт.;

Термодатчик ТД-1 – 5шт.;

Коробка динамического торможения К11 – 1шт.;

Комплект прибора контрольного КПК-13– 1 комплект на 30 систем;

Комплект ЗиП.

Напряжение питания системы 22-29 В постоянного тока.

Аппаратура системы выполнена на радиоэлементах 1980-х годов.

С целью увеличения быстродействия системы ППО, в состав системы ЗЭЦ13 вместо 10 термодатчиков ТД-1 (время срабатывания не более 50 мс) введены 10 опти-

ческих датчиков ОД-1 (время срабатывания не более 2 мс). Время срабатывания пиропатрона баллона ППО не более 40 мс [5]. В остальном алгоритм работы системы ЗЭЦ13 аналогичен алгоритму работы системы ЗЭЦ11-2, назначение блоков и пультов системы ЗЭЦ13 аналогично назначению блоков и пультов системы ЗЭЦ11-2.

В связи с переходом танкостроения Украины на комплектующие собственного производства, налажено серийное производство аппаратуры ППО, по своим функциям, габаритным и установочным размерам аналогичной аппаратуре системы ЗЭЦ13. Аппаратура ППО украинского производства устанавливается в танки украинского производства типа Т-80УД, БМ БУЛАТ, БМ ОПЛОТ.

Аппаратура украинского производства выполнена на радиоэлементах 1990-х годов.

В таблице 1 приведен состав аппаратуры системы ЗЭЦ13 и их украинские аналоги.

Таблица 1

Состав аппаратуры системы ЗЭЦ13 и их украинские аналоги

Система ЗЭЦ13	Украинские аналоги	Примечание
Блок автоматики Б13	Прибор Б709	
Пульт управления и сигнализации П13	Прибор П708	
Коробка управления вентилятором (нагнетателем) КУВ11	Прибор КУВ401	
Оптический датчик ОД1	Оптический датчик ОД1	
Термодатчик ТД-1	Аналог отсутствует	
Коробка динамического торможения К11	Прибор К402	
Комплект прибора контрольного КПК-13	Прибор КПК707	

На рисунке 2 приведен внешний вид прибора П708.

Органы управления и индикации прибора П708 аналогичны органам управления и индикации пульта П11-5 [6].



Рис. 2. Внешний вид прибора П708

Аппаратура ППО бронетранспортера БТР-80 производства СССР.

В состав аппаратуры ППО бронетранспортера БТР-80 входит коробка КР-40 с установленными в ней элементами коммутации. Органов управления и индикации коробка КР-40 не имеет. Управление системой ППО производится кнопками на щите механика-водителя. На щите также расположены индикаторы (лампочки), сигнализирующие об исправности электрической цепи пиропатронов баллонов ППО. Система встроенного контроля исправности электрических цепей системы ППО отсутствует. Аппаратура ППО выполнена на радиоэлементах 1970-х годов.

В бронетранспортере БТР-3Е1 отечественного производства также используется аппаратура, аналогичная аппаратуре ППО бронетранспортера БТР-80. Эксплуатацион-

ные надписи органов управления щитка приборов БТР-3Е1 выполнены на английском языке.

Внешний вид зоны ППО щитка приборов бронетранспортера БТР-80 представлен на рисунке 3.

В зоне ППО щитка приборов бронетранспортера БТР-80 находятся:

- 1 – лампа индикации включения 1-го баллона;
- 2 – лампа индикации включения 2-го баллона;
- 3 – тумблер включения работы ППО в автоматическом режиме;
- 4 – лампа индикации наличия пожара;
- 5 – кнопки (2шт.) ручной активации баллонов ППО (находятся под защитной крышкой).

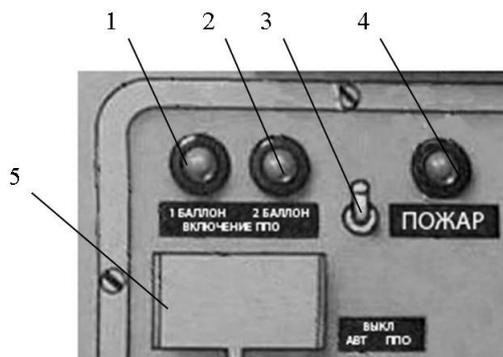


Рис. 3. Внешний вид зоны ППО щитка приборов бронетранспортера БТР-80

В связи с необходимостью комплектации бронетранспортеров украинского производства аппаратурой управления ППО отечественного производства, техническим старением аппаратуры ППО, установленной на бронетранспортерах БТР-80 и БТР-3Е1, отсутствием в этой аппаратуре функции контроля исправности системы ППО, разработан блок-пульт ППО с функцией контроля исправности системы ППО на современной элементной базе. Блок-пульт ППО установлен на бронетранспортере БТР-4Е отечественного производства.

Внешний вид блок-пульта ППО БТР-4Е представлен на рисунке 4.

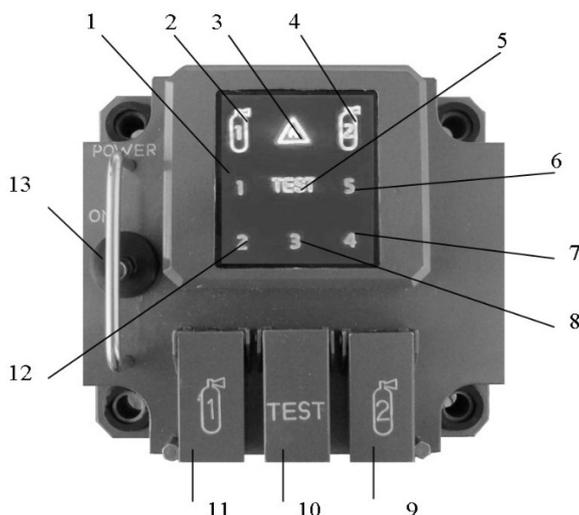


Рис. 4. Внешний вид блок-пульта ППО

На лицевой стороне блок-пульта ППО находятся:

- 1 – индикатор работоспособности 1-го термодатчика;

- 2 – индикатор активации 1-го баллона;
- 3 – индикатор наличия пожара;
- 4 – индикатор включения 2-го баллона;
- 5 – индикатор прохождения режима встроенного контроля работоспособности системы ППО;
- 6 – индикатор работоспособности 5-го термодатчика;
- 7 – индикатор работоспособности 4-го термодатчика;
- 8 – индикатор работоспособности 3-го термодатчика;
- 9 – кнопка активации 2-го баллона;
- 10 – кнопка включения режима встроенного контроля работоспособности системы ППО;
- 11 – кнопка активации 1-го баллона;
- 12 – индикатор работоспособности 2-го термодатчика;
- 13 – автомат защиты сети электрооборудования блок-пульты ППО.

При создании отечественного бронированного автомобиля с колесной формулой 4x4 в связи с ограниченностью пространства для установки аппаратуры ППО и повышенными требованиями эргономики разработана панель ППО, интегрированная в щиток приборов водителя.

Панель ППО, как и блок-пульт ППО выполнены на современной элементной базе с использованием в схемотехнических решениях микроконтроллеров и транзисторных полупроводниковых ключей в качестве «силовых выходов».

Использование в обитаемых отделениях БТР-4Е и бронированного автомобиля термодатчиков обусловлено невозможностью использования оптических датчиков, как в танках по причине естественного освещения обитаемых отделений БТР-4Е и бронированного автомобиля и, как следствие, ложного срабатывания оптических датчиков.

Внешний вид панели ППО бронированного автомобиля с колесной формулой 4x4 представлен на рисунке 5.

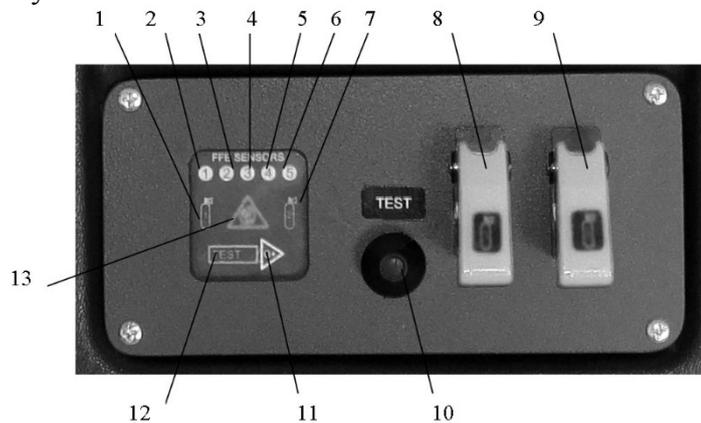


Рис. 5. Внешний вид панели ППО бронированного автомобиля с колесной формулой 4x4

На лицевой стороне панели ППО находятся:

- 1 – индикатор включения 1-го баллона;
- 2 – индикатор работоспособности 1-го термодатчика;
- 3 – индикатор работоспособности 2-го термодатчика;
- 4 – индикатор работоспособности 3-го термодатчика;
- 5 – индикатор работоспособности 4-го термодатчика;
- 6 – индикатор работоспособности 5-го термодатчика;

- 7 – индикатор включения 2-го баллона;
- 8 – тумблер активации 1-го баллона;
- 9 – тумблер активации 2-го баллона;
- 10 – кнопка включения режима встроенного контроля работоспособности системы ППО;
- 11 – индикатор работы генератора основного двигателя изделия;
- 12 – индикатор прохождения режима встроенного контроля работоспособности системы ППО;
- 13 – индикатор наличия пожара.

Все рассмотренные системы ППО построены по принципу двукратного действия, т.е. при повторном поступлении сигнала с датчика, свидетельствующего о пожаре, аппаратура ППО выдает сигнал на подрыв второго баллона с огнетушащей смесью, следовательно, все эти системы ППО согласно теории автоматического управления по своему принципу являются замкнутыми. На рисунке 6 приведена структурная схема рассмотренных выше систем управления ППО [1].

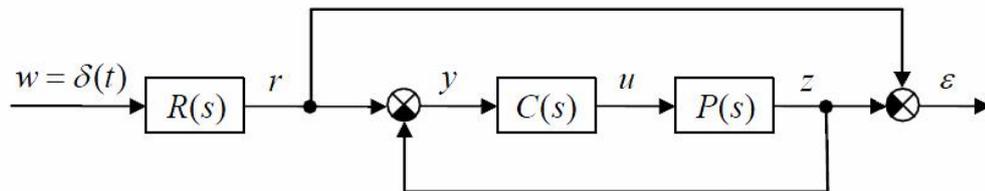


Рис. 6. Структурная схема систем управления ППО

Такой вид отображения общепринят при моделировании входных сигналов и позволяет представить систему в стандартном виде: на входе – дельта-функция, на выходе – ошибка.

На структурной схеме рисунка 6 показаны:

$w$  – единичный импульс дельта-функции (физическая величина, воздействующая на датчик);

$R(s)$  – передаточная функция (преобразование Лапласа);

$r$  – входной сигнал (сигнал с датчика);

$C(s)$  – передаточная функция регулятора;

$P(s)$  – передаточная функция объекта;

$y$  – измеренный сигнал обратной связи, поступающий на вход регулятора;

$u$  – управляющий сигнал на выходе регулятора;

$z$  – сигнал на выходе объекта;

$\mathcal{E}$  – ошибка.

Время срабатывания систем ППО состоит из времени срабатывания датчиков, времени срабатывания аппаратуры управления ППО и времени срабатывания пиропатронов баллонов ППО. Учитывая, что на всех рассмотренных системах установлены датчики и пиропатроны баллонов ППО, имеющие одинаковое время срабатывания соответственно, можно сделать вывод, что изменение суммарного времени срабатывания систем ППО зависит от времени срабатывания аппаратуры ППО.

Проведем расчет времени срабатывания блока автоматики Б13 (его украинского аналога – прибора Б709) и блок-пульта ППО, в схемотехнических решениях которого применен микроконтроллер и транзисторные полупроводниковые ключи в качестве «силовых выходов» на примере электрической цепи «датчик – пиропатрон баллона ППО».

Транспортне машинобудування

В таблице 1 приведен перечень комплектующих, входящих в состав блока автоматики Б13 и его украинского аналога – прибора Б709 по цепи срабатывания оптического датчика с указанием времени их срабатывания [7].

Таблица 1

Перечень комплектующих, входящих в состав блока автоматики Б13 и его украинского аналога – прибора Б709 по цепи срабатывания оптического датчика

№ п/п	Наименование	Марка	Быстродействие, с	Примечание
1	Транзистор	2Т630Б	$0,25 \cdot 10^{-6}$	
2	Реле	РЭС47	$9 \cdot 10^{-3}$	
3	Транзистор	2Т3117А	$60 \cdot 10^{-9}$	
4	Микросхема	168КТ2В	$0,3 \cdot 10^{-6}$	
5	Микросхема	168КТ2В	$0,3 \cdot 10^{-6}$	
6	Микросхема	564ЛА8	$160 \cdot 10^{-9}$	
7	Микросхема	564ЛЕ5	$90 \cdot 10^{-9}$	
8	Микросхема	564ЛП2	$150 \cdot 10^{-6}$	
9	Микросхема	166СТ2В	$0,3 \cdot 10^{-6}$	
10	Транзистор	2Т630Б	$0,25 \cdot 10^{-6}$	
11	Реле	ТКЕ52ПД1	$9 \cdot 10^{-3}$	

Выражение для определения времени срабатывания блока автоматики Б13 (его украинского аналога – прибора Б709):

$$T_{Б13} = \sum_{i=1}^n t_i \quad \text{или} \quad T_{Б13} = 18,15 \cdot 10^{-3} \text{ с} \quad (1)$$

где:

$T_{Б13}$  – время срабатывания блока автоматики Б13 (его украинского аналога – прибора Б709);

$t_i$  – время срабатывания каждого элемента цепи.

В таблице 2 приведен перечень комплектующих, входящих в состав блок-пульта ППО по цепи срабатывания оптического датчика с указанием времени их срабатывания.

Таблица 2

Перечень комплектующих, входящих в состав блок-пульта ППО по цепи срабатывания оптического датчика

№ п/п	Наименование	Марка	Быстродействие, с	Примечание
1	Микросхема	АТМega32	$62,5 \cdot 10^{-9}$	Время выполнения одной операции при использовании кварцевого резонатора с частотой 16МГц
2	Транзистор	BC846	$70 \cdot 10^{-9}$	
3	Транзистор	IRF9540	$82 \cdot 10^{-9}$	

Учитывая, что микроконтроллер работает по записанной в его память программе, в которой по цепи срабатывания оптического датчика предусмотрено выполнение 15 операций, выражение для определения суммарного времени срабатывания микропроцессора с учетом данных таблицы 2:

$$T_1 = \prod_{i=1}^n t_i \quad \text{или} \quad T_1 = 937,5 \cdot 10^{-9} \text{ с} \quad (2)$$

где:

$T_1$  – суммарное время срабатывания микроконтроллера;

$t_i$  – время выполнения одной операции.

Выражение для определения времени срабатывания блок-пульта ППО с учетом данных таблицы 2:

$$T_{\text{Б-п ппо}} = \sum_{i=1}^n T_i \quad \text{или} \quad T_{\text{Б-п ппо}} = 1089,5 \cdot 10^{-9} \text{ с} \quad (3)$$

где:

$T_{\text{Б-п ппо}}$  – времена срабатывания блока – пульта ППО;

$T_i$  – время срабатывания каждого элемента цепи.

Отношение времени срабатывания блока Б13 к времени срабатывания блок-пульта ППО:

$$K = \frac{T_{\text{Б13}}}{T_{\text{Б-п ппо}}} \quad \text{или} \quad K = 16659,02 \quad (4)$$

В идеале мы стремимся, чтобы изменение входного сигнала мгновенно привело к такому же изменению на выходе. Можно догадаться, что для мгновенного перевода инерционной системы в новое состояние требуется бесконечное управление. Этот вариант неприемлем с практической точки зрения и нереализуем, поскольку управляющий сигнал всегда ограничен. Таким образом, реальный переходный процесс будет отличаться от идеального и в нашем случае более всего будет зависеть от быстродействия датчиков систем ППО и быстродействия пиропатронов [2].

Во всех рассмотренных боевых машинах в качестве датчиков, установленных в МТО используются термодатчики типа ТД-1. Невозможность использования в МТО оптических датчиков типа ОД1, имеющих значительно меньшее время срабатывания обусловлено постоянным наличием в МТО частиц горюче-смазочных материалов, засоряющих приемное окно оптического датчика.

#### **Выводы:**

1. Развитие технологии производства материалов, радиоэлементов, применение в схмотехнических решениях микроконтроллеров и транзисторных полупро-

водниковых ключей позволило создать аппаратуру ППО на современной элементной базе, при этом уменьшить массу и повысить надежность аппаратуры.

2. Достоинством современной отечественной аппаратуры ППО колесной бронированной техники является наличие системы встроенного контроля работоспособности системы ППО, отсутствующей в объектах такого класса производства СССР.

3. Проведенные расчеты показали увеличение быстродействия современной аппаратуры по сравнению с ранее применяемой аппаратурой более чем в 16000 раз.

4. Наиболее инерционными элементами современных систем ППО являются термодатчики (время срабатывания 50 мс) и пиропатроны баллонов ППО (время срабатывания не более 40 мс). Необходима разработка и введение в состав систем ППО термодатчиков с временем срабатывания на уровне 2 мс взамен термодатчиков ТД-1 и пиропатронов баллонов ППО с уменьшенным временем срабатывания до уровня 2 мс.

*Литература 1. Васильев К.К. Теория автоматического управления (следающие системы). Учебное пособие. – Ульяновск, 2001. – 98 с. 2. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Основы теории автоматического управления. – Тамбов:Издательство ТГТУ, 2004. – 256с. 3. Система ЗЭЦ11-2С Техническое описание ЗЭЦ11-2С.000ТО, 1977, 42 с. 4. Пульт управления и сигнализации П11-5 Технические условия П11-5.000ТУ, 1979, 28 с. 5. Система ЗЭЦ13 Технические условия ЗЭЦ13.000ТУ, 1979, 80 с. 6. Приборы типа П708 Технические условия АСИП.422419.001ТУ, 1993, 72с. 7. Приборы типа КПК707 Технические условия АСИП.422419.002ТУ, 1993, 53с.*

*Bibliography (transliterated) 1. Vasilev K.K. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (sledyaschie sistemy). Uchebnoe posobie. – Ulyanovsk, 2001. – 98 p. 2. Lazareva T.Ya., Martemyanov Yu.F. Osnovyi teorii avtomaticheskogo upravleniya. – Tambov:Izdatelstvo TGTU, 2004. – 256 p. 3. Sistema ZETs11-2S Tehnicheskoe opisanie ZETs11-2S.000TO, 1977, 42 p. 4. Pult upravleniya i signalizatsii P11-5 Tehnicheskie usloviya P11-5.000TU, 1979, 28 p. 5. Sistema ZETs13 Tehnicheskie usloviya ZETs13.000TU, 1979, 80 p. 6. Priboryi tipa P708 Tehnicheskie usloviya ASIP.422419.001TU, 1993, 72 p. 7. Priboryi tipa KPK707 Tehnicheskie usloviya ASIP.422419.002TU, 1993, 53 p.*

Бондар О.І., Дегтяр С.М., Павленко С.А., Пилипенко О.Ю.

#### ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ВІТЧИЗНЯНИХ БОЙОВИХ МАШИН

У статті розглянуто апаратуру ППО, що встановлено на танках типу Т-64, Т-72, Т-80УД, БМ БУЛАТ, бронетранспортерах типу БТР-80, на прикладах танків БМ ОПЛОТ, бронетранспортера типу БТР-4Е, броньованого автомобіля з колісною формулою 4х4, показано динаміку розвитку функціональності та конструкції апаратури ППО вітчизняного виробництва.

Bondar A.I., Degtyar S.M., Pavlenko S.A., Pilipenko O.Yu.

#### TO THE QUESTION OF PERFECTION OF SYSTEMS OF FIRE-PREVENTION PROTECTION OF DOMESTIC FIGHTING VEHICLES

The article describes the equipment FFE mounted on tanks of the T-64, T-72, T-80UD, BM Bulat, armored personnel carriers BTR-80 type, examples BM OPLOT tanks, armored personnel carriers BTR-type 4E, an armored vehicle with a wheel 4x4 shows the dynamics of the functionality and hardware design FFE domestic production.