

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО ПРЕЦИЗІЙНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.535;623.4084.3; 621:531,535

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Задорожний И.С. Задорожний В.И, Задорожний Ю.И., Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина

В работе представлены результаты анализа состава и структуры оптико-электронных комплексов танков, предложены перспективные направления их создания.

Вступление. Постановка задачи

Современные подвижные объекты: танки, боевые машины пехоты (БМП), противотанковые ракетные комплексы (ПТРК), зенитные самоходные установки (ЗСУ), машины разведки, самолеты, боевые вертолеты и др. представляют основу вооружения современных армий. Наиболее эффективным и массовым видом вооружения являются танки. За период немногим более 90 лет танки прошли огромный путь развития: из технически несовершенных, тихоходных и неповоротливых монстров, наводивших ужас на солдат первой мировой войны, они превратились в постоянно совершенствующиеся скоростные, мощно вооруженные и надежно защищенные боевые машины, насыщенные компьютеризованными системами, которые позволяют им вести боевые действия круглосуточно, в любых погодных условиях и в любой климатической зоне. Военные аналитики разных стран пришли к выводу, что в настоящее время нет и в ближайшей перспективе не предвидится появление более дешевой и мощной системы вооружения, которая могла бы сравниться с танком по своим возможностям [1]. Успех, достигнутый в характеристиках современных танков, в значительной мере зависит от уровня и характеристик оптико-электронных комплексов (ОЭК).

Возникает вопрос, каким быть танку третьего тысячелетия, и каким составом и характеристиками должны обладать ОЭК танка будущего.

Решение проблемы

Для однозначного предсказания направления развития танков и ОЭК целесообразно рассмотреть пути развития танкостроения и оптического приборостроения в прошлом и сегодня. Следует отметить, что в СССР эффект от вложения средств в области вооружений составлял 20 долларов США на 1 рубль вложенных средств.

Нынешнее развитие мирового танкостроения определяется двумя тенденциями. Во-первых, большинство стран мира стремятся модернизировать имеющиеся модели танков, а не строить новые. Главным в этом направлении является оснащение танков передовой электроникой – ночными и круглосуточными системами видения, автоматизированными системами управления огнем из пушки и ПТУРС, системами контроля, связи, навигации и т. д. Танки постепенно превращаются из боевых машин - в боевые системы. Во-вторых, прослеживается тенденция стандартизации многих узлов и деталей танков, производимых в разных странах мира.

На каждом витке совершенствования танков повышались и характеристики ОЭК: увеличивалась дальность обнаружения и локации целей днем, совершенствовалась системы стабилизации поля зрения и вооружения; придавались новые функции путем ввода каналов дальнометрирования, управления ПУРС, телевизионного дневного и ночного видения, тепловизионного круглосуточного видения, повышалась надежность за счет ввода аппаратуры диагностики и контроля.

Стратегія майбутнього застосування танків складається в наступному: «хто перший побачив, той і переміг».

Укоренившись визначення, прийняте в інформаційних технологіях створення рухомих комплексів озброєння «Gill»: **місцевість-машина-екіпаж-озброєння-ціль** слід доповнити: “середовище-машина-екіпаж-озброєння-приціл-ціль”. Приціл, в сучасному розумінні, - інтегрований оптико-електронний комплекс круглодобового або всесезонного спостереження і виявлення цілі, прицілювання і утримання маркування на цілі в час стрільби або забезпечення технології - «вистрелив-забув».

Перші думки про створення броньованих автомобілів з'явилися в час 1-ї світової війни у обох сторін, воюючих в силу того, що наступальні дії з обох сторін «замерзли». Причиною цього стало наявність великої кількості з'явившихся в той час кулеметів у обох сторін воюючих.

Перші в світі по-справжньому боєздатні танки були винайдені і побудовані в Великобританії («Шеффилд-Симплекс», «Армстронг Уитворт-Фіат», «Джаррот») і одразу ж отримали крещення вогнем в боях першої світової війни [1].

Другим з'явився важкий танк А7У у німців. Німці декілька разів застосовували їх на полі бою. Успіх застосування був незначительний, так як надійність перших машин була дуже низькою, умови екіпажу були нестерпимо важкими (температура в башці досягала більше 82 °С, порохові гази після вистрелу не видалялися і люди падали в обморок), відсутствовала ідеологія ведення військових дій з застосуванням цього нового виду озброєння.

Незважаючи на величезні зусилля, витрачені російськими винахідниками на створення нового виду бойових машин (танка В. Д. Менделєєва, «Вездеход» А. Пороховщикова, колісної бойової машини Н. Н. Лебеденко, гусеничної бойової машини А. Васильєва, полугусеничного броньованого автомобіля Гулькевича), російська армія в першу світову війну танків не мала. Склад і основні характеристики ОЗК створених зарубіжних і вітчизняних танків наведені в таблиці [2-7].

В СРСР перед другою світовою війною основу танкового парку складали легкі танки Т-26 і БТ, Т-60 і Г-70, в конструкції яких переважало вогневу силу і рухомисть. В арміях було деяке число середніх танків Т-28 і важких Т-35, а також танкеток.

В передвоєнні роки були створені першокласні машини вітчизняної розробки - середнього класу - танк Т-34 і важкого - КВ. Російські конструктори першими в світі створили танки, в яких гармонічно поєдналися всі бойові властивості. З цього часу російське танкобудування стало розвиватися власним шляхом. До 1943 року легкі танки Т-60 і Г-70 поступили на полі бою середнім і важким машинам. Тоді були розроблені танки Т-34-85, ІС, велике сімейство самохідних артилерійських установок, практично виконували на полі бою завдання танків. Російські середні танки Т-54/55, створені на основі досвіду війни, служили зразком для зарубіжних конструкторів і стояли на озброєнні більше ніж в 40 країнах світу [1]. Прикладом високого рівня технічного забезпечення танків того часу може служити легкий танк ПТ-76. Він був створений в 1951г і мав прилади спостереження і прицільні пристосування. Стрільбу з танка вів командир за допомогою телескопічного шарнірного приціла ТШК-2-66 (ТШК-66) з 4-кратним збільшенням і полем зору 16°. Спостереження і орієнтування здійснювалися також за допомогою приладу ТПКУ-2Б (ТПКУ) з 5-кратним збільшенням (поле зору 7,5°) і 2 призматичних 1-кратних приладів ТНП (поля зору по горизонту 70°, по вертикалі 17°). У заряджаючого мався один перископічний прилад МК-4.

В процесі модернізації танка ПТ-76 на нього був встановлений двохплоскостний стабілізатор озброєння СТП-2П «Зоря». Для спостереження за дорогою водій мав три призматичних приладу ТПН, перископічний прилад ТПН-370 або ПЕР-17 (при русі по воді) і біноклярний перископічний прилад нічного бачення ТВН-2Б. При русі танка по заданому курсу в умовах ускладненого орієнтування був встановлений курсоказатель, що складається з гірополукомпасу ГПК-59 і перетворювача ПАГ-1Ф.

Таблиця - Характеристики зарубезних и отечественных ОЭЖ танков

Характеристики: тип ОЭЖ Объект		ТПД-1К Т-72А	1К-13 Т-55А, Т-62, Т-72	GPS M1 Абрамс	ЕМЕС-15 Леопард	SAMS Челленджер
Страна		СССР	СССР	США	ФРГ	Великобритания
1		2	3	4	5	6
Состав	Дневной канал	+	+	+	+	+
	Ночной канал	-	+	+	+	-
	Лазерный дальномер	+	+	+	+	+
	Канал упр. ПТУР	-	+	-	-	-
	Стабилизатор	+	+	+	+	+
	Следящие приводы	-	-		-	
	Система регистрации	-	-			
	Система диагностики	-	-			
	КПА	+	+	КПА		
Дневной прицельный канал			$\Gamma=8^*$	Перископич. $\Gamma=3^*-10^*$ Поле зрен. $=21^0$ и $6,5^0$	Перископич. $\Gamma=12^*$	Перископ. $\Gamma=4-10^*$
Ночной прицельный канал			ЭОПс Тел.пер. камерой	Тепловизор $\lambda =7,6-12$ мкм; поле зр= $2,6^0-5^0$ $\Gamma=7,7-15^*$; Дальн= 2 км	Тепловизор $\lambda =8-14$ мкм, Поля $2,5-5^0$; $\Gamma=7,5-15^*$; Двид= 2 км	
Лазерный дальномер, дальномер-подсветчик			Выносн. ЛД КДТ-2 Д= $0,5-4$ км; Угол. изл = 2 угл.мин. Ошибка = ± 10 м,	Nd-YAG $\lambda =1,06$ мкм Дизм = $0,2-7,9$ км. Ошибка ± 10 м	Nd-YAG $\lambda =1,06$ мкм Дизм = $0,2-9,9$ км. Ошибка ± 10 м	СО, $\lambda =10,6$ мкм
Канал управления упр. ПТУРС			Встр. Лаз. канал упр. ПТУРС с сист. охладж.			
Система стабилизации		3-осн. ГС. Асинхр. двиг. ГА7/30А-2М; $\alpha_{нав} = 0,05-1,5^0/с$; Ошибка- $0,3$ мрад	Одноосн. ГС ГМА-4ю1 $\alpha_{нав} = 0,2-1,2^0/с$; Ошибка - $0,87$ мрад. Угод по верт. $-7^0 - +20^0$	Независимая В верт. Плоскости. Ошибка стаб = $0,15$ мрад	Независимая В двух. Плоскостях. Ошибка стаб = $0,15$ мрад	Независимая В двух. плоско-стях. Ошибка стаб.= $0,05$ мрад
Следящие приводы		Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки
Система регистрации		-	-	-	-	-
Встроенная система диагностики			+			
Вынос. КПА			+			

Продолжение Таблицы

Характеристики: тип ОЭК Объект		HL-60 Леклерк	Матадор Меркава Мк-4	AN/VSG-2 МК60А31	LRS-5 Озорис	TIMS Модернизац. Танка ХМ-1
Страна		Франция	Израиль	США	Бразилия	США
1		7	8	9	10	11
Состав	Дневной канал	+	+	+	+	+
	Ночной канал	+	+	+	+	+
	Лазерный дальномер	+	+	-	+	+
	Канал упр. ПТУР	-	+	-	-	-
	Стабилизатор	+	+	+	-	+
	Следящие приводы	-	-		-	
	Система регистрации	-	-			
	Система диагностики	-	-			
	КПА	+	+	КПА		
Дневной прицельный канал		Перископич. Г=2,5-10*	Г=1-8*	Перископич. Г=1*-8* Поле зрен. =10-11 ⁰ и 8 ⁰	Перископич. Г=8* Поле зр=7 ⁰	Телевизионный Поля 2,3-1,4 ⁰
Ночной прицельный канал		Тепловизор Поля 1,9-2.9 ⁰ Г=5.7*-8,6*;	ЭОПс второго поколения λ=0,4-1,2 Оле зр.=8*	Тепловизор λ=8-14мкм; поле зр=2,6 ⁰ -5 ⁰ Г=7,7-15*; Дальн=2км	ЭОПс второго поколения λ=0,4-1,2 Оле зр.=6* Поле зр.=4,8 ⁰	Тепловизор λ=8-14 мкм поля 2,3-3,1 ⁰ Г=6,9*-9.2* Допоз=2км
Лазерный дальномер, дальномер-подсветчик		Hd-YAG λ=1,06мкм	Hd-YAG λ=1,06мкм Д дальн=10км		Hd-YAG λ=1,06мкм Дизм = 0,2-9,9км. Ошибка±10м	СО, λ=10,6мкм Д дальн=1км Ошибка=±10м
Канал управления ПТУРС						
Система стабилизации		3-осн. ГС. Асинхр.двиг. ГА7/30А-2М; α _{нав} = 0,05-1,5 ⁰ /с; Ошибка-0,3мрад		Независимая В верт. плоскости. Ошибка стаб.= 0,15мрад		Независимая в двух плоскостях
Следящие приводы		Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки	Башни и пушки
Система регистрации						
Встроенная система диагностики			+			
Выносная КПА			+			

Продолжение Таблицы

Характеристики: тип ОЭК		1А45 Т-80		1А45-У, Т-84/Т-90, Т-90А, 1Г46-М		ПТГ-2-ПТГ-4, Т-55,Т-62: Т-72, Т80; Украина		Прицел командира ПНК-6 Т-84 Украина	
Объект		Буран		Буран -Э		Украина, Россия		Украина	
Страна		СССР		Украина, Россия		Украина		Украина	
1		12		13		14		15	
Состав	Дневной канал		+		+	-		+	
	Ночной канал	+	-	+	+	+		+	
	ЛД		+		+	-		+	
	Канал ПТУР		+		+	-		-	
	Гиро.Стаб		+	-	+	-		+	
	Сл.прив.	+	-	+	-	+		+	
	Система диагн.-ки	+	+	-	+	+		+	
	КПА	+	+	+	+	+		+	
Дневной прицельный канал			Перископ. Г=2,5*-8*	-	Г=2.7*-12,8* Поле зрен. =20 ⁰ и 4.5 ⁰			Варио. Г=2.7*-12,8* Поле зрен. =20 ⁰ и 4.5 ⁰	
Ночной прицельный канал		ЭОП-2-го поколения λ=0,47-0,87мкм Г=6,8* Поле=5.5 ⁰ Допо=1,2 км при подсвете ИК-прож.		ЭОП 2-го поколения λ=0,4-1,2 Поле зрен.=8*	Варио.Т-90 Тепловиз. «Агава-2» 8-14 мкм, Поля=5x5 ⁰ и 1,5x1,5 ⁰ Доп=1,2км. Т-90С Тепл.Сист. «Эсса»- 5км	Тепловиз. Caterine-FC; MATIS-STI-Франция, TES-V-Израиль λ=8-14мкм	Тепловизор Matis-STI λ=8-14 мкм поля 2,3-3,1 ⁰ Г=6,9-9,2* Допоз=2км		
Лазерный дальномер			Nd-YAG λ=1,06 Д=0,4-5км Ошибка ±25м		Nd-YAG λ=1,06мкм Дизм = 0,2-5км. Оша±10м	Nd-YAG λ=1,06 Д=0,2-5км. Ош=±10м	Из состава СКАТ-М		
Канал управления ПТУРС			Лазер.кан управл.с прин.охл.		Лазер.канал управл.с прин. охл-м		Через систему 1Г46-М		
Система стабилизации			2-осн. ГС Асинхр.дв .ГМА-4; α _{нав} = 0,05-3 ⁰ /с; К= +20 ⁰ --15 ⁰ ;Т=±8 ⁰ . Погр=0,2м рад		2-осн. ГС Асинхр.двиг. ГМА-4; α _{нав} = 0,05-3 ⁰ /с;К=+20 ⁰ -15 ⁰ -, Т=±8 ⁰ . Ош-0,2мрад		2-х осн ГС на волок.-оптике. ВГ-910 К=-7-+30 ⁰ Скор=0,01-3 ⁰ /с.Перебр =40 ⁰ /с Ош=0.15		
Следящие приводы		След. привод по верт. Ошибка 1 мрад		След. привод по верт. Ошибка 1 мрад		След. эл.пр. Углы Т=-7-+17 ⁰ . К=±360 ⁰ . Ош≤0,52	След. элекпрр Углы Т=-7-+17 ⁰ . К=±360 ⁰ . Ош≤0,52		
Встр. Диаг.		+	-	+	+	+	+		

В середине 60-х годов на смену средним и тяжелым машинам пришли танки второго послевоенного поколения Т-64, Т-72, Т-80 и их модификации. Непревзойденными для своего времени боевыми свойствами и системами обнаружения и ведения огня они обеспечили лидерство советского танкостроения с ОЭК примерно до середины 80-х годов.

Вторым примером можно привести характеристики танка Т-90. Русский танк Т-90 был показан в 1993 г. Он является глубокой модификацией танков Т-72Б и Т-80. Наиболее существенный элемент модернизации состоял в замене ночного телевизионного канала наводчика «Буря» на тепловизионный ночной канал «Агава-2». На танке Т-90С установили современный тепловизионный ночной прицел наводчика «Эссе» и ночной прибор механика-водителя ТВН-5, обеспечивающих видение ночью и прицеливание на дальностях близких к дневным. Усовершенствована также система защиты танка от высокоточного оружия, лобовая часть башни укреплена активной плиточной броней второго поколения, а на крыше башни могут быть установлены навесные блоки брони, что создает дополнительную защиту от поражения с воздуха. Пушка танка (125-мм) приспособлена для стрельбы ПТУРС АТ-11 с наведением по лазерному лучу и может поражать цели на дальностях до 4000 м. Таким образом, Т-90 способен поразить большинство танков и вертолетов противника, оставаясь вне зоны досягаемости. Система управления огнем включает компьютерную систему управления огнем и ОЭК, что позволяет поражать цели с высокой точностью в дневных и ночных условиях.

К настоящему времени сложился вид и состав современного ОЭК танка. Из таблицы 1 видно, что он включает: дневной визирный или телевизионный канал видения, ночной телевизионный или тепловизионный канал видения, канал лазерного дальнометрирования, канал управления ПТУРС, высокоточные следящие приводы перемещения оптических или механических исполнительных элементов, гиросtabilизатор поля зрения, встроенную аппаратуру контроля и диагностики, аппаратуру регистрации действий оператора-наводчика и выносную посистемную аппаратуру контроля. ОЭК стали интегрировать с ОЭК командира и с навигационной системой.

Развитие каждого из каналов шел своим путем, конструктивные решения постоянно усложнялись. Рассмотрим более подробно стратегию совершенствования ОЭК по составляющим.

Каналы видения. Впервые перископический смотровой прибор (визирный прибор дневного видения) для броневедомобиля предложил в 1914 году русский изобретатель А. Л. Чемерзин. Однако предложения по созданию броневедомобилей как средства вооружения русским правительством не были востребованы. Созданные в Англии броневедомобили смотровых приборов не имели. Германия создала первый танк в 1918 году. Применение танков на практике в боевых действиях определило требования к его системам, и к 1920-му году сложились первые требования к будущему танку. Угол наведения орудия по горизонтали танка А7У составлял $\pm 45^\circ$, по вертикали $+0 - -20^\circ$. Для наводчика предусматривался оптический прицел. Характеристики прицела не были согласованы с требованиями систем вооружения, так как поле зрения первых прицелов было узким и, из-за неудобного его расположения по отношению к пушке и узкого поля зрения, наводчик легко терял цель из виду при любом движении танка. Поэтому по обеим сторонам от орудийной амбразуры в башне сделали смотровые лючки с двустворчатыми крышками для непосредственного наблюдения, что снижало боевую живучесть танка. Прицельный огонь танк мог проводить только с места. Позже для расширения возможностей обнаружения и опознавания цели, а также для повышения боевой живучести машины, стали применять прицелы с двумя каналами видения: широким полем видения для обнаружения целей с кратностью 1-2,7*, и узким полем зрения с кратностью 8*, служащим для опознавания целей, проведения прицеливания во время стрельбы (танки Т-55А, Т-62, Маркава, Т-80).

До конца 20-го века оптические каналы ОЭК проектировались с двумя полями зрения: с широким и узким, переключение которых проводилось электромеханическим приводом дискретно или варио. Кратность оптических систем установилась на уровне $\Gamma = 2,5-4^*$ (широкое поле) и $8^*, 10^*$ (узкое поле) (Т-72, Т-80); на танке Т-80У применили оптическую варио- систему дневного видения с кратностью 3,4-12,8* [8]. Близкие кратности визирных

каналов ОЭК приняты и за рубежом: танк «М1» - $\Gamma=3-10^*$, «Абрамс» и «Озорис» - $\Gamma-8^*$, «Маркава» - $\Gamma=1-8^*$, «Леклерк» - $\Gamma=2,5-10^*$, «Челленджер» - $\Gamma=4-10^*$, «Леопард» - $\Gamma=12^*$). Визирные каналы с кратностью $\Gamma=10-13^*$ имеют оптическое разрешение на уровне 5-7 угл.с. и, при контрастности цели больше 0,3 и метрологической видимости 8-10км, обеспечивают опознавание целей на дальностях до 6-8 км, что полностью удовлетворяет требованиям обнаружения целей 3x3 м.

Однако, работа через оптический канал приносит оператору ряд неудобств, соприкасаясь с окуляром он травмирует глаза, набивает шишки на лбу и испытывает неудобства при движении машины, особенно по пересеченной местности. Применение наглазников и налобников не решило проблему наводчика. Для устранения этих недостатков в состав ОЭК стали вводить телевизионные системы ТВ (танк ХМ-1, танки третьего тысячелетия – «Леопард-2», «Челленджер-2», «Маркава-4» и др.). Проектирование оптических систем с телевизионными передающими камерами имеет особенности. Они имеют спектральные характеристики несколько сдвинутые в верхнюю часть оптического спектра (0,04-0,6 мкм), что необходимо учитывать при проектировании и выборе покрытий оптических элементов. Оптические системы ТВ каналов могут иметь и две, и три кратности.

Наличие визирного канала видения позволяет оператору видеть цель непосредственно, решать задачу обнаружения и опознавания цели, полагаясь на собственные способности и тренировку. Наличие ТВ канала делает изображение плоским, что ухудшает задачу обнаружения, но позволяет дополнительно обработать изображения, сопоставить их с типовыми образами целей и автоматически решать задачу обнаружения и идентификации целей. Кроме того, появляется возможность ввести в состав ОЭК автомат сопровождения цели, что позволяет захватить и автоматически удерживать марку на цели, вплоть до попадания снаряда в цель, т. е. реализовать идеологию «выстрелил – забыл».

Ночной канал видения. Изменение идеологии боевых действий США и Великобритании было продемонстрировано в военном конфликте на Фолклендских островах. Большинство боевых действий проводилось в ночных условиях. Это стало возможным благодаря появившимся приборам ночного видения. Наступил новый виток в создании ОЭК, обеспечивающих применение танков ночью. Решение было найдено с разработкой оптико-электронных преобразователей первого, а затем и второго поколения, встраивание которых в ОЭК обеспечивало усиление отраженного от Луны изображения в 10^3-10^5 раз, что позволяют обнаружить объект размером (3 x 6) м на дальностях до 1-1,2 км («Матадор» – Маркава, «Озорис» – танк LRS-5, ОЭК «Буран» - Т-80, «Буран-Э - Т-80У»). С применением ПТУРС (дальностью полета до 4-5 км), дальность ночного канала ОЭК оказалась недостаточной.

Увеличить дальность ночью до 2-5 км стало возможным с разработкой тепловизионных приемников на базе германия, легированного ртутью (приемники типа ФК 12Р1, «Карат» на 102 элемента, «Триад» на 10 элементов, «Агава-2» на 128 элементов, «Интегратор» на 8 линеек, «Прогресс» с линейкой приемников на 16x4 элемента, «Абрис» на линейке 250x16 элементов). За рубежом ведутся разработки приемников на базе соединений кремния–ртути–теллура (КРТ) (приемник «Арсей», «Lantiz”) и на их основе - тепловизионных каналов видения для ОЭК («HL-60» - Леклерк, «AN/VSN-2» - МК-60А31, «TIMS» - модернизация ХМ-1, «GPS» - М1, «ЕМЕС-15» - Леопард-2, «Агава-2» - Т-72, «Эссе» - Т-90С, «Matis-STI» - Т-80У). Сегодня применение тепловизионных каналов видения в ОЭК обеспечивает видение слабых тепловых целей круглосуточно. Так, компания Томсон-GSF создала многоцелевой тепловизионный модуль «Castor» для наблюдения и ведения огня. Он применяется индивидуально на переносной треноге, может устанавливаться совместно с лазерным дальномером на подвижной платформе, может устанавливаться на танк АМХ-30В2, снаружи танка или внутри маски танковой пушки АМХ-40, может устанавливаться на танки «Osarion» и „Т1”, применяться для системы запуска ракеты «НОТ», а также для артиллерийского наблюдателя-корректировщика огня типа DTVT-17. Модуль включает двухфокусный объектив, два дисплея (наводчика и командира), интегрирован с системой управления огнем, обеспечивает видение и стрельбу ночью на дальностях до 3,9 км.

Канал управління ПТУРС. Гранічна дальність прицельної стрільби з пушки снарядами не перевищує 1-2 км, і конструктора, в пошуках підвищення дальності стрільби пропонували проводити пуски управляємих протитанкових ракет (ПТУРС) через ствол пушки. Це підвищило дальності попадання цілей на відстані до 4 км.

Начался наступний виток ускладнення ОЗК. Для управління ПТУРС потребувалося включити в склад ОЗК канал управління. Так створили ОЗК «1К-13» (танк Т-72) [6] і ОЗК «1Г46» (танк Т-80) [4], в склад яких ввели лазерний канал управління. Проектування лазерних каналів управління велося на основі Nd-YAG лазерів. Для забезпечення їх тривалої роботи (полет ракети продовжується 20-25 с) потребувалося створити вбудовану малогабаритну систему охолодження. Проблемними питаннями були питання створення рідини для охолодження, панкратическої системи змінення діаграми поля управління (формування зон встрілювання, супроводження і захопту ракети).

Канал дальнометрування. Підвищення дальності стрільби неможливо без введення поправок на дальність, стан атмосфери, зовнішню температуру і інші параметри. Ключовим питанням підвищення точності попадання є точність визначення дальності до цілі. Визначення дальності до 5 км з погрешністю $\pm 5-10$ м стало можливим з винаходом лазерних дальнометрів. Створення малогабаритних лазерних дальнометрів стало складною проблемою і потребувало великих зусиль колективів ряду оптико-електронних інститутів і підприємств. Створені лазерні дальнометри на основі Nd-YAG матеріалів, що випромінюють одномодульний оптичний сигнал на довжину хвилі 1,06 мкм, дозволили застосувати їх самостійно (КДТ-2 -1К-13) або вбудувати в ОЗК (НЛ-69 – танк «Леклерк», «Матадор»- танк «Меркава», LRS-5 – танк «Озорис», GPS – танк «Абрамс», EMES-15 - танк «Леопард», 1Г46 - танк «Т-80», 1Г46М - танк «Т-80У» і др.). Розроблені лазерні дальнометри на основі газів СО ($\lambda = 10,6$ мкм) були застосовані в складі ОЗК ТІМС (при модернізації танка ХМ-1). Такий лазерний дальнометр добре інтегрується в ОЗК з тепловізійним каналом бачення.

Система стабілізації поля зору. Надати можливість прицельної стрільби всіма видами озброєння танка в русі з'явилася ще в 1916 році. Одна з петроградських фірм пропонувала встановити одноплоскостний електрогіроскопічний стабілізатор для ручного озброєння броньованих автомобілів. Це була перша спроба забезпечити стрільбу броньованого автомобіля «с ходу» шляхом введення стабілізації озброєння в вертикальній площині. За кордоном, за заявленню військових оглядачів, велися посилені роботи по створенню систем стабілізації лінії прицілювання і стрільби при русі танка. Але якесь дивування американських фахівців, коли при захопті єгипетських танків, поставлених СРСР в час боїв за Голандські висоти, вони виявили на всіх танках радянського виробництва наявність систем стабілізації, що забезпечують стрільбу «с ходу». Перші стабілізатори будувалися на базі гіроскопічних систем, на основі асинхронного двигача ГА7/30А-2М, сухого гіроскопа і гіромотора ГМА-4ю, поплавкового гіроскопа і гіромотора ГМА-4, і останні розробки на базі волоконно-оптичного гіроскопа ВГ-910 (приціл командира ПНК-6 для танка Т-84). Вони забезпечували стабілізацію головного дзеркала і поля зору ОЗК в одній, вертикальній, площині (АН/VSD-5 танк «МК-6031», 1К13- «Т-55А», «Т-62», GPS- танк «М1»), двох площинах (ТІМС- танк «ХМ-1», EMES-15 - танк «Леопард», SAMS - танк «Челленджер», 1Г46 – танк „Т-80”, 1Г46-М - танк «Т-80У», 1А45Т – танки «Т-72Б», «Т-90», «Т-90С»), в трьох площинах (НЛ-60 - танк «Леклерк», ТПД-1К – танк «Т-72А»). Як ОЗК встановлені в башні танка, то вони забезпечували наведення і стабілізацію по курсу $\pm 5-8$ град, а по вертикалі від -15 до $+ 20$ градусів. Швидкості наведення від $0,05$ $^{\circ}/с$ до $3,5$ $^{\circ}/с$, швидкості перекидання лінії визирівання - до 10 $^{\circ}/с$ в вертикальній і до 20 $^{\circ}/с$ в горизонтальній площинах. Погрешність стабілізації не більше 1 млрд [9]. Останні вітчизняні розробки систем стабілізації забезпечують погрешність стабілізації не більше 0,2 млрд (1Г46-М, 1А-45Т для танка «Т-90»). Використання волоконно - оптичних гіроскопів дозволяє суттєво знизити вага-габаритні характеристики ОЗК.

Следящие приводы. Нашли широкое применение в составе ОЭК для перемещения оптических элементов (формирование поля управления каналов управления ПТУРС, моментных приводов разгрузки осей стабилизации гиростабилизаторов, поворота оптических призм, телевизионных передающих камер) и др. исполнительных устройств. В качестве исполнительных двигателей применяются высокоскоростные электрические двигатели типов ДИД, ДПР, ДПМ, СД, моментные асинхронные двигатели АДФМ, магнито-электрические двигатели МЭДМ (БМД-73-1, ДМ-2000, ДМГ, ДМВ); высокоточные датчики измерения угла – индукционные 15Д-32, поворотные трансформаторы – СКТ-232, СКТ-265, СКТ265-2Д8, 2,5 ВТ, двухотсчетные – СКТД-6465Д и высокоточные датчики – ИДУ-100, ИДУ-125 и ППУ-Д с цифровым преобразователем ПАК-20. Диапазон скоростей наведения от 0,05 до 4,5 °/с и скоростей переброса до 20-30 °/с, с погрешностью не более 1 млрд, а для каналов управления – до 10 угл./с [10].

Встроенная система диагностики и контроля. ОЭК включает целый ряд каналов, построенных на основе оптических элементов, точных механических деталей и сборочных единиц, радиоэлементов, следящих приводов, гироскопических систем стабилизации, лазерных систем дальнометрирования и управления огнем и др., надежность которых невозможно обеспечить без постоянного контроля. Для решения этой задачи в состав ОЭК встраивают средства диагностики и контроля. Идеология диагностики осуществляется на уровне систем и каналов ОЭК и позволяет по эталонным сигналам и допустимым граничным параметрам выявить устройства, имеющие сигналы и параметры, не соответствующие требуемым (отказы), и сформировать рекомендации по устранению неисправностей. Восстановление систем обеспечивается имеющимися в наличии запасными частями.

Выносная аппаратура контроля. Для проведения технического обслуживания ОЭК разрабатывают и придают в состав ОЭК выносную аппаратуру контроля. Задачей аппаратуры контроля является на основании эталонных сигналов выявить возможные неисправности на уровне систем, блоков или сменных кассет (съемных плат).

Выводы

Ответить на вопрос, - каким быть танку третьего тысячелетия - однозначно довольно сложно, поскольку это требует анализа большого числа взаимосвязанных факторов: боевых свойств танка - его огневой мощи и защищенности, характеристик ОЭК, условий работы экипажа и др.

Однако на основании анализа развития танков можно предположить следующее направление развития.

1. Танк должен стать круглосуточным оружием, способным надежно действовать в любое время дня и ночи. ОЭК должны обеспечивать обнаружение и уничтожение типовых целей, размеры которых уменьшаются до одного бойца, вооруженного переносным ПТУРС, или цели типа наземной укрепленной боевой ячейки. Необходимо повысить в несколько раз разрешающие способности каналов видения (особенно ночного), как при работе в неподвижном положении, так и на ходу, в условиях хорошей видимости и на дальности прямого выстрела (4000- 5000 м); в неблагоприятных условиях (темноте, тумане, во время дождя, в пыли) на дистанциях (2500-3000 м).

2. Направлением, обеспечивающим глобальное достижение этой цели, может стать создание интегрированных ОЭК с системами наблюдения, системами автоматического поиска и цифровой идентификации. Необходимо использовать широкий диапазон электромагнитных волн: оптический, тепловизионный, низкоуровневые ИК приборы наблюдения; РЛС, работающие в миллиметровом диапазоне; бортовые компьютеры, способные идентифицировать цели по нескольким признакам, в том числе и по специфическим сигнатурам, в разных спектрах, построенных на разных физических свойствах. Обобщенная картинка цели должна появляться на экране дисплея в течение считанных долей секунды (0,85-0,9с).

3. Предполагаем, что усовершенствования основного вооружения будет продолжаться в комбинированном варианте. Калибр танкового орудия увеличится до 140-155 мм, что превратит его в орудие-пусковую установку, способную обеспечивать стрельбу гиперско-

ростними бронебойними снарядами, кумулятивними і осколочно-фугасними снарядами і боеприпасами об'ємного взрива, які високоєфективні проти бронированих цілей і при застосуванні проти живої сили противника (навіть знаходящоїся в укриттях), і пуски ПТУРС через ствол. Таке поєднання збереже всі переваги рушничного озброєння (залишаючись поза конкуренцією на дальностях до 2500 м) і дозволить танку поразити бронировані цілі на дальності до 5000 м. Забезпечення виконання цієї задачі можливо на основі удосконалення каналів управління ПТУРС. Одним із напрямків може стати розробка лазерних каналів управління на базі напівпровідникових лазерів, не вимагаючих додаткового охолодження і зменшуючих весогабаритні характеристики ОЗК.

4. Буде удосконалюватися система управління основним зброєю - пушкою. Висока точність стрільби буде забезпечена двохплоскостною системою стабілізації електричними приводами, незалежною лінією прицілювання, формованою ОЗК, і цифровим баллістичним калькулятором з датчиками, розраховуючими відстань до цілі, її швидкість, кут нахилу цапф, напрямок і силу вітру, температуру, атмосферний тиск і т. д.

5. Буде продовжуватися удосконалення оптичних дальномерів, добре зарекомендувалися в складі ОЗК. Необхідно шукати нові принципи побудови лазерних дальномерів, здатних вимірювати відстань до цілі, не маючої вертикальних проєкцій, наприклад стрілкової ячійки.

6. Розвиток управляемого зброї буде вестися в напрямку подальшого удосконалення наведення по лазерному променю і створення самонаводячихся боеголовки, орієнтованих на зображення цілі, а не на її загальний силует. Впровадження запрограммованої траєкторії польоту ракети з наведенням в кінцевій фазі дасть можливість обходити перешкоди на шляху ракети, звільнити лінію визирання від диму і факела ракети і поразити танки противника в кришу, яка захищена менш надійно.

В обозримому майбутньому управляемое зброю буде підвищувати ефективність поразення цілей на дальностях 2500-5000 м і стане рівноправним з рушничним озброєнням, надійно поразячою малорозмірні цілі з вертикальними проєкціями на дальностях від 500 до 2500 м, так як більшість цілей (до 70 %) в умовах пересіченої місцевості знаходяться на дальності до 2500 м.

7. Удосконалення телевізійних і тепловізійних систем бачення, забезпечуючих круглодобове бачення цілей, і розробка доповнених системами захоплення і автоматичного супроводження цілі дозволить застосовувати принцип «вистрелив-забув» і звести до мінімуму різницю між точністю стрільби днем і вночі, «с ходу» і «с місця».

8. Танк повинен стати всепогодним зброєю. Це потребує розробки радіолокаційних систем бачення, що працюють в міліметровому діапазоні. Роботи такі ведуться в різних країнах і вже досягнуті позитивні результати при створенні систем протитанкових ракетних комплексів.

9. Створення надійних боєздатних бронированих засобів нападу і захисту на світовому ринку актуально і користується великим попитом. Країни, що мають досвід танкостроєння, такі як Великобританія: танки Mk-7 "Віккерс" і "Челленджер"; Німеччина: танки "Леопард-1" і "Леопард-2"; Італія: танки С1 "Ариете" і OF-40; РОСІЯ: танки Т-64, Т-72, Т-72Б, Т-80, Т-90, Т-90С, "Чорний орел"; США: танки «М60» "Паттон" і М1 "Абрамс"; так і нові країни, піонери в танкостроєнні, такі як Ізраїль: танк «Merkava» і «Sabra»; Австрія: легкий танк SK-105 "Кирасир"; Аргентина: середній танк «ТАМ»; Бразилія: середній танк EE-T1 "Озоріо" і с MB-3 "Таймойо"; Японія: танк "90" і Польща: танк PT-91 "Тварди" конкурують на світовому ринку.

Жаль, що Україна, створивши найкращий танк другої світової війни - Т-34 і найкращий танк 80-х років - Т-80, при неможливі зусиллях і практично безкорыстной ініціативі українських конструкторів створила український танк Т-80У/Т-84 з інтегрованою системою круглодобового бачення і ведення вогню, не услышана державою і безповоротно втрачає позиції на світовому ринку.

Література

1. Р. Форд. Знаменитые танки мира: с 1916 года до наших дней. //Перев. с англ. Изд. «РОСМЕН». 2005г. -176 с.
2. Глущенко А.Р., Гордиенко В.И., Бурак А.В., Денисенко А.Ю Гиросtabilизаторы танковых прицелов. - Черкассы. 2005. -294 с.
3. Изделие ТПКД-К1. Техническое описание. -М.: Военное издание. 1985г. -175с.
4. Задорожний И.С., Задорожний В.И. и др. Изделие 1Г46-М. Руководство по эксплуатации. Изд. Черкасского НПК «Фотоприбор». 1998. - 523 с.
5. Задорожний И.С., Задорожний В.И. и др. Комплекс ТО1-КО1. Техническое описание. Изд. Черкасского НПК «Фотоприбор». 1993. -252 с.
6. Прицел-прибор наведения 1К13. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Изд. Белорусского оптико-механического объединения. 1982. -231с.
7. Танковый телескопический шарнирный прицел со стабилизацией поля зрения в вертикальной плоскости ТШСМ-41УК, ТШСМ-32ПВ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Изд. Новосибирского приборостроительного завода. 1983. -176 с.
8. Задорожний И.С., Задорожний В.И., Соловйов Г.Я., Задорожний Ю.И., Гордиенко В.И. Графический метод формирования требований к показателям качества оптического прибора. //Вісник наукових праць Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: -Вип. 2/2003.(19). Т. 3. - С. 50-53.
9. Задорожний И.С., Задорожний В.И., Голуб А.Г., Задорожний Ю.И. Структурный метод обеспечения точности гиросtabilизаторов в условиях предельных температур. //Збірник наукових праць ІПМЕ НАН України, вип. 20. –К.: 2002. - С. 130-136.
10. Задорожний І.С., Задорожний В.І. Підвищення характеристик якості елементів, пристроїв і систем оптико-електронних комплексів рухомих об'єктів. Монографія. Наукове видання. ЧДТУ, Черкаси, 2008. - 424 с.

<p><i>Задорожний І.С. Задорожний В.І, Задорожний Ю.І. Дослідження та аналіз складу і структури оптико-електронних комплексів рухомих об'єктів</i></p> <p>Представлены результаты анализа состава и структуры оптико-электронных комплексов танков, предложены перспективные направления их создания.</p>	<p><i>Zadorozhny I., Zadorozhny V, Zadorozhny Y</i></p> <p>Research and analysis of composition and structure of optical and electronic complexes of mobile objects.</p> <p>Results of analysis of composition and structure of optical and electronic complexes of tanks are presented, perspective directions of their creation are offered.</p>
--	---

*Надійшла до редакції
27 квітня 2008 року*