

показатели находится в следующих диапазонах:

- для коэффициентов теплопроводности 0,5...1,0 Вт/м·С;
- для коэффициентов термического расширения  $(-1,5...0,5) \cdot 10^{-6}$  С;
- для коэффициента термического расширения 0,8...1,5 ккал/кг·С.

Изменением вида углеродных волокон, вводимых в полимер, их схемы армирования можно добиться существенного снижения коэффициента линейного термического расширения, поскольку для углепластика он в 15–20 раз ниже, чем у металлов (таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициента линейного термического расширения для материалов

Вид материала	КЛТР·10 <sup>6</sup> , 1/°С
Алюминий	23,8
Медь	16,5
Сталь	15,0
Высокопрочное графитированное углеродное волокно	0,08

Также углепластик является наиболее прочным материалом по показателям удельной прочности и жесткости по сравнению с другими наиболее распространенными материалами (таблица 2).

Одним из основных требований конструкции космического оборудования является обеспечение малой массы входящих компонентов. Удельный вес углепластика составляет 1,7 г/см<sup>3</sup>, что почти в 2 раза легче, чем у алюминия и почти в 5 раз меньше чем у стали. Таким образом, выбор данных материалов оправдан: основной слой представлен углепластиком, так как он обладает высокими прочностными характеристиками и

теплоустойчивостью, в сравнении стеклопластиком, так же с более низким КЛТР. Введение стеклопластической пластины в поверхностный слой, обеспечит уменьшение воздействия высоких температур, за счёт низкой теплопроводности. Данный слой так же играет роль диэлектрического покрытия, защищая токопроводящий углепластиковый каркас. Обеспечение равномерности размеров конструкции возможно благодаря пропорциональности КЛТР и размеров пластин. Очевидно, что данная конструкция не только прочна и размеростабильна, но и имеет более облегченную массу, в сравнении с использованием металлических материалов. Единственным минусом на сегодняшний день может стать высокая стоимость изготовления деталей из данных материалов.

Таблица 2. Основные физико-механические свойства применяемых материалов

Материал	Прочность при растяжении, МПа	Удельная прочность $e \cdot 10^3$ , км
Углепластик	780-1800	53-112
Стеклопластик	1920	91
Высокопрочная сталь	1400	18
Титановый сплав	1000	28

1. Проектирование адаптивного к действию градиентов температур размеростабильного корпуса космического телескопа. Ахметов, Р.Н., Сторож А.Д., Стратилатов Н.Р., Шайда А.Н., Нонин А.С., Потапова Ю.В., Кудрявцев О.Б. ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара. Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. №4 (42) 2013. – С.70–75.
2. Свойства углепластика и области их применения. Б.И. Молчанов, И.И. Гудимов. Всероссийский институт авиационных материалов / 1996-202215. Журнал «Авиационная промышленность» №3-4, 1997. – 10 с.

УДК 623.4.052.52:535.8

## ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЁСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОЛЛИМАТОРНОГО ПРИЦЕЛА ЗАКРЫТОГО ТИПА

Фёдорцев Р.В.<sup>1</sup>, Ийд Кусай Мохамад<sup>1</sup>, Шкадаревич А.П.<sup>2</sup>, Фуфаев А.В.<sup>2</sup>, Рыжков С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, <sup>2</sup>Унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО» Минск, Республика Беларусь

Основным преимуществом коллиматорных прицелов закрытого типа по сравнению с классическими прицелами открытого типа является возможность их практического применения в сложных погодных условиях: интенсивный дождь, туман, мокрый снег и т.п. Заполнение внутренних полостей прицела азотом повышенной чистоты обеспечивает хорошее качество изображения и препятствует запотеванию оптических компонентов при перепадах температур.

Одним из современных прицелов данного вида, выпускаемых на предприятии НТЦ «ЛЭМТ» являются модель ПК-01ВС работающий в режиме

наведения на цель прямой наводкой. Вторая его модификация – модель ПКП-2С обеспечивающая работу в двух режимах: прямой наводки и прицеливание при стрельбе из-за горизонтальных и вертикальных защитных укрытий (гребни окопов, углы зданий, подоконники, стволы деревьев, камни и т.д.), за счёт применения сменной окулярной насадки с углом поворота 360° [1].

Коллиматорный прицел устанавливается на автоматы АК всех модификаций и другое автоматическое стрелковое оружие, имеющее посадочное место в виде направляющей планки типа «ласточкин хвост», расположенной на боковой поверхности ствольной коробки. Для

жёсткой фиксации прицела на оружии в конечном положении поворачивается рычаг зубчатого зажимного механизма (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид коллиматорного прицела модели ПК-01BC

Видимое увеличение в 1 крат обеспечивает реалистичность изображения цели в поле зрения и оценку расстояния до объекта наблюдения.

В оптической системе прицела исправлены ошибки параллакса совмещения прицельной марки, мушки и цели.

Функциональная схема прибора наведения приведена на (рисунок 2).

Конструктивно коллиматорный прицел выполнен в герметичном алюминиевом корпусе 1, внутри которого на подвижной оправе 2 вклеен телеобъектив 3 и лазерный диодный модуль 4 для формирования прицельной марки в точке О, находящейся в плоскости промежуточного изображения между положительной и отрицательной линзой объектива с антибликовыми покрытиями. Диодный модуль 4 установлен под углом 7 градусов к линии визирования и выведен за пределы световой зоны. Юстировка угла наклона оси в пределах  $\pm 10'$  обеспечивается поворотом оправы 2 относительно корпуса 1 за счёт вращения маховиков механизма выверки 5. Диапазон выверки в горизонтальном и вертикальном направлениях относительно плоскости направляющей планки составляет не менее  $\pm 1$  угл. град.

Герметичность оптической системы обеспечивается установкой в корпус 1 двух защитных смотровых окон 6 и 7 в независимых оправах, с нанесением на их резьбовые поверхности клея-герметика Multi Purpose Sealant

Dow Corning 732 и закладкой уплотнительных колец O-Ring NBR 872.

Прицел предназначен для работы, как в дневное, так и в ночное время с различным уровнем освещённости. Для обеспечения наилучшего контраста изображения прицельной марки на общем фоне в конструкции предусматривается 8 ступенчатое регулирование уровня яркости от «1» до «7» с равномерным её возрастанием. Максимальная яркость должна быть достаточной для того, чтобы видеть прицельную марку на светлом фоне, а минимальная яркость не должна ослеплять стрелка при прицеливании в сумерки. Прицельная марка выполнена в виде точки – RED DOT. «Точка» – самый технически простой и дешёвый вариант реализации, однако её сложнее заметить на фоне цели, так как она в большинстве случаев закрывает точку прицеливания. Более эффективным считается применение прицельной марки в виде перекрестия с разрывом, она лучше заметна, позволяет оценивать дальность до цели по соотношению угловых размеров цели и перекрестия.

Установка требуемого значения яркости обеспечивается поворотом маховика 8, который функционально связан с элементами платы управления 9. Источником питания лазерного диодного модуля 4 является одна аккумуляторная батарея 10 типа АА с номинальным напряжением  $1,5 (1,2) \pm 0,01$  В. При максимальном значении уровня яркости (положение «К») обеспечивается потребление тока на уровне 4 мА. В выключенном режиме (положение «0») ток составляет 6 мкА – обеспечивается функционирование только платы управления.

По итогам проведения серии лабораторных испытаний коллиматорного прицела ПК-01BC на вибростенде модели ВЭДС-1500 были выявлены дефекты в виде локального осыпания смазки «Протон» в местах установки оптических деталей. Анализ конструкции прицела показал, что причиной выкрашивания смазки послужила значительная величина зазоров в деталях шарнирного механизма, послуживших катализатором для возникновения вибраций.

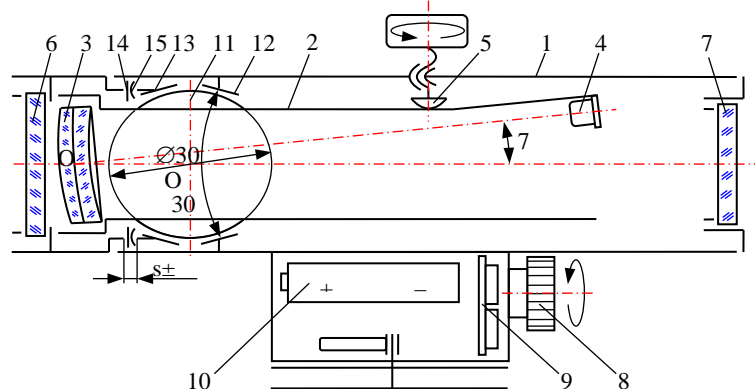


Рисунок 2 – Функциональная схема коллиматорного прицела модели ПК-01BC

При юстировке прицела необходимо обеспечить оптимальный баланс между усилием, прикладываемым к маховикам 5 механизма выверки и усилием, прикладываемым при закручивании оправы компонента 6, обеспечивающего деформацию пружины 15. В соответствии с рекомендациями [2] и с учётом эргономических требований предъявляемых к измерительным оптическим приборам, величина крутящего момента на рукоятках точной настройки  $\varnothing 19$  мм находится в пределах 2,3...5,0 Н·м. Этого усилия вполне достаточно для плавной работы резьбового соединения винт-гайка механизма выверки с посадкой М5-6Н/г6 (II класс точности), обеспечивающей суммарную величину зазоров:

$$\Delta_{5\min} = 0,004 \text{ мм и } \Delta_{5\max} = 0,020 \text{ мм.}$$

В подвижном шаровом шарнирном соединении наружной полусферы 11  $\varnothing 30$  мм и двух установочных колец 12 и 13 с внутренними коническими поверхностями, суммарная величина зазоров составит:

$$\Delta_{11\min} = 0 \text{ мм и } \Delta_{11\max} = 0,294 \text{ мм.}$$

Для деталей коллиматорного прицела проведен расчёт размерной цепи в осевом направлении, который показал, что для компенсации ширины замыкающего звена необходима установка промежуточного кольца 14

толщиной  $s_{14} = 0,4$  мм и пружинной шайбы 15 толщиной  $s_{15} = 2,0$  мм. Функциональные свойства пружинного кольца 15 будут соблюдаться при обеспечении условия максимальной величины его деформации  $f_{15} \leq 1/2s_{15}$ . Исходя из усилия, прикладываемого к оправе компонента 6 (34 Н), материала пружинного кольца (Сталь 65Г) и равновесного состояния всей юстируемой системы  $f_{15\max} \sim 0,95$  мм.

При сборке требуемая толщина прокладки 14 и пружинной шайбы 15 подбираются селективно из заранее подготовленного комплекта.

Коллиматорный прицел дополнительно может комплектоваться телевизионным прицелом с защищенным радиоканалом, наглазным дисплеем с индикацией, адаптивным прикладом специальной конструкции.

1. Прицел коллиматорный перископический ПКП-2С с комплектом доработки оружия: каталог / Продукция / Оптические и оптоэлектронные изделия / Прицелы коллиматорные для стрелкового оружия. Холдинг «БелОМО». 2010 – 2017. ОАО «БелОМО – ММЗ имени С.И. Вавилова». [http://belomo.by/catalog/optical-and-opto-electronic-products/priceli\\_kollimatornie\\_dlya\\_strelkovogo\\_oruziya/pkp\\_2c](http://belomo.by/catalog/optical-and-opto-electronic-products/priceli_kollimatornie_dlya_strelkovogo_oruziya/pkp_2c).
2. Справочник конструктора опτικο-механических приборов / Под общ. ред. В.А. Панова. – Л.: Машиностроение, 1980. – 742 с.

УДК 62-67:004.946: 303.732.4

## МЕТОД ИМИТАЦИИ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Чернавчиц Д.А., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

В результате интенсивного развития сферы информационных технологий происходит постоянное усовершенствование сопутствующих технических устройств, особенно в области игровой и мультимедийной продукции. Основной задачей становится слияние виртуального и реального мира в единое пространство. Общеизвестно, что классические сферы развлечения обеспечивают передачу информации через зрение 80% и слух 16%. В настоящее время разработано значительное количество устройств виртуальной реальности, однако фактически большинство из них ограничены возможностями создания 3D эффекта, т.е. обеспечивают только просмотр объёмного изображения. Технология 5D базируется на тактильных ощущениях и задействует: обоняние, осязание и вкус. Однако, для «полного погружения» в мир виртуальной и дополненной реальности необходимо также учитывать ещё четыре чувства: термощецию – чувство тепла (или его отсутствия) на нашей коже; эквибриощецию – чувство равновесия, которое определяется содержащими жидкость

полостями в нашем внутреннем ухе; ноциощецию – восприятие боли кожей, суставами и органами тела; проприощецию («осознание тела») – понимание того, где находятся части нашего тела, даже мы не чувствуем и не видим их [1].

Концепция разработки виртуальных очков развивается в двух направлениях: относительно недорогие модели рассчитаны для совместной работы со смартфонами и профессиональные модели такие как: Oculus CV1 и Rift DK2, Sony PlayStation VR, HTC Vive имеют собственный встроенный экран. За счёт близкого расположения экрана относительно глаз обеспечивается относительно небольшой угол обзора 85...110°. В различных вариантах исполнения устройства снабжаются встроенными датчиками акселерометра, гироскопа, приближения и магнитным датчиком. Разработаны также комбинированные устройства виртуальной реальности (очки HTC Vive & перчатки Manus VR) основанные на технологии позиционного отслеживания Lighthouse (рисунок 1). Перчатки имеют восьмичасовое время автономной работы и