

Nghiên cứu tính toán thiết kế tích hợp vật kính ảnh nhiệt lên kính ngắm PMK-453

Phạm Sơn Lâm^{1*}, Hoàng Anh Tú¹, Nguyễn Văn Thư¹, Lê Văn Hai²

¹Viện Vật lý kỹ thuật/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

²Bộ Tư lệnh TP.HCM/Quân khu 7.

*Email: lamhuong36@gmail.com

Nhận bài: 13/5/2022; Hoàn thiện: 28/7/2022; Chấp nhận đăng: 04/8/2022; Xuất bản: 26/8/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.81.2022.168-172>

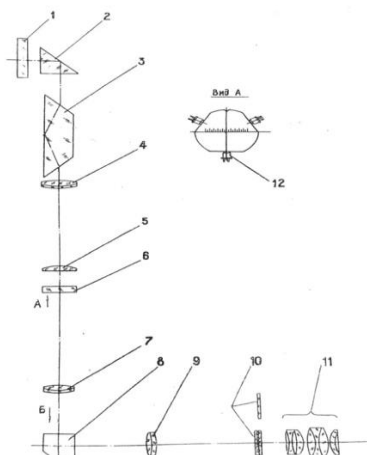
TÓM TẮT

Bài báo đã đưa ra kết quả tính toán, thiết kế tích hợp vật kính ảnh nhiệt (VKAN) lên kính ngắm ban ngày PMK-453 dùng cho quan sát ban đêm. Qua thử nghiệm, kính ngắm sau tích hợp hoạt động tốt cả ban ngày và ban đêm. Hình ảnh quan sát được truyền trực tiếp đến người chỉ huy qua hệ thống quang truyền hình, giúp nâng cao khả năng huấn luyện sẵn sàng chiến đấu.

Từ khóa: Kính ngắm PMK-453; Vật kính ảnh nhiệt (VKAN); Tích hợp PMK-453.

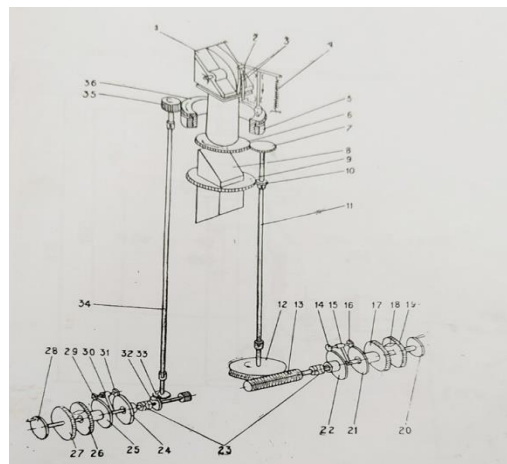
1. MỞ ĐẦU

Kính ngắm PMK-453 được lắp đặt trên tàu tên lửa 1241.8 Molniya dùng để quan sát xác định góc mạn, góc tà của tàu đến đối tượng quan sát, làm cơ sở để tính toán phần tử bắn cho pháo. Sơ đồ nguyên lý quang học và kết cấu của kính [1] được đưa ra trên hình 1.



a) Sơ đồ nguyên lý quang học:

1. Kính bảo vệ; 2, 8. Lăng kính;
3. Lăng kính Dove; 4, 5. Đảo ảnh;
6. Kính vạch; 7, 9. Đảo ảnh;
10. Kính màu; 11. Thị kính.



b) Kết cấu truyền động cơ khí:

1. Lăng kính; 4. Cơ cấu dịch thay đổi tâm;
- 6, 7. Bánh răng; 8. Lăng kính Dove;
12. Bánh vít; 13. Trục vít; 20. Tay quay hướng;
28. Tay quay tâm; 36. Nôm.

Hình 1. Sơ đồ quang học và kết cấu cơ khí của kính ngắm PMK-453.

Tính năng kỹ thuật chính:

- Trường nhìn: 12 độ; độ phóng đại: 6 lần;
- Giới hạn quay tầm: (-15 ÷ +25) độ; quay hướng: 360 độ.

Nguyên lý hoạt động: Chùm ánh sáng khả kiến phát ra từ mục tiêu qua kính bảo vệ 1, lăng kính 2 bị bẻ góc 90 độ, qua hệ quang kính (lăng kính Dove 3, cụm vật kính 4, 5, lăng kính 8 và cụm đảo ảnh 7, 9) tạo một ảnh thật tại tiêu diện trước của thị kính 11. Mắt người quan sát mục tiêu qua thị kính. Lăng kính Dove 3 có thể quay 360 độ quanh trục cho phép kính ngắm PMK-

453 quan sát toàn cảnh mục tiêu. Thị kính 11 dùng để phóng đại ảnh thật tạo ra bởi vật kính để tiện cho mắt người quan sát.

Kính ngắm tiềm vọng PMK-453 chỉ quan sát được mục tiêu trong điều kiện ban ngày, không quan sát được trong đêm tối. Vị trí quan sát chỉ dành cho trắc thủ, do vậy, người chỉ huy không trực tiếp quan sát, đánh giá được ảnh hưởng của yếu lĩnh của trắc thủ đến quá trình huấn luyện, diễn tập sẵn sàng chiến đấu. Giải pháp tính toán, thiết kế tích hợp kênh đêm theo nguyên lý ảnh nhiệt [2] kết hợp hệ thống quang truyền hình trên kính ngắm PMK-453 sẽ giúp giải quyết vấn đề trên.

Một số yêu cầu khi thiết kế, tích hợp kênh quan sát đêm ảnh nhiệt:

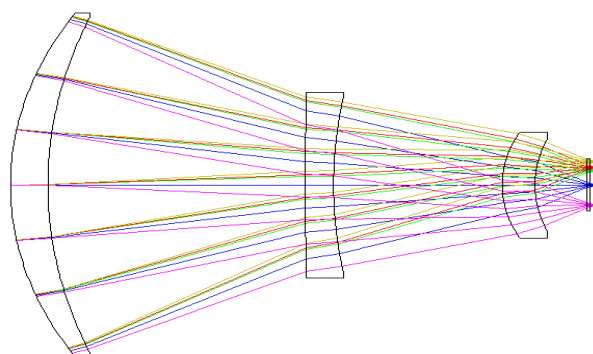
- Không làm thay đổi kết cấu, tính năng quang học kênh quan sát ngày;
- Đảm bảo độ đồng trục giữa kênh ngày và kênh đêm ảnh nhiệt;
- Đảm bảo giá lắp đơn giản, thao tác thuận tiện với kết cấu cơ khí nguyên bản trên tàu, không gây ảnh hưởng đến hoạt động bình thường của tàu.

2. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TÍCH HỢP VẬT KÍNH ẢNH NHIỆT LÊN KÍNH NGẮM PMK-453

2.1. Tính toán, thiết kế VKAN

a. Thiết kế hệ thống quang học

Với giả thiết yêu cầu kính ngắm PMK-453 sau khi tích hợp kênh quan sát đêm ảnh nhiệt có thể phát hiện mục tiêu tàu thuyền (4*12) m ở cự ly lớn hơn 12.000 m, nhận dạng ở cự ly lớn hơn 2.000 m. Theo tiêu chuẩn Johnson [3, 5] về tính toán cự ly nhận dạng và phát hiện mục tiêu của khí tài ảnh nhiệt, sơ đồ và các thông số kỹ thuật của VKAN sau thiết kế thể hiện trên hình 2. Các thông số kết cấu của VKAN thể hiện trên bảng 1.



Thông số kỹ thuật VKAN:

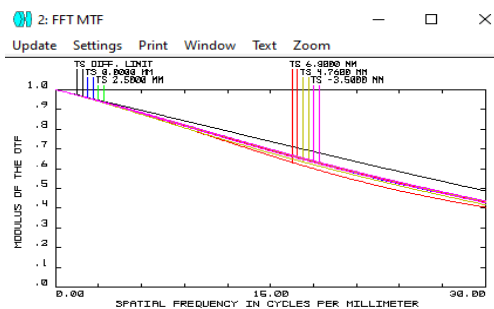
- Vùng phổ hoạt động: 8-14 μm
- Tiêu cự: 100 mm
- Thị giới: $7,75^0$; Số khẩu độ: F/1
- Nhiệt độ thiết kế: 20 ^0C
- Đầu thu Micro Cam 3 hoặc Tau 2 với số điểm ảnh (640x512) μm , kích thước phần tử thu ảnh của đầu thu: (17x17) μm

Hình 2. Sơ đồ và các thông số kỹ thuật của VKAN thiết kế.

Bảng 1. Các thông số kết cấu của VKAN.

Dữ liệu		Bán kính	Chiều dày	Thủy tinh	Bán kính thông quang
Vật	Tiêu chuẩn	104,22	8	Germanium	104
STO	Tiêu chuẩn	147,01	55		101
2	Tiêu chuẩn	3265,84	6	ZnSe	56
3	Tiêu chuẩn	166,51	36		54
4	Tiêu chuẩn	35,83	7	Germanium	32
5	Tiêu chuẩn	38,18	11,04		28
6	Tiêu chuẩn	∞	0,725	Silicon	15,6
7	Tiêu chuẩn	∞	1,2		15,4
Ảnh	Tiêu chuẩn	∞			14

Hệ quang VKAN được thể hiện ở trên có tổng chiều dài là 124,97 mm. Giảm đồ MTF của VKAN trên hình 3a cho thấy, giá trị MTF ở tần số 30 cặp vạch/mm đạt trên 0,4 cho cả ở tâm và biên trường nhìn. Theo tiêu chuẩn chung [4] trên hình 3b, khi giá trị MTF đạt tối thiểu 0,25 ở tần số 29,4 thì vật kính thiết kế đạt yêu cầu chất lượng. Do vậy, hệ quang VKAN được thiết kế mới đảm bảo yêu cầu.



a) MTF của vật kính thiết kế.

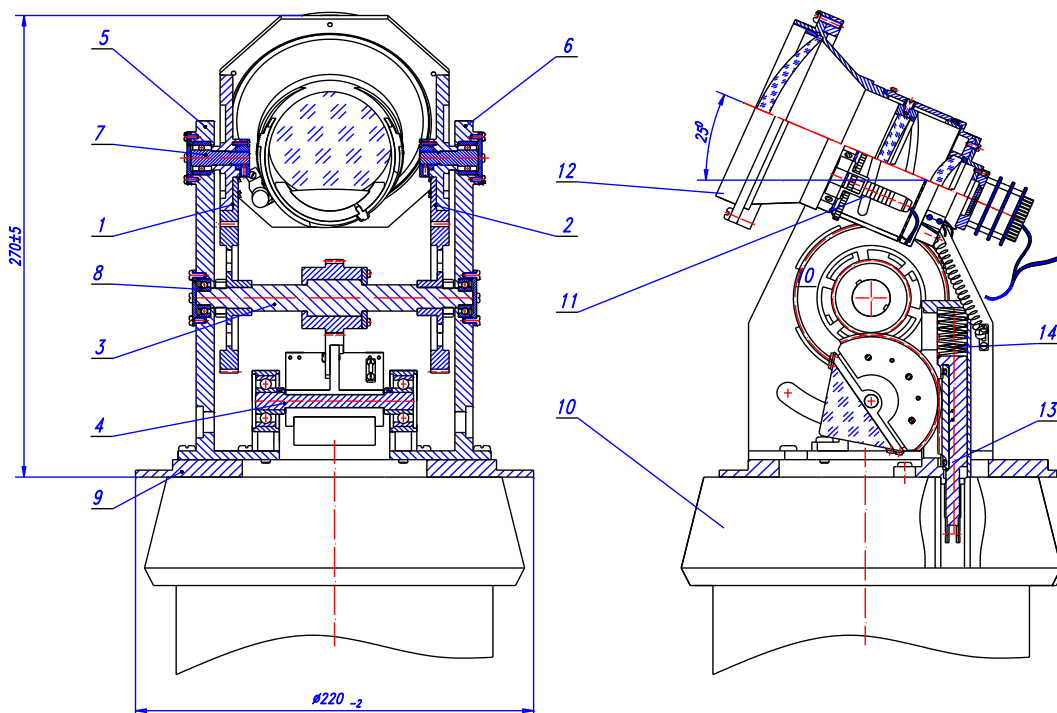
MTF criteria for uncooled detectors:

FPA Pitch	cy/mm	Min. Horizontal Edge MTF (S&T Average)
50 μ	10	40%
38 μ	13.2	40%
30 μ	16.7	35%
28 μ	17.9	35%
25 μ	20	35%
17 μ	29.4	25%
12 μ	41.7	17% or no less than half of the diffraction limit value

b) MTF tiêu chuẩn chung.

Hình 3. Giảm đồ MTF của VKAN thiết kế và MTF tiêu chuẩn.

b. Thiết kế cơ khí tích hợp VKAN lên kính ngắm PMK-453



Hình 4. Kết cấu tổng thể của VKAN tích hợp trên kính ngắm PMK-453.

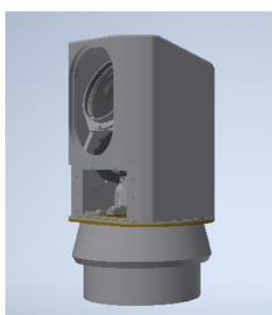
- 1, 2, 3, 4. Cụm bánh răng; 5, 6. Bộ giá; 7, 8. Vòng bi đỡ; 9. Bộ liên kết;
10. Thân kính ngắm PMK-453; 11. Động cơ; 12. VKAN; 13. Trục kéo; 14. Lò xo đàn hồi.

Nguyên lý truyền động toàn hệ thống như sau: Khi quay tầm, lực từ tay quay làm thay đổi vị trí của nôm quanh trục, dẫn đến trục kéo 14 tiếp xúc với nôm chuyển động tịnh tiến, thông qua hệ bánh răng truyền động 1, 2, 3, 4 làm thay đổi góc tầm của cả 2 kênh. Cơ cấu bánh răng được tính toán sao cho khi lăng kính quay 1 góc α thì VKAN thay đổi góc 2α cùng chiều, do vậy, ảnh hiển thị không bị xoay so với mục tiêu quan sát. Chuyển động hướng được thực hiện theo kết cấu nguyên bản của kính ngắm PMK-453 đã được nêu ra ở trên.

3. THỬ NGHIỆM

Chuyển động thay đổi tâm, hướng được mô phỏng trên phần mềm thiết kế Inventor và được kiểm chứng qua thử nghiệm quan sát ngày, đêm (hình 5). Kết quả cho thấy:

- + Chuyển động tâm: Khi lăng kính đầu kính quay một góc tâm α , hệ thống bánh răng truyền động làm VKAN thay đổi góc 2α cùng chiều; giới hạn chuyển động từ $(-15\div+25)$ độ.
- + Chuyển động hướng: Giữ nguyên theo nguyên bản kính ngắm PMK-453.
- + Độ đồng trục giữa 2 kênh ngày và đêm đảm bảo sai số ≤ 1 pixel.
- + Kết cấu VKAN được tích hợp vào kính ngắm PMK-453 giữ lại toàn bộ hệ quang kênh ngày bên trong thân kính. Thiết kế mới hệ thống quang cơ đầu kính giữ nguyên toàn bộ tính năng và cách thức thao tác đối với kênh ngày.
- + Kênh đêm ảnh nhiệt cho khả năng quan sát, phát hiện mục tiêu trong điều kiện đêm tối rất tốt.



a) Mô phỏng 3D của đầu kính mới.



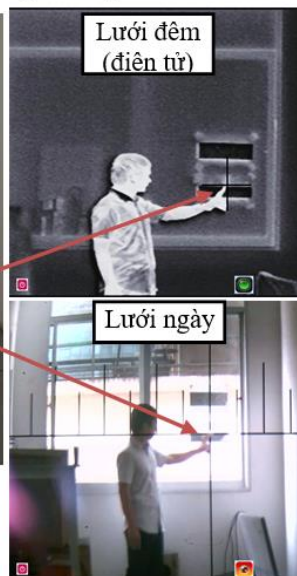
b) Lắp ráp sau gia công.



c) Tích hợp lên PMK-453.



d) Hiệu chỉnh đồng trục 2 kênh.



Hình 5. Hình ảnh mô phỏng và sản phẩm thật sau gia công chế tạo tích hợp lên kính ngắm PMK-453.

4. KẾT LUẬN

Giải pháp thiết kế tích hợp kênh đêm ảnh nhiệt cho kính ngắm PMK-453 với sự thay đổi kết cấu đầu kính, cơ bản không làm thay đổi tính năng, các thao tác huấn luyện và sử dụng kính ngắm PMK-453. Mặt khác, việc tích hợp kênh đêm ảnh nhiệt làm tăng khả năng quan sát đêm cho kính ngắm. Hệ thống quang truyền hình giúp tăng khả năng nắm bắt, đánh giá quá trình thao

tác và yếu lĩnh của trắc thủ, góp phần nâng cao chất lượng huấn luyện sẵn sàng chiến đấu và khả năng tác chiến ngày đêm cho bộ đội hải quân.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ kinh phí của Đề tài cấp Sở Khoa học và công nghệ TP. HCM số 02/2021/HD-QPTKHCN ngày 09/03/2021.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sơ đồ kết cấu và nguyên lý kính ngắm PMK-453 của Cục QK/ QC Hải quân.
- [2]. J. M. Lloyd, “*Thermal imaging systems*”. Plenum Press, New York, (1975).
- [3]. William L. Wolf. “*Handbook of military infrared technology*”, Office of Naval Research Department of the Navy Washington, D.C, (1965).
- [4]. Carlo, C. “*Infrared: a key technology for security systems*”. Advances in Optical Technologies, pp. 37-42, (2012).
- [5]. Sofradir EC company, “*Understanding Infrared Camera Thermal Image Quality*”, Electrophysic, pp. 6-9, (2009).

ABSTRACT

Research and design to integrate thermal imaging objective onto viewfinder PMK-453

The article has given the results of the calculation and design of integrating the thermal imaging objective (VKAN) onto the PMK-453 daytime viewfinder for night observation. Through testing, the integrated rear viewfinder works well both during the day and at night. Observational images are transmitted directly to the commander via an optical television system, helping to improve combat readiness training.

Keywords: PMK-453; Thermal imaging objective; Built-in PMK-453.