MỘT GIẢI PHÁP TỰ ĐỘNG ĐO THỂ TÍCH NHIÊN LIỆU TRÊN XE TĂNG T54B/T55

Đỗ Quảng Đại[1*], Nguyễn Trì[1], Nguyễn Thị Thu Trang[2]

Tóm tắt: *Bài báo trình bày về một giải pháp tự động đo thể tích nhiên liệu trên xe tăng thế hệ cũ T54B/T55 theo nguyên lý áp suất thủy tĩnh. Giải pháp được xây dựng trên cơ sở tích hợp các cảm biến đo lường độ chính xác cao (cảm biến áp suất, cảm biến đo nghiêng). Hệ thống đo lường sau khi thiết kế theo giải pháp đảm bảo độ chính xác và tính thời gian thực, từ đó có thể mở ra khả năng kết nối tự động với hệ thống điều khiển giám sát các tham số vận hành của xe tăng trong quá trình huấn luyện.*

Từ khóa: Thể tích nhiên liệu; Cảm biến áp suất; Cảm biến đo nghiêng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các phương tiện cơ động nói chung hiện nay đều được ứng dụng công nghệ tự động hóa rất cao, các thông số liên quan tới an toàn, vận hành, hướng dẫn, cảnh báo đều được thu thập tập trung, số hóa và đưa về trung tâm điều khiển hiển thị cho người điều khiển phương tiện có thể dễ dàng quản lý, giám sát. Tuy nhiên, vẫn còn một số phương tiện như các xe tăng thế hệ cũ T54B, T55 có thể do trong điều kiện chiến tranh, hạn chế về thời gian, hạn chế về công nghệ nên trong thiết kế nguyên bản của xe việc hiển thị các tham số vận hành hoàn toàn bằng đồng hồ cơ, trong đó, tham số về thể tích nhiên liệu, thể tích dầu nhờn hoàn toàn không được hiển thị.



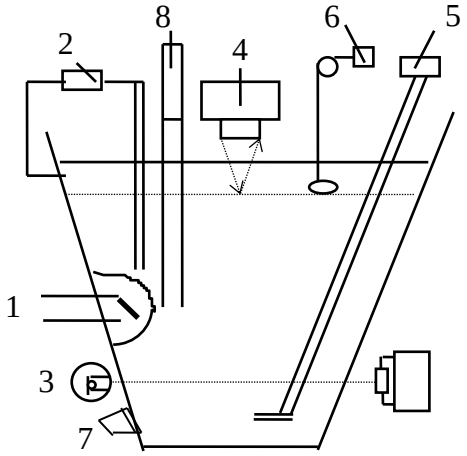
Hình 1. *Bảng đồng hồ các tham số vận hành trên xe tăng T54B.*

Thực tế để đo đạc các tham số này, lái xe phải cho dừng xe ở vị trí tương đối bằng phẳng sau đó sử dụng phương pháp đo thủ công là dùng thước có khắc vạch để đo chiều cao mức chất lỏng trong bình chứa, từ đó tính ra thể tích theo một tỉ lệ cho trước. Phương pháp đo này không thuận tiện, có độ chính xác thấp, phụ thuộc nhiều vào yếu tố chủ quan con người, khó quan sát, khó quản lý trong quá trình khai thác sử dụng. Việc số hóa các tham số vận hành trên các phương tiện thế hệ cũ nói chung, các xe tăng T54B, T55 nói riêng để quản lý, vận hành, khai thác nâng cao hiệu quả hoạt động là một nhu cầu vô cùng bức thiết đối với cơ quan đơn vị quản lý sử dụng xe, trong đó, vấn đề đo đạc xác định thể tích dầu nhớt, thể tích nhiên liệu là yêu cầu hàng đầu do hệ thống nguyên bản chưa được trang bị hệ thống đo kiểm tự động, và cần phải có nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống đo lường mới tích hợp lại lên xe.

Qua tham khảo các xe tăng thế hệ mới, khảo sát thực tế trên các phương tiện cơ giới phổ thông như ô tô, xe máy đã có nhiều phương pháp ứng dụng khoa học kỹ thuật được đưa ra để nâng cao độ chính xác kết quả đo lường thể tích nhiên liệu. Như đo bằng siêu âm, đo bằng quang

điện hoặc phóng xạ, đo theo điện trở, điện dung, đo bằng cảm biến áp suất,… Tuỳ theo điều kiện kỹ thuật, vai trò các bình chứa nhiên liệu mà lắp đặt sử dụng các loại thiết bị cảm biến đo lường khác nhau (hình 2).

1- Đo theo tiếp xúc cơ khí
2- Đo theo điện trở, điện dung
3- Đo bằng quang điện hoặc bằng phóng xạ
4- Đo bằng siêu âm
5- Đo theo trọng lực
6- Đo bằng phao cơ
7- Đo bằng cảm biến áp suất
8- Đo theo áp lực thủy tĩnh



Hình 2. *Mô tả một số nguyên lý đo thể tích nhiên liệu.*

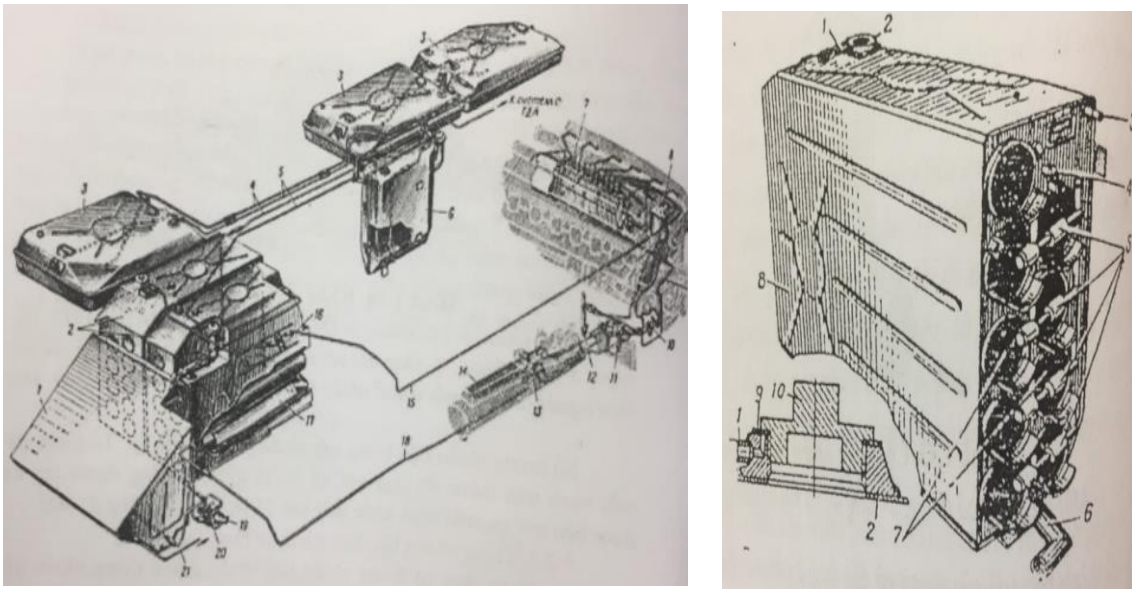
Đối với các bình chứa nhiên liệu trên xe tăng thì việc ứng dụng các công nghệ giống như trên các phương tiện cơ giới phổ thông là không phù hợp do sự phức tạp trong kết cấu khung vỏ xe, không gian gá lắp chật hẹp và đặc biệt không cho phép thay đổi kết cấu cơ khí của các bình chứa trên xe tăng đảm bảo tính an toàn chống rò rỉ nhiên liệu, đảm bảo an toàn phòng chống cháy nổ cũng như đảm bảo không làm ảnh hưởng tới vận hành của hệ thống nguyên bản. Sau khi so sánh các giải pháp đo ở trên cùng với tham khảo ý kiến chuyên gia tại đơn vị sử dụng và Viện Tự động hóa KTQS, nhóm tác giả lựa chọn giải pháp đo thể tích theo nguyên lý áp suất thủy tĩnh thông qua sử dụng cảm biến áp suất. Như vậy, việc đo thể tích nhiên liệu trở thành bài toán đo áp suất thông qua áp lực nhiên liệu trong bình chứa tác dụng lên các cảm biến được lắp đặt thêm vào.

Trong thực tế khi xe tăng vận hành trong quá trình sử dụng, các giá trị đo được từ cảm biến áp suất chịu tác động bởi nhiều yếu tố trong đó sai số do xe di chuyển ở vị trí không thăng bằng (độ nghiêng lớn) khiến cho áp lực nhiên liệu tác động lên đầu cảm biến phản ánh không đúng giá trị thực tế. Vì vậy, cần thiết phải tích hợp thêm cảm biến đo nghiêng vào hệ thống, đồng thời nghiên cứu, xây dựng thuật toán bù nghiêng để giảm thiểu sai lệch lên các phép đo nhằm nâng cao tính ổn định và chính xác trong quá trình vận hành của hệ thống đo lường.

2. CẤU TRÚC HỆ THỐNG CUNG CẤP NHIÊN LIỆU TRÊN XE TĂNG T54B/T55

Hệ thống cung cấp nhiên liệu trên xe tăng được chia làm hai tổ: tổ trước và tổ giữa. Bình nhiên liệu tổ trước (3) đặt bên phải lái xe có thể tích 217 lít. Bình nhiên liệu tổ giữa (19) đặt trước buồng động lực, có thể tích 315 lít. Đặc điểm chung của các bình nhiên liệu này là bên trong có thiết kế thêm các vách ngăn ngoài việc làm tăng độ cứng còn giảm sự dao động của nhiên liệu khi xe chạy. Trên nắp lỗ nạp nhiên liệu có một lỗ đặc biệt thông với khí trời, trong nắp có phao và van kim đậy kín không cho nhiên liệu sánh ra ngoài, đảm bảo áp suất trên bề mặt nhiên liệu trong bình bằng áp suất bên ngoài. Ngoài ra, để tiết kiệm không gian lắp đặt, bình nhiên liệu tổ giữa trên xe T55 được gia công bằng thép dập, có các các lỗ rỗng trong bình tận dụng không gian dùng làm ổ chứa các viên đạn pháo. Với những cấu tạo và hình dạng đặc biệt như vậy của các thùng chứa nhiên liệu trên xe tăng, việc ứng dụng các loại cảm biến đo lường như trên các phương tiện phổ thông là không khả thi do không có không gian lắp đặt mà các cảm biến này yêu cầu. Nhóm tác giả đã lựa chọn giải pháp đo đường sử dụng cảm biến áp suất do cảm biến áp suất có thể được lắp đặt trên đường ống được trích ra từ ống dẫn phân phối nhiên

liệu tới hệ thống thông qua chạc ba, hoàn toàn không làm thay đổi kết cấu cơ khí của bình, dễ dàng thao tác, lắp đặt. Cảm biến đo nghiêng được lắp đặt chắc chắn trên sàn xe, có chức năng đo góc nghiêng sàn xe so với mặt phẳng nằm ngang khi xe cơ động.



Hình 3. *Sơ đồ hệ thống nhiên liệu và bình tổ giữa trên xe tăng.*

3. MÔ TẢ TOÁN HỌC CỦA PHÉP ĐO THỂ TÍCH NHIÊN LIỆU

Hệ thống đo mức nhiên liệu trên xe tăng ngoài cảm biến áp suất, còn được tích hợp thêm cảm biến đo nghiêng 2 trục độ chính xác cao HCA526T với bộ biến đổi A/D 16 bit, 5 thuật toán lọc số liệu đo góc tương đối so với trục ngang và trục dọc. Đây là loại cảm biến đã được sử dụng, kiểm chứng trong một số tổ hợp phòng không tầm thấp PPK 37mm-2N do Viện Tự động hóa KTQS nghiên cứu thiết kế, chế tạo nhằm thực hiện một số thuật toán liên quan đến việc bù độ nghiêng sàn xe và bệ pháo.

Một số đặc điểm kỹ thuật chính:

- Số kênh đo: 2 kênh (trục ngang và trục dọc)
- Nhiệt độ làm việc: -40 ÷ 85 ^{o}C
- Nhiệt độ bảo quản: -50 ÷ 100 ^{o}C
- Cấp bảo vệ: IP67
- Kích thước: 90x50x28
- Dải đo: ±15^{o}
- Độ phân dải: 0.001^{o}
- Điện áp làm việc: 9 ÷ 36 VDC
- Dòng điện làm việc: 50 mA
- Khả năng chống rung xóc: >2000 g



Hình 4. *Thiết bị đo nghiêng HCA526T.*

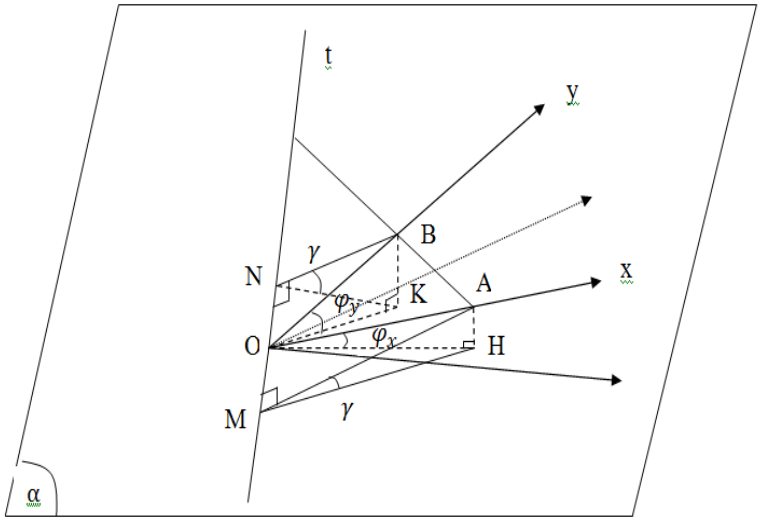
Gọi: Oxy - Hệ trục tọa độ gắn với cảm biến đo nghiêng. φ_x - Góc nghiêng theo trục Ox của sàn xe so với mặt phẳng nằm ngang (α). φ_y - Góc nghiêng theo trục Oy của sàn xe so với mặt phẳng nằm ngang (α). γ - Góc nghiêng của sàn xe so với mặt phẳng nằm ngang(α).

Đối với bài toán đo mức nhiên liệu, nhóm tác giả thực hiện tính toán theo 2 bước sau:

Bước 1: Tính góc γ theo các góc φ_x, φ_y theo phương pháp hình học.

Vẽ đường thẳng t là giao tuyến của 2 mặt phẳng (Oxy) và (α) khi xe tăng bị nghiêng như trên hình 4. Lấy điểm A bất kỳ trên trục Ox. Gọi H là hình chiếu của A trên mặt phẳng (α), M là hình

chiếu của A trên giao tuyến t. Khi đó, góc $\widehat{AOH} = \varphi_x$. Lấy điểm B trên trục Oy sao cho OA = OB = a. Gọi K là hình chiếu của B trên mặt phẳng (α), N là hình chiếu của B trên giao tuyến t. Khi đó, góc $\widehat{BOK} = \varphi_y$.



Hình 5. *Biểu diễn các góc nghiêng trong hệ tọa độ gắn với sàn xe.*

Theo cách xác định góc giữa 2 mặt phẳng thì góc $\widehat{AMH}$ và $\widehat{BNK}$ đều là góc giữa 2 mặt phẳng (Oxy) và (α). Do đó: $\widehat{AMH} = \widehat{BNK} = \gamma$

Theo hệ thức lượng trong tam giác vuông, ta có:

Đối với ΔOAH vuông góc tại H:

$$AH = sin\varphi_x * OA = sin\varphi_x * a \quad (1)$$

Đối với ΔMAH vuông góc tại H:

$$sin\gamma = \frac{AH}{AM} = \frac{sin\varphi_x * a}{AM} \quad (2)$$

Đối với ΔOBK vuông góc tại K:

$$BK = sin\varphi_y * OB = sin\varphi_y * a \quad (3)$$

Đối với ΔNBK vuông góc tại K nên:

$$sin\gamma = \frac{BK}{BN} = \frac{sin\varphi_y * a}{BN}$$

$$BN = \frac{sin\varphi_y * a}{sin\gamma} \quad (4)$$

Xét 2 tam giác ΔMOA và ΔNBO có:

$\widehat{MOA} = \widehat{NBO}$ (là 2 góc cùng phụ với góc $\widehat{NOB}$)

OA = OB = a

$\widehat{MAO} = \widehat{NOB}$ (là 2 góc cùng phụ với góc $\widehat{MOA}$)

Nên $\Delta MOA = \Delta NBO$ (trường hợp góc – cạnh - góc).

Suy ra MO = NB.

Áp dụng định lý Pitago cho ΔMOA vuông tại M, ta có:

$$OA^2 = AM^2 + MO^2$$

$$AM^2 = OA^2 - MO^2 = OA^2 - NB^2 = OA^2 - \frac{\sin^2 \varphi_y \,.\, OB^2}{\sin^2 \gamma}$$

$$AM^2 = a^2.(1 - \frac{\sin^2 \varphi_y}{\sin^2 \gamma})$$

$$AM = a.\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi_y}{\sin^2 \gamma}} \quad (5)$$

Thay biểu thức (5) vào biểu thức (2) ta nhận được:

$$\sin\gamma = \frac{sin\varphi_x * a}{a.\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi_y}{\sin^2 \gamma}}} = \frac{sin\varphi_x.\sin\gamma}{\sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \varphi_y}}$$

$$1 = \frac{sin\varphi_x}{\sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \varphi_y}}$$

$$\sqrt{\sin^2 \gamma - \sin^2 \varphi_y} = sin\varphi_x$$

$$sin^2\gamma - \sin^2 \varphi_x = \sin^2 \varphi_y$$

$$sin^2\gamma = \sin^2 \varphi_x + \sin^2 \varphi_y$$

$$cos^2\gamma = 1 - sin^2\gamma = 1 - (\sin^2 \varphi_x + \sin^2 \varphi_y)$$

$$cos\gamma = \sqrt{1 - (\sin^2 \varphi_x + \sin^2 \varphi_y)} \quad (6)$$

Như vậy, nhóm tác giả đã có được mối quan hệ giữa góc nghiêng của sàn xe so với mặt phẳng nằm ngang theo góc nghiêng trục Ox, Oy mà cảm biến đo nghiêng trả về.

Bước 2: Tính thể tích bình nhiên liệu.

Sau khi khảo sát đặc tính kỹ thuật, nhóm tác giả lựa chọn cảm biến áp suất HPT200 của hãng Holykell. Dòng cảm biến này được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực đo thể tích chất lỏng, kiểm tra áp suất khí, nước, dầu trong công nghiệp nói chung và lĩnh vực quân sự nói riêng. HPT200 là loại cảm biến áp suất với nguyên lý màng nằm bên trong, có độ tin cậy, độ ổn định và độ chính xác cao. Lớp màng sẽ thay đổi độ căng khi có áp lực tác động vào. Sự thay đổi của màng được một vi mạch điện tử khuếch đại thành tín hiệu dòng điện, có đặc tính bảo vệ quá điện áp, quá dòng điện, hoạt động ổn định ở môi trường có từ trường cao.

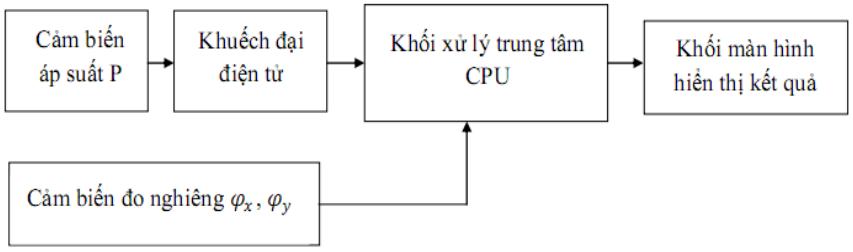
Một số đặc điểm kỹ thuật chính:

- Nhiệt độ làm việc: -35 ÷ 85 ^oC
- Nhiệt độ bảo quản: -50 ÷ 100 ^oC
- Đầu ra: 4 ~ 20 mA
- Dải đo: 0.0-0.1 bar
- Độ chính xác: 0.5%FS
- Điện áp làm việc: 12 ÷ 36 VDC



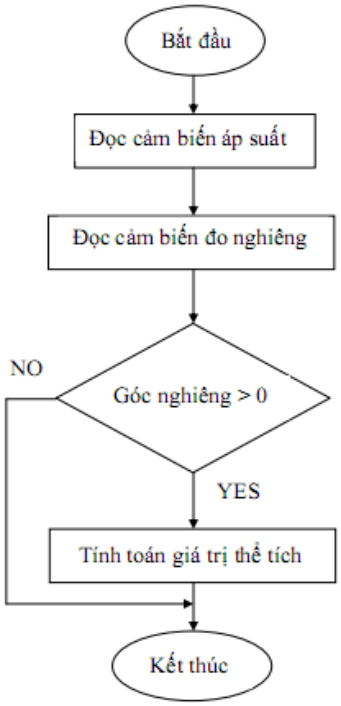
Hình 6. *Cảm biến áp suất Holykell.*

Hệ thống đo lường có sơ đồ cấu trúc như sau:



Hình 7. *Sơ đồ cấu trúc hệ thống đo lường.*

Lưu đồ thuật toán hệ thống đo lường được thực hiện như hình 8.



Hình 8. *Lưu đồ thuật toán hệ thống đo lường.*

Áp suất trong bình chứa nhiên liệu qua ống dẫn và được đưa vào cảm biến áp suất. Tín hiệu từ cảm biến áp suất trả về khối xử lý trung tâm là tín hiệu analog (4 ÷ 20) mA, thông qua Module chuyển đổi dòng áp sẽ cho ra tín hiệu analog (0 ÷ 5) V. Tín hiệu analog sẽ được số hóa sang tín hiệu số bởi bộ chuyển đổi ADC của bộ vi điều khiển. Thông qua một số thuật toán xử lý số liệu nhóm tác giả nhận được các giá trị ổn định, giá trị này được sử dụng trong các công thức tính toán thể tích nhiên liệu trong binh chứa. Ngoài ra, khối xử lý trung tâm giao tiếp với cảm biến đo nghiêng qua đường truyền RS485 (Thông số cổng truyền thông: 9600baud, 8 data bit, 1 stop bit, không mã kiểm tra). Giá trị 2 góc nghiêng theo 2 trục φ_x, φ_y được đưa vào tính toán trong khối xử lý trung tâm.

Đối với từng bình nhiên liệu sẽ có các bảng số liệu calip giá trị thể tích theo giá trị ADC mà cảm biến áp suất trả về hoàn toàn khác nhau, phụ thuộc vào kết cấu, tiết diện của bình nhiêu liệu. Trên hệ thống cung cấp nhiên liệu của xe tăng, bình tổ giữa được sử dụng thường xuyên, liên tục, vấn đề đo lường giám sát thể tích bình này vô cùng cần thiết. Do đó, trong bài báo này nhóm tác giả thực nghiệm cụ thể trên bình nhiêu liệu tổ giữa của xe tăng T54B và thu được bảng số liệu sau.

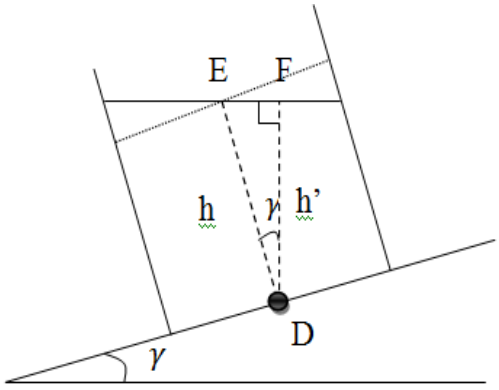
STT	Thể tích V(lít)	Giá trị ADC
1	30	126
2	50	158
3	70	193
4	90	230
5	110	265
6	130	298
7	150	334
8	170	370
9	190	402
10	210	437
11	230	477
12	250	508
13	270	544
14	290	583
15	310	619
16	315	622

Căn cứ vào bảng số liệu này, nhận thấy giá trị thể tích đo được là một đại lượng phụ thuộc tuyến tính theo giá trị ADC, mối quan hệ này gần như tuân theo hàm số bậc nhất:

$$V = 0{,}57 * ADC - 41{,}43 \text{ (lít)} \quad (7)$$

Áp dụng công thức hàm số này, khi hệ thống đọc được giá trị ADC mà cảm biến trả về, sẽ tính được thể tích thực có trong bồn chứa nhiên liệu. Tuy nhiên, trong trường hợp xe tăng cơ

động hoặc dừng đỗ tại vị trí không bằng phẳng, giá trị thể tích này không phải thể tích thực có trong bình. Đó chỉ là giá trị thể tích V' tương ứng với chiều cao cột áp h' được chỉ ra trên hình 9.



Hình 9. *Bình nhiên liệu khi xe tăng bị nghiêng.*

h: Cột áp nhiên liệu trong bình chứa khi xe thăng bằng;

h': Cột cáp nhiên liệu trong bình chứa khi xe bị nghiêng.

Trên hình 9, ΔDEF vuông góc tại F, theo hệ thức lượng trong tam giác vuông ta có:

$$\cos\gamma = \frac{h'}{h} \quad \rightarrow \quad \mathrm{h} = \frac{h'}{\cos\gamma} \qquad (\text{Do } \widehat{EDF} = \gamma)$$

Giá trị ADC mà cảm biến áp suất trả về là một đại lượng tỉ lệ thuận với chiều cao cột áp, do đó nhóm tác giả nhận được:

$$\mathrm{ADC} = \frac{ADC'}{\cos\gamma} = \frac{ADC'}{\sqrt{1-(\sin^2\varphi_x+\sin^2\varphi_y)}} \tag{8}$$

Áp dụng công thức (7) nhóm tác giả nhận được giá trị thể tích nhiên liệu thực có trong bình nhiên liệu.

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM THỰC TẾ

Cung cấp 200 lít nhiên liệu vào bình nhiên liệu tổ giữa, gây ra các vị trí với góc nghiêng khác nhau cho xe tăng. Thể tích nhiên liệu thực có trong bình được đo đạc thông qua hệ thống đo lường theo bảng số liệu sau:

STT	φ_x	φ_y	$\cos\gamma$	V	Sai số
1	4.3	6.3	0.991138	201.78	0.89
2	5.4	9.2	0.982658	203.52	1.76
3	5.1	7.2	0.988136	202.40	1.20
4	4.8	9.3	0.983319	203.39	1.69
5	7.2	9.8	0.977428	204.61	2.31
6	8.9	10.1	0.972299	205.69	2.85
7	9.7	7.5	0.977047	204.69	2.35
8	10.2	2.7	0.983085	203.44	1.72
9	11.6	10.5	0.962513	207.78	3.89
10	12.1	8.8	0.965776	207.08	3.54

Các kết quả nghiên cứu của bài báo được ứng dụng trực tiếp trên 03 xe tăng (02 xe T54B và 01 xe T55) mã hiệu 982, 485 và 083 tại Trường Trung cấp kỹ thuật Tăng thiết giáp/Bộ tư lệnh Tăng thiết giáp. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu hoàn toàn có thể mở rộng ứng dụng trên các xe tăng, xe thiết giáp khác.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về một giải pháp tự động đo thể tích nhiên liệu trên xe tăng thế hệ cũ T54B/T55. Tích hợp cảm biến áp suất và cảm biến đo nghiêng, xây dựng thuật toán tính toán, xử lý tín hiệu nhận được để nâng cao độ chính xác của phép đo thể tích tại mọi vị trí, địa hình khác nhau. Kết quả thử nghiệm thực tế cho thấy, hệ thống đáp ứng tốt các chỉ tiêu kỹ thuật, đồng thời tính thời gian thực tốt hơn so với phương pháp đo bằng thước vạch khắc hiện dùng, mở ra khả năng kết nối tự động với hệ thống điều khiển giám sát các tham số vận hành của xe tăng trong quá trình huấn luyện. Điều này khẳng định tính hiệu quả và tính khả thi trong áp dụng rộng rãi giải pháp vào thực tiễn cải tiến trên xe tăng thế hệ cũ nói riêng và trên các loại phương tiện cơ động nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ban nghiên cứu kỹ thuật, Bộ tư lệnh tăng thiết giáp (1977), "*Cấu tạo và sử dụng xe tăng T54A và T54B tập 1*".
[2]. Trần Văn Đắc (2003), "*Thủy lực đại cương*", NXB Giáo dục.
[3]. Hà Quốc Huy (2021), "*Nghiên cứu, thiết kế chế tạo hệ thống tự động đo và lưu trữ các tham số vận hành của xe tăng*", Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu nhiệm vụ, Cục kỹ thuật, Bộ Tư lệnh Tăng thiết giáp.
[4]. Vũ Quốc Huy, Trần Ngọc Bình, Đỗ Quảng Đại (2013), "*Thuật toán tính góc trục và góc bệ thiết lập cho đài quan sát phòng không cơ động*", Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số 28,12-2013.

ABSTRACT

AN AUTOMATIC SOLUTION
OF FUEL VOLUME MEASUREMENTSTANK T54B/T55

In this paper, a solution to automatically measure the fuel volume on the old generation tank T54B/T55 according to the principle of hydrostatic pressure is presented. The solution is built on the basis of integrating high-precision measuring sensors (pressure sensor, clinometer sensor). After calibration, the solution's measurement ensures better accuracy and real-time, opens the possibility of automatic connection to a supervisory control system tank operating parameters during training.

Keywords: Fuel volume; Pressure sensor; Clinometer sensor.

Nhận bài ngày 14 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: [1]Viện Tự động hóa KTQS/Viện KH-CNQS;
[2]Tạp chí Nghiên cứu KHCN quân sự, Viện KHCN quân sự.
[*]Email: quangdaikt206@gmail.com.