

Nghiên cứu thiết kế hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch có phạm vi đo đến 30 m

Trần Xuân Đạt¹, Tống Công Dũng^{1*}, Lê Xuân Dũng¹, Trần Nam Anh¹,
Vũ Khánh Phan¹, Nguyễn Xuân Thái², Nguyễn Ngọc Danh³

¹Phòng Đo lường Độ dài, Viện Đo lường Việt Nam, 8 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, Hà Nội, Việt Nam

²Phòng Đo lường Dung tích Lưu lượng, Viện Đo lường Việt Nam, 8 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, Hà Nội, Việt Nam

³Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng tỉnh Nghệ An, Km 9+600, Quốc lộ 46, phường Vinh Phú, tỉnh Nghệ An, Việt Nam

Ngày nhận bài 20/5/2025; ngày chuyển phản biện 22/5/2025; ngày nhận phản biện 12/6/2025; ngày chấp nhận đăng 17/6/2025

Tóm tắt:

Để đáp ứng nhu cầu hiệu chuẩn thiết bị đo độ dài lớn như: thước cuộn, thước vạch, thiết bị đo khoảng cách bằng laser... trong các ngành xây dựng, giao thông và công nghiệp, nhóm nghiên cứu đã thiết kế hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch có phạm vi đo đến 30 m sử dụng giao thoa kế laser dẫn xuất từ chuẩn đầu độ dài. Qua nghiên cứu, phân tích các hệ thống chuẩn hiện đang có tại các viện đo lường quốc gia trên thế giới, nhóm nghiên cứu đã đưa ra cấu tạo, nguyên lý và thiết kế hệ thống phù hợp với điều kiện kỹ thuật, kinh tế và hạ tầng trong nước. Đồng thời cũng đảm bảo tính khả thi, hiệu quả và tính ứng dụng cao trong thực tiễn. Hệ thống gồm: giao thoa kế laser, camera, các bộ phận cơ khí, thiết bị đo môi trường và nhiệt độ vật liệu. Hệ thống này sẽ đảm bảo tính liên kết chuẩn cho các thiết bị đo độ dài lớn như thước cuộn, thước vạch, thiết bị đo khoảng cách bằng laser..., đồng thời đáp ứng yêu cầu thực tiễn ngày càng cao của các ngành sản xuất và xây dựng hiện đại.

Từ khóa: giao thoa kế laser, hiệu chuẩn/kiểm định độ dài lớn, hiệu chuẩn thước vạch, kiểm định thước cuộn, phạm vi hiệu chuẩn 30 m.

Chỉ số phân loại: 2.1, 2.3, 2.11

Research and design of a calibration and verification system for tape measures and rulers with a measurement range of up to 30 metres

Xuan Dat Tran¹, Cong Dung Tong^{1*}, Xuan Dung Le¹, Nam Anh Tran¹,
Khanh Phan Vu¹, Xuan Thai Nguyen², Ngoc Danh Nguyen³

¹Laboratory of Length, Vietnam Metrology Institute, 8 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Hanoi, Vietnam

²Laboratory of Volume and Flow, Vietnam Metrology Institute, 8 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Hanoi, Vietnam

³Nghe An Provincial Centre Technical for Standards, Metrology and Quality, Km 9+600, National Highway 46, Vinh Phu Ward, Nghe An Province, Vietnam

Received 20 May 2025; revised 12 June 2025; accepted 17 June 2025

Abstract:

To meet the demand for calibrating large-length measuring instruments, such as tape measures, rulers, and laser distance meters, in the construction, transportation, and industrial sectors, the research team has designed a calibration system with a measuring range of up to 30 metres using a laser interferometer derived from the primary length standard. Based on the research and analysis of standard systems currently in use at national metrology institutes around the world, the study proposes a system structure, operating principle, and design aligned with the technical, economic, and infrastructural conditions in Vietnam. Also, the system ensures feasibility, efficiency, and high applicability in practical use. The system includes a laser interferometer, a camera, mechanical components, and instruments for measuring environmental conditions and material temperature. This system ensures metrological traceability for large-length measuring instruments, including tape measures, line scales, and laser distance meters, while also meeting the growing practical demands of modern manufacturing and construction industries.

Keywords: laser interferometer, large-length calibration and verification, ruler calibration, tape measure verification, 30-metre calibration range.

Classification numbers: 2.1, 2.3, 2.11

*Tác giả liên hệ: Email: dungtc@vmi.gov.vn

1. Đặt vấn đề

Hiện nay nhu cầu hiệu chuẩn/kiểm định, đảm bảo độ chính xác cho các chuẩn, phương tiện đo độ dài để đáp ứng yêu cầu của các cơ sở chế tạo, doanh nghiệp, nhà máy sản xuất và nghiên cứu khoa học ngày càng trở nên cấp thiết. Các loại thước cuộn, thước vạch được mua bán và sử dụng rất nhiều trong các ngành xây dựng, giao thông, cơ khí, dầu khí... Theo Thông tư số 03/2024/TT-BKHCN ngày 15/4/2024 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ, thước cuộn là phương tiện đo nhóm 2 nên phải thực hiện kiểm định theo quy trình ĐLVN 36:2009 trước khi đưa vào sử dụng [1]. Ở nước ta, hầu hết các tổ chức, đơn vị cung cấp dịch vụ hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch đang sử dụng thước vạch chuẩn có phạm vi đo đến 1 m (phương pháp đo truyền thống) để hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch và chưa có đơn vị nào nghiên cứu về hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước vạch, thước cuộn có phạm vi đo đến 30 m. Để đáp ứng nhu cầu hiệu chuẩn chuẩn đo lường các loại thước vạch chuẩn, thước cuộn chuẩn, Phòng Đo lường Độ dài, Viện Đo lường Việt Nam đã sử dụng máy đo độ dài sử dụng giao thoa kế laser có phạm vi đo đến 3 m phù hợp theo quy trình ĐLVN 283:2015 [2] và ĐLVN 266:2020 [3]. Máy đo độ dài 3 m sử dụng giao thoa kế laser có cấu tạo gồm nguồn laser HP 5519A, hệ gương đo tuyến tính, băng máy có phạm vi làm việc đến 3 m, camera, các cụm đồ gá thước và phần mềm trong máy tính như hình 1. Tuy nhiên, do chuẩn còn hạn chế về phạm vi đo nên đối với thước cuộn, thước vạch có phạm vi đo lớn đến hàng chục mét thì phải thực hiện việc thay đổi gá đặt và căn chỉnh lại rồi tiến hành đo cộng dồn sai số ở vị trí tiếp theo. Điều này sẽ ảnh hưởng đến phép đo do các sai số cosin, Abbe, độ ổn định của tia laser, sự biến thiên nhiệt độ, làm mất nhiều thời gian và có nguy cơ gây nhầm lẫn trong quá trình đo.

Vì vậy, cần có một hệ thống chuẩn đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật về phạm vi đo, độ chính xác có thể đo được toàn bộ phạm vi đo của thước cuộn, thước vạch trong ít lần gá đặt nhất. Do đó, nhóm nghiên cứu đã thực hiện nghiên cứu thiết kế hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước vạch, thước cuộn phạm vi đo đến 30 m với mục đích giải quyết bài toán hiệu chuẩn/kiểm định các loại thước cuộn, thước vạch có phạm vi đo lớn đến 30 m bằng phương pháp đo từng vị trí trên thước trong một lần gá đặt thước. Hệ thống có phạm vi đo đến 30 m vẫn đáp ứng được các thước

cuộn có phạm vi đo lớn hơn 30 m như 50 hay 100 m bằng cách thay đổi từ 2 đến 4 lần gá đặt để có thể đo hết phạm vi của thước. Sai số do việc gá đặt thước sẽ ít hơn so với việc gá đặt rất nhiều lần khi sử dụng thước vạch chuẩn (phạm vi đo đến 1 m) hoặc máy đo độ dài sử dụng giao thoa kế laser (phạm vi đo đến 3 m). Hơn nữa, chi phí sản xuất hệ thống chuẩn có phạm vi đo đến 30 m sẽ nhỏ hơn nhiều so với các hệ thống chuẩn có phạm vi đo đến 50 hoặc 100 m.

2. Nghiên cứu thiết kế cơ khí hệ thống chuẩn

2.1. Cấu tạo của hệ thống chuẩn

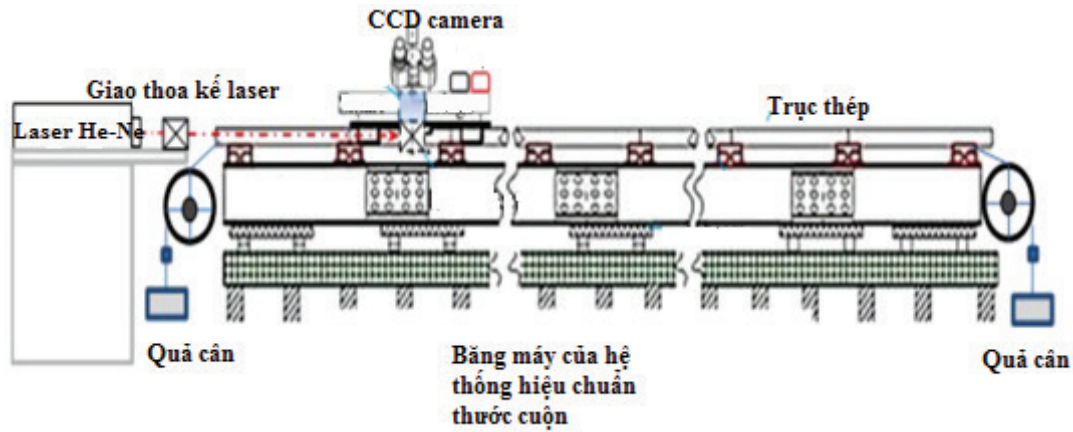
Hiện nay, các loại thước cuộn, thước vạch có phạm vi đo lớn đến hàng chục mét đang được sử dụng ngày càng nhiều. Điều này yêu cầu hệ thống chuẩn cũng phải có phạm vi đo tương ứng đến hàng chục mét. Qua tìm hiểu, nghiên cứu, hiện nay các viện đo lường quốc gia (NMIs) trên thế giới đã nghiên cứu phát triển hệ thống chuẩn để hiệu chuẩn thước cuộn, thước vạch. Ở Thái Lan, bộ phận dịch vụ khoa học (DSS) đã nghiên cứu, chế tạo hệ thống hiệu chuẩn thước cuộn có phạm vi đến 50 m sử dụng giao thoa kế laser [4] có cấu trúc thiết kế như hình 2.

Hệ thống đo giao thoa kế laser 50 m dùng để hiệu chuẩn các loại thước cuộn chuẩn và các máy đo độ dài lớn như máy đo xa laser, máy đo quét laser... được nghiên cứu bởi Viện Đo lường Quốc gia Hàn Quốc (KRISS) [5] có cấu tạo như hình 3.

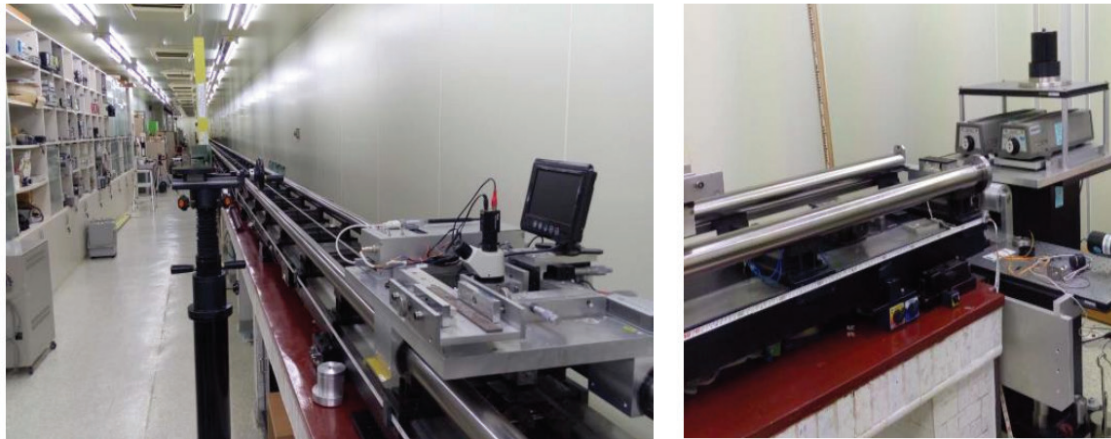
Qua nghiên cứu, phân tích các hệ thống chuẩn sử dụng giao thoa kế laser ở một số nước như Thái Lan, Hàn Quốc



Hình 1. Máy đo độ dài 3 m sử dụng giao thoa kế laser.



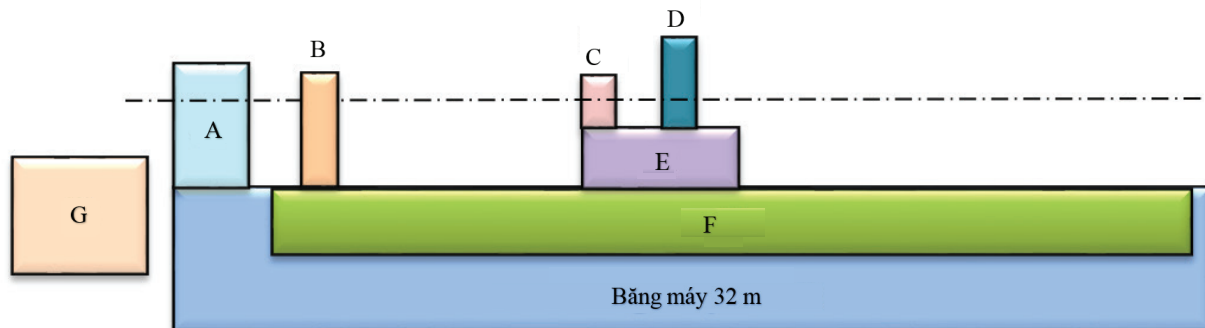
Hình 2. Cấu trúc thiết kế của hệ thống hiệu chuẩn thước cuộn của DSS [4].



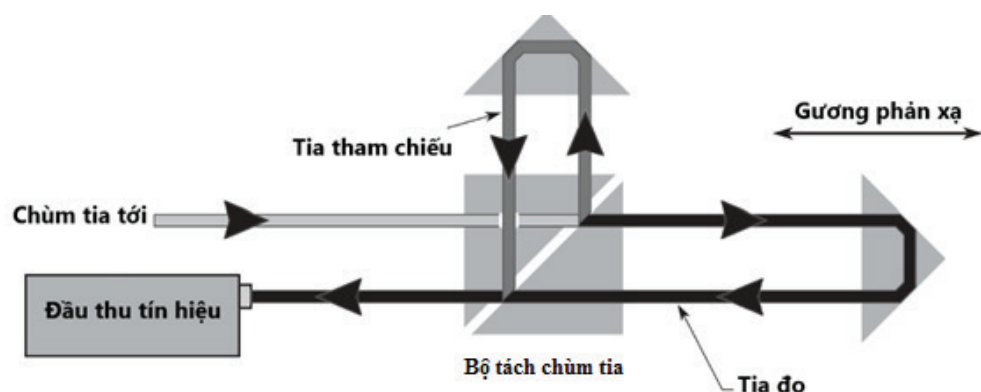
Hình 3. Hệ thống đo giao thoa kế laser 50 m của Viện Đo lường Quốc gia Hàn Quốc [5].

và cũng từ máy đo độ dài 3 m sử dụng giao thoa kế laser (hình 1), nhóm nghiên cứu đã đưa ra cấu tạo hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước vạch, thước cuộn có phạm vi đo đến 30 m. Hệ thống gồm: giao thoa kế laser (nguồn laser He-Ne ổn định tần số bằng I-ốt, hệ gương đo tuyến tính); hệ thống cơ khí gồm có: băng máy 32 m có phạm vi làm việc

đến 30 m, cụm bàn dịch chuyển, các cụm đồ gá thước cuộn, thước vạch; camera; thiết bị đo nhiệt độ vật liệu và thông số môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, áp suất khí quyển). Các thiết bị được kết nối với máy tính và gửi dữ liệu về phần mềm đo và xử lý số liệu. Sơ đồ khối của hệ thống được thể hiện như hình 4. Hệ thống sử dụng giao thoa kế laser có sơ đồ quang



Hình 4. Sơ đồ khối của hệ thống. A: nguồn laser He-Ne; B: gương tách tia; C: gương phản xạ; D: camera; E: cụm bàn dịch chuyển; F: thước và các cụm đồ gá thước; G: máy tính.



Hình 5. Sơ đồ quang học của hệ thống.

học như hình 5 với chùm tia tới xuất phát từ nguồn laser He-Ne đi qua hệ gương đo tuyến tính và tia đo sẽ đi về đầu thu tín hiệu. Qua bộ xử lý tín hiệu, phần mềm đo hiển thị ra quãng đường dịch chuyển của gương phản xạ di động hay chính là khoảng cách đo được. Việc sử dụng giao thoa kế laser hoàn toàn có thể đo được các khoảng cách lớn, nhưng cần phải có một hệ băng máy có phạm vi làm việc lớn và đảm bảo độ thẳng, để khi gương phản xạ chạy trên toàn bộ chiều dài băng vẫn đảm bảo đường truyền tia laser tốt. Như vậy, hệ băng máy được thiết kế, chế tạo có phạm vi làm việc đến 30 m sẽ hoàn toàn phù hợp để gá lắp các loại thước cuộn đến hàng chục mét và có thể đến 100 m.

2.2. Thiết kế cơ khí

2.2.1. Băng máy 32 m

Trong quá trình nghiên cứu các băng máy của các hệ thống chuẩn, tuy các sai số Abbe, sai số cosin được xác định trong quá trình thực nghiệm, nhưng khi thiết kế ray dẫn hướng, các nhà nghiên cứu đều tuân theo nguyên lý Abbe và tính đến việc làm sao để độ không thẳng của ray dẫn hướng phải càng nhỏ càng tốt. Quá trình nghiên cứu cho thấy, việc lựa chọn ray dẫn hướng cho băng máy là rất quan trọng. Đối với các thiết bị hay đồ gá được lắp đặt lên băng máy không gây ra tải trọng lớn, việc chọn ray dẫn hướng cần đảm bảo độ ổn định lâu dài. Hệ thống chuẩn 50 m của DSS và KRISS đều sử dụng ray dẫn hướng tròn. Với hệ thống của DSS, đường kính trục tròn là 40 mm [4] trong khi hệ thống của KRISS là 60 mm [5]. Việc lựa chọn ray dẫn hướng có đường kính lớn sẽ đảm bảo được độ ổn định lâu hơn. Tuy nhiên, việc sử dụng các ray dẫn hướng tròn có chiều dài lớn sẽ có nhược điểm là dễ bị võng và cong theo thời gian gây ảnh hưởng trực tiếp đến độ thẳng của ray. Do đó, nhóm nghiên

cứu đã lựa chọn ray dẫn hướng tròn có để như có ưu điểm là độ võng ít hơn so với ray dẫn hướng tròn có cùng đường kính. Ray dẫn hướng tròn có để kết hợp với cụm ổ trượt bi khuyết sẽ tạo nên một hệ thống dẫn hướng có độ chính xác cao, với khả năng chịu tải lớn, khả năng chuyển động trơn tru, linh hoạt với lực ma sát tạo ra không đáng kể. Hơn nữa, ray dẫn hướng tròn có để được mạ một lớp crom bên ngoài sẽ tạo ra khả năng chống mài mòn hiệu quả. Mặc dù ray dẫn hướng tròn có để có những ưu điểm, nhưng về kích thước, loại ray này cũng phải được lựa chọn phù hợp với kinh phí đầu tư, mà vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Do đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn ray dẫn hướng tròn có để với các đặc tính kỹ thuật theo bảng 1 và hình 6.

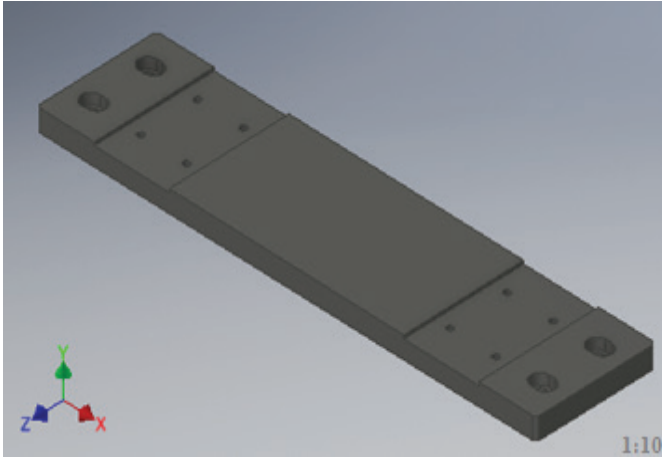
Bảng 1. Đặc trưng kỹ thuật của ray dẫn hướng tròn có để.

STT	Đặc trưng kỹ thuật
1	Đường kính: 40 mm
2	Độ cứng: HRC58±2
3	Độ thẳng: ≤0,005 mm/100 mm
4	Vật liệu: thép, mạ crom



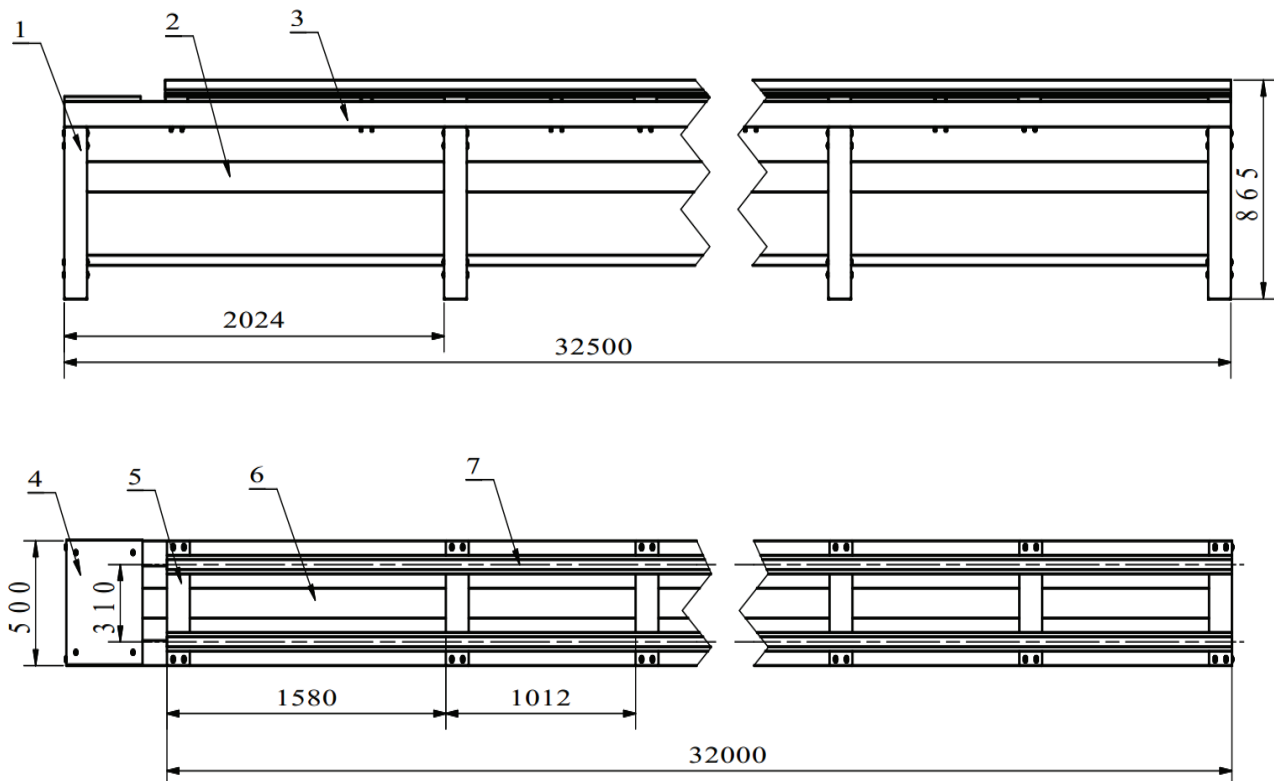
Hình 6. Ray dẫn hướng tròn có để và cụm ổ trượt bi.

Trên thị trường, một thanh ray dẫn hướng tròn có thể có chiều dài 4 m. Như vậy, sử dụng 4 thanh ray sẽ tạo nên mô đun 8 m. Các thanh ray được đỡ bởi các tấm đỡ ray tinh chỉnh (kích thước 500x120x20 mm) có thể điều chỉnh độ thẳng và độ song song của ray dẫn hướng trong quá trình lắp đặt, tấm đỡ ray được thiết kế như hình 7 và được chế tạo bằng vật liệu thép CT3.



Hình 7. Tấm đỡ ray tinh chỉnh.

Băng máy có cấu tạo gồm 2 ray dẫn hướng (chi tiết số 7) có chiều dài 32 m, đủ phạm vi làm việc đến 30 m khi lắp cụm bàn dịch chuyển; 32 tấm đỡ ray tinh chỉnh với 1 tấm đỡ ở đầu ray dẫn hướng, các tấm đỡ còn lại được bố trí cách đều nhau 1012 mm dọc theo chiều dài ray dẫn hướng; hai ray thép hộp đỡ các tấm đỡ ray tinh chỉnh có chiều dài 32,5 m để có thể gá đặt nguồn laser và đồ gá lên bàn gá (chi tiết số 4). Trên toàn bộ chiều dài băng máy sẽ có 17 cụm trụ đứng chân đỡ được bố trí cách đều nhau 2024 mm và được liên kết với nhau bằng các thanh liên kết trên và dưới. Hơn nữa, mỗi cụm trụ đứng chân đỡ sẽ được liên kết với một bộ bê tông bằng mối ghép bu lông đai ốc, đảm bảo sự chắc chắn và độ cứng vững của băng máy. Do băng máy dài nên trong quá trình lắp đặt, nhóm nghiên cứu sử dụng máy cân bằng laser, đồng hồ rà để chỉnh thô và ni vô điện tử để chỉnh tinh độ thẳng của ray dẫn hướng, đảm bảo cho đầu thu tín hiệu laser phải thu được tối thiểu 70% tia laser để xử lý dữ liệu đo. Đường kính tia laser là 6 mm, độ lệch tia laser lớn nhất trong phạm vi làm việc của băng máy là 1,8 mm. Để đảm bảo cho độ thẳng của tia laser và giảm thiểu các sai số



Hình 8. Cấu tạo Băng máy 32 m. 1: cụm trụ đứng chân đỡ; 2: thanh liên kết trên; 3: thép hộp; 4: bàn gá; 5: tấm đỡ ray tinh chỉnh; 6: thanh liên kết dưới; 7: thanh ray trượt tròn có đế.

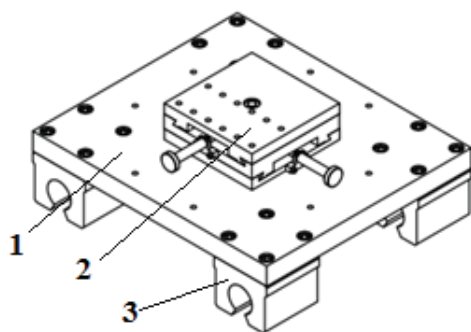
cosin, sai số Abbe lấy hệ số an toàn là 3 thì yêu cầu kỹ thuật về độ thẳng của ray dẫn hướng sau khi căn chỉnh phải đạt $\Delta \leq 0,6$ mm. Cấu tạo của băng máy 32 m được thể hiện trên hình 8.

2.2.2. Cụm bàn dịch chuyển

Cụm bàn dịch chuyển là một bộ phận trong hệ thống, có chức năng thực hiện dịch chuyển thô trên ray dẫn hướng của băng máy và thực hiện dịch chuyển tinh để đưa gương phản xạ, camera đến đúng vị trí cần đo trên thước cuộn/thước vạch. Để đáp ứng chức năng này, khi nghiên cứu thiết kế cụm bàn dịch chuyển phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Dịch chuyển thô trên toàn bộ phạm vi làm việc của băng máy.

- Phạm vi dịch chuyển tinh hai trục x, y: 120 mm (phạm vi này được lựa chọn phù hợp, do trong quá trình đo sau khi dịch chuyển thô cụm bàn dịch chuyển cần tiến hành điều chỉnh tinh vị trí của gương phản xạ và camera đến đúng vị trí cần đo, nên trong lúc điều chỉnh tinh sẽ có một khoảng thời gian cho tia laser và môi trường đo xung quanh ổn định).



Hình 9. Cụm bàn dịch chuyển. 1: bàn máy; 2: cụm dịch chuyển; 3: cụm ổ trượt bi.

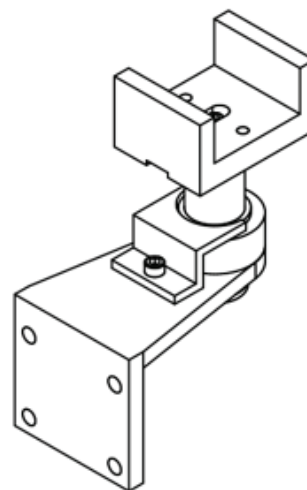
Qua nghiên cứu, cụm bàn dịch chuyển được thiết kế phù hợp với ray dẫn hướng của băng máy 32 m, có cấu tạo như hình 9. Cụm dịch chuyển thực hiện dịch chuyển tinh theo 2 trục x, y, có phạm vi dịch chuyển đến 120 mm và dùng để gá đặt cụm đồ gá giữ camera.

2.2.3. Hệ thống đồ gá thước cuộn, thước vạch

Hệ thống đồ gá thước cuộn, thước vạch thực hiện chức năng kẹp giữ đầu thước, đỡ thân thước, điều chỉnh độ cao và độ thẳng thước, kéo căng thước bằng việc treo quả cân.

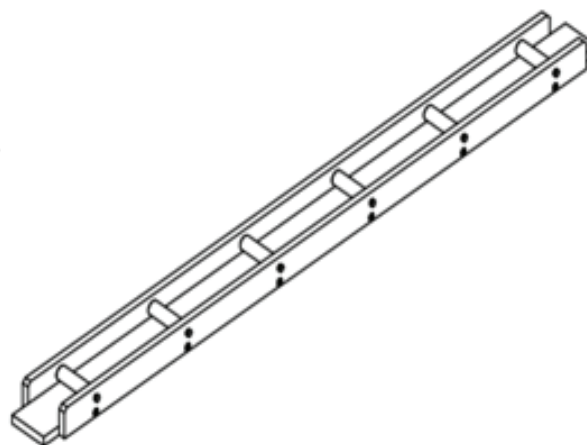
Ngoài ra, đối với thước cuộn có phạm vi đo lớn hơn 30 m, cần có một cụm đồ gá cuốn đoạn dây thước 30 m để có thể tiến hành đo các vị trí đo lớn hơn 30 m. Như vậy, hệ thống đồ gá thước cuộn, thước vạch sẽ bao gồm các bộ phận sau:

Cụm đồ gá chỉnh cân bằng thước: Được gá đặt dọc theo chiều dài Băng máy, đỡ các thanh dẫn hướng và điều chỉnh từng vị trí của thước lên đúng khoảng lấy nét của camera. Cụm đồ gá chỉnh cân bằng thước được thiết kế có cấu tạo như hình 10, với phạm vi dịch chuyển theo phương thẳng đứng 40 mm.



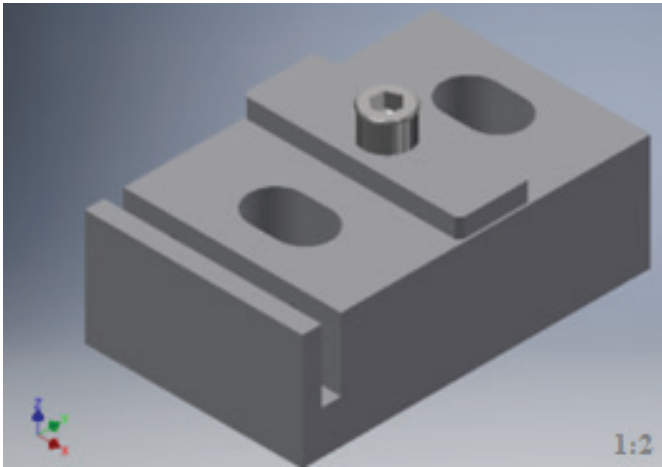
Hình 10. Cụm đồ gá chỉnh cân bằng thước.

Thanh dẫn hướng có con lăn: Được sử dụng để đỡ thước cuộn, thước vạch tránh hiện tượng dây thước bị võng, trùng. Các thanh dẫn hướng được đặt giữa các cụm đồ gá chỉnh cân bằng thước, với phạm vi đo đến 30 m sẽ cần gá đặt 31 thanh dẫn hướng 1 m có cấu tạo như hình 11.

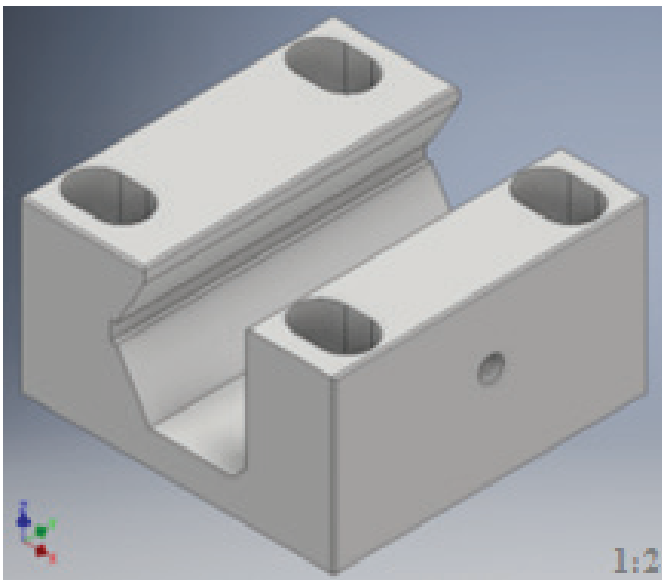


Hình 11. Thanh dẫn hướng có con lăn.

Cụm đồ gá kẹp và giữ thước: Thực hiện công việc kẹp đầu thước và giữ chắc vị trí đầu của thước, hoặc vị trí bất kỳ trên thước cuộn khi thước cuộn có phạm vi đo lớn hơn 30 m. Với hai loại thước cuộn thường và thước cuộn quả dọi được sử dụng phổ biến trên thị trường, nhóm nghiên cứu đưa ra thiết kế cụm đồ gá kẹp và giữ thước dùng cho thước cuộn thường như hình 12 và để kẹp quả dọi như hình 13, được chế tạo bằng thép CT3.



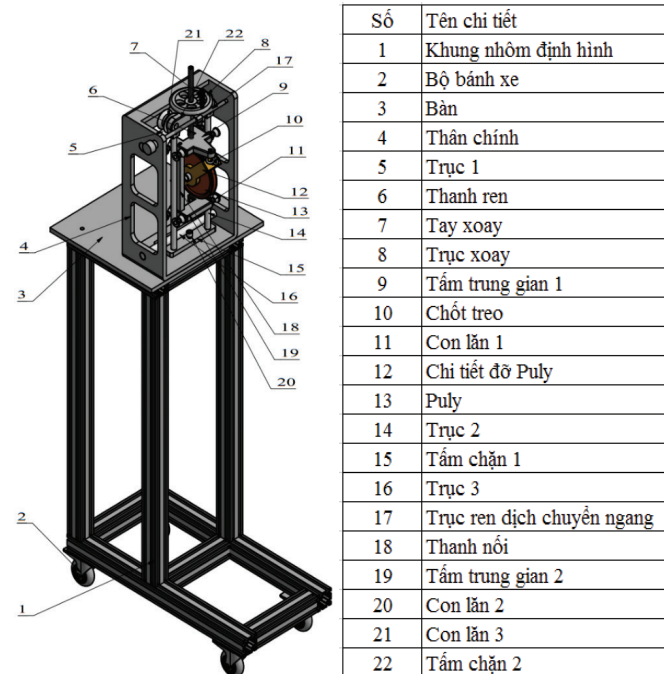
Hình 12. Cụm đồ gá dùng cho thước cuộn thường.



Hình 13. Để kẹp quả dọi.

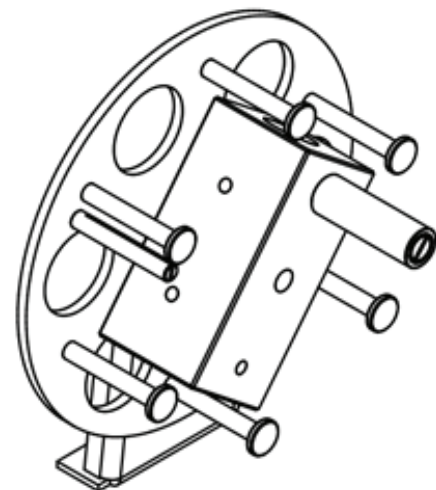
Cụm đồ gá treo quả cân: Được sử dụng để thực hiện treo quả cân kéo căng thước cuộn, thực hiện điều chỉnh độ cao của thước cuộn theo phương thẳng đứng và độ thẳng thước theo phương dọc theo chiều dài băng máy. Cụm đồ gá treo quả cân được thiết kế đáp ứng yêu cầu treo quả cân 10 kg và

thực hiện dịch chuyển 40 mm theo phương thẳng đứng, 40 mm theo phương ngang. Cấu tạo chi tiết của cụm đồ gá treo quả cân được thể hiện như hình 14.



Hình 14. Cụm đồ gá treo quả cân.

Cụm đồ gá cuộn thước: Thực hiện công việc cuộn thước cuộn trong trường hợp thước cuộn có phạm vi đo lớn hơn 30 m. Cụm đồ gá cuộn thước có vị trí kẹp đầu thước cuộn thường và vị trí kẹp quả dọi của thước cuộn quả dọi. Dây thước cuộn sẽ được cuộn quanh các chốt trụ trên đĩa quay quanh tâm như hình 15.



Hình 15. Cụm đồ gá cuộn thước.



Hình 16. Hệ thống thiết bị hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch.

Hệ thống chuẩn được tích hợp các thiết bị đo và các bộ phận cơ khí như hình 16 có phạm vi đo đến 30 m, đáp ứng yêu cầu hiệu chuẩn/kiểm định thước vạch, thước cuộn có phạm vi đo lớn.

3. Kết luận

Dựa trên quá trình nghiên cứu các hệ thống chuẩn sử dụng giao thoa kế laser trong hiệu chuẩn các phương tiện đo độ dài lớn như thước cuộn, thước vạch, nhóm thực hiện đã nghiên cứu đưa ra cấu tạo, hoàn thiện thiết kế cơ khí của hệ thống (hình 16). Hệ thống chuẩn có phạm vi đo đến 30 m sử dụng giao thoa kế laser được dẫn xuất trực tiếp từ chuẩn đầu quốc gia - một trong những chuẩn có độ ổn định và độ tin cậy hàng đầu hiện nay trong đo lường độ dài. Do đó, việc hiệu chuẩn/kiểm định thước cuộn, thước vạch trên Hệ thống chuẩn này sẽ khắc phục được những hạn chế của phương pháp đo truyền thống, giúp nâng cao độ chính xác của phép đo. Đồng thời hệ thống chuẩn cũng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tính dẫn xuất chuẩn từ chuẩn quốc gia tới các phương tiện đo độ dài lớn như thước cuộn, thước vạch, thiết bị đo khoảng cách bằng laser... Qua đó thể hiện tính chủ động nghiên cứu thiết kế, chế tạo trong nước,

đồng nghĩa với việc làm chủ công nghệ, tăng tính linh hoạt trong vận hành và bảo trì, bảo dưỡng, góp phần tiết kiệm chi phí đầu tư so với các giải pháp nhập khẩu hệ thống chuẩn từ nước ngoài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] General Department of Standards, Metrology and Quality (2009), *DLVN 36:2009, Measuring Tapes - Verification Procedure* (in Vietnamese).
- [2] General Department of Standards, Metrology and Quality (2015), *DLVN 283:2015, Standard Scales - Calibration Procedure* (in Vietnamese).
- [3] General Department of Standards, Metrology and Quality (2020), *DLVN 266:2020, Standard Measuring Tapes - Calibration Procedure* (in Vietnamese).
- [4] W. Chinchusak, V. Tipsuwanporn (2018), "Investigation of yaw errors in measuring tape calibration system", *Measurement*, **125**, pp.142-150, DOI: 10.1016/j.measurement.2018.04.053.
- [5] J.W. Kim, D.Y. Jeong, H.S. Suh, et al. (2008), "A 50 m laser interferometer for automatic calibration of surveying tapes using wireless communication", *Measurement Science and Technology*, **19**(1), pp.305-340, DOI: 10.1088/0957-0233/19/1/017003.