

NGHIÊN CỨU TỰ ĐỘNG HÓA KIỂM ĐỊNH ĐẦU PHUN CHỮA CHÁY PART 1 – NGHIÊN CỨU TIÊU CHÍ KIỂM ĐỊNH THEO TCVN 6350-1:2007

STUDY ON AUTOMATION OF SPRINKLER TESTING SYSTEM PART 1 – STUDY ON ASSESSMENT CRITERIA OF TCVN 6350-1:2007

Nguyễn Hữu Nhân¹, Phan Hoàng Long^{1,2,3}, Dương Văn Tú^{1,2,3},
Nguyễn Huy Hùng⁴, Nguyễn Tấn Tiến^{1,2,3}

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Trường Đại học Sài Gòn

TÓM TẮT

Để có thể lưu hành trên thị trường, đầu phun chữa cháy phải được kiểm định theo quy định. Nghiên cứu đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm định giúp giảm sai sót, tăng tính đồng nhất và nâng cao hiệu quả kiểm định. Bài báo gồm hai phần: Phần 1 trình bày nghiên cứu các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy làm cơ sở cho việc đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm nghiệm trong Phần 2. Bài báo tập trung việc lượng hóa các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy theo TCVN 6305-1: 2007 và các tiêu chuẩn liên quan.

Từ khóa: Đầu phun; Kiểm định; Tự động hóa; Phòng cháy chữa cháy (PCCC).

ABSTRACT

Fire sprinklers should be thoroughly tested by regulations before being made available on the market. To make the inspection process more efficient, it is worth researching and proposing automation solutions. This article will focus on the criteria for testing fire sprinklers and suggest ways to automate the process. Part 1 will study the criteria for fire sprinkler testing, while Part 2 will propose solutions for automating the inspection process. We will be using the criteria outlined in TCVN 6305-1: 2007 and related standards to guide our discussions.

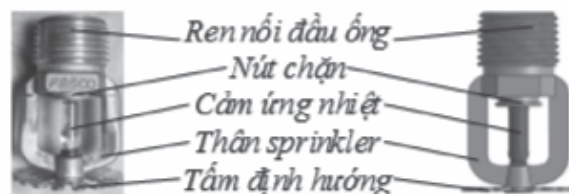
Keywords: Sprinkler; Testing equipment; Automation; Fire protection.

1. TỔNG QUAN

Việc kiểm định chất lượng trước khi đưa ra thị trường là yêu cầu bắt buộc của các sản phẩm phục vụ PCCC. Tự động hóa quy trình kiểm định đối với các thiết bị PCCC giúp giảm sai sót, tăng tính đồng nhất và nâng cao hiệu quả kiểm định. Ở Việt Nam hiện nay, việc tự động hóa cũng như nghiên cứu về tự động hóa quy trình kiểm định là chưa được quan tâm đúng mức. Trước tình hình này, DCSELab – Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống đã xem việc tự động hóa quy trình kiểm định các thiết bị PCCC là một trong các ưu tiên nghiên cứu tại Lab. Một số giải pháp đã được triển khai và ứng dụng trong thực tế như: Tự động hóa lò đốt kiểm định vật liệu chống cháy [4], [7], [8], [9]; Thiết kế hệ thống kiểm định vòi chữa cháy [3],... Ngoài ra, DCSELab đang tiến hành thiết kế và thực nghiệm một số hệ thống như: thiết kế robot kiểm định bình chữa cháy [5], [6],... Để thực hiện việc tự động hóa quy trình kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy, trước hết, tác giả lượng hóa các bước của phép thử trong QCVN 03: 2021/BCA và TCVN 6305-1:2007 (gồm 19 tiêu chí). Tiếp theo, các bước trong các tiêu chí được sắp xếp theo trình tự phù hợp cho việc tự động hóa kiểm định các tiêu chí tương ứng. Sau đó, đề xuất phương án kết hợp các tiêu chí theo nhóm chức năng liên quan, phù hợp cho việc tự động hóa trên cùng một máy. Cuối cùng, dựa vào các nhóm tiêu chí đã kết hợp, thiết kế, chế tạo máy kiểm định. Bài báo này trình bày tổng quan về sprinkler và lượng hóa các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy theo TCVN 6305-1:2007.

Đầu phun chữa cháy (sprinkler) là cơ cấu được thiết kế để kích hoạt ở một nhiệt độ xác định. Sau khi được kích hoạt, đầu phun chữa cháy sẽ xả một luồng nước và phân bố

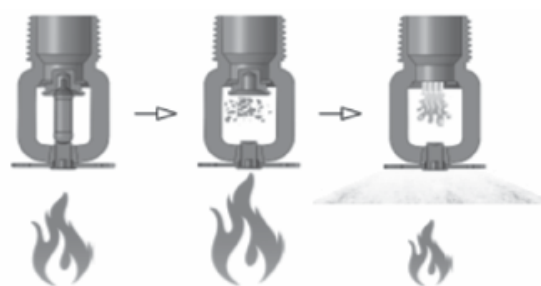
luồng nước đó theo một đặc tuyến và lưu lượng được thiết kế trước.



Hình 1. Cấu tạo đầu phun chữa cháy.

Nguyên lý hoạt động: khi ở trạng thái bình thường, bộ phận cảm ứng nhiệt sẽ giữ cho nút chặn không bị rơi ra. Khi nhiệt độ môi trường đạt đến nhiệt độ làm việc của sprinkler (nhiệt độ làm vỡ bầu thủy tinh hoặc nhiệt độ làm chảy mối hàn của phần tử nóng chảy), bộ phận cảm ứng nhiệt của sprinkler sẽ rơi ra, từ đó nút chặn được giải phóng và cho phép nước phun ra.

Sprinkler được phân loại theo: 1. Đường kính miệng phun: $\phi 10$; $\phi 15$; và $\phi 20$ [1]; 2. Phần tử cảm ứng nhiệt: bầu thủy tinh và phần tử nóng chảy; 3. Hướng lắp đặt: hướng xuống, hướng lên, sprinkler bên vách; 4. Tốc độ phản ứng đối với nhiệt: tiêu chuẩn, nhanh, đặc biệt.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động của sprinkler

2. TIÊU CHUẨN KIỂM ĐỊNH SPRINKLER

QCVN 03:2021/BCA [2] đưa ra 19 yêu cầu và phương pháp thử đối với sprinkler dựa theo TCVN 6305-1:2007.



2.1. Sơ bộ

Gồm hai bài kiểm tra: 1. Tính ổn định; 2. Khả năng lắp ráp. Đối với bài kiểm tra thứ 2, sprinkler phải được thử tháo lắp bằng tay và tháo lắp bằng dụng cụ tháo chuyên dụng.

2.2. Trục quan

Gồm ba nội dung: 1. Ghi nhãn; 2. Sự phù hợp với bản vẽ; 3. Khuyết tật nhận thấy được bằng mắt. Nội dung của nhãn được nêu ở mục 8 của tiêu chuẩn [1].

2.3. Độ bền thân và tải trọng làm việc

Yêu cầu:

Dụng cụ đo chiều dài có độ chính xác 0,01mm. Độ giãn dài của sprinkler không được $\geq 0,2\%$ chiều dài thân sprinkler trước khi kiểm nghiệm.

Quy trình:

Bước 1: Đo chiều dài của thân sprinkler trước khi lắp sprinkler vào máy.

Bước 2: Cấp áp suất thủy tĩnh 12bar tại cửa nạp của sprinkler.

Bước 3: Đo chiều dài của sprinkler.

Bước 4: Giảm áp suất về 0bar và tháo phần tử cảm ứng nhiệt của sprinkler ra.

Bước 5: Đo chiều dài của sprinkler.

Bước 6: Tăng tải trọng cơ học $\leq 500\text{N/min}$ đến khi sprinkler đạt chiều dài như khi đặt áp suất 12bar, ghi lại tải trọng cơ học (làm việc).

Bước 7: Tiếp tục tăng tải $\leq 500\text{N/min}$ đến hai lần tải trọng làm việc quy định, duy trì $15 \pm 5\text{s}$.

Bước 8: Tháo sprinkler khỏi máy kiểm nghiệm và đo độ dài của sprinkler.

2.4. Khả năng chống rò, độ bền thủy tĩnh

Yêu cầu:

Khi tăng, giảm và duy trì áp suất, không được có bất cứ dấu hiệu rò rỉ nào xuất hiện và sprinkler không bị phá hủy.

Quy trình:

Bước 1: Loại bỏ hết bọt khí trong sprinkler và đường ống.

Bước 2: Lắp 20 sprinklers, tăng áp suất nước 1bar/s đến 30bar, duy trì 3min.

Bước 3: Giảm áp suất 1bar/s về 0bar.

Bước 4: Tăng áp suất 0,1bar/s đến 0,5bar, duy trì 15s.

Bước 5: Tăng áp suất 0,1bar/s đến 10bar, duy trì 15s.

Bước 6: Tăng áp suất 20bar/min đến 48bar, duy trì 1min.

Bước 7: Giảm áp suất 20bar/min về 0 và tháo sprinkler.

2.5. Chức năng

Yêu cầu:

Mỗi 8 sprinklers được lắp vào một vị trí áp suất, với 3 mức: 0,35, 3,5 và 12bar. Sau 60s, tại bất kỳ vị trí áp suất nào, các mảnh vỡ của phần tử cảm ứng nhiệt vẫn vướng lại và cản trở sự phân bố nước của cánh hướng dòng thì phải tiến hành thử lại thêm 3 lần nữa tại vị trí áp suất đó và tổng số sprinkler không thỏa không > 1 sprinkler.

Quy trình:

Bước 1: Lắp 24 sprinklers vào lò nung, tăng áp suất tại các vị trí lên áp suất chỉ định (mỗi vị trí 8 sprinklers).

Bước 2: Tăng và ghi lại nhiệt độ lò nung $400 \pm 20^{\circ}\text{C}$ trong 3min (tiếp tục tăng nhiệt độ với cùng độ tăng tốc độ đối với sprinkler vận hành $\geq 420^{\circ}\text{C}$).

Bước 3: Tiếp tục thực hiện các bài thử về lưu lượng, phân bố nước cho các sprinkler đã vận hành khi nung trong lò.

2.6. Nhiệt độ làm việc

Thiết bị:

Bê thử theo TCVN 6305-1:2007.

Yêu cầu:

Yêu cầu về chất lỏng thử: Nước đã khử chất khoáng đối với sprinkler có nhiệt độ làm việc $\leq 80^{\circ}\text{C}$; hoặc Dầu thực vật, glycerin hoặc dầu tổng hợp nếu sprinkler có nhiệt độ làm việc cao hơn.

Nhiệt kế có độ chính xác $\pm 0,25\%$. Sprinkler phải vận hành trong khoảng:

$$I \pm (0,35I + 0,62) \quad (1)$$

Với: I là nhiệt độ làm việc danh nghĩa, $^{\circ}\text{C}$, được quy định theo Bảng 2.

Bảng 1. Bảng nhiệt độ làm việc danh nghĩa

Sprinkler có bầu thủy tinh	
I, $^{\circ}\text{C}$	Màu bầu thủy tinh
57	Da cam
68	Đỏ
79	Vàng
93, 107	Xanh lá cây
121, 141	Xanh da trời
163	Hoa cà
182, 204, 227, 260, 343	Đen

Sprinkler có phần tử dễ chảy	
I, $^{\circ}\text{C}$	Màu phần tử dễ chảy
57 ÷ 77	Không sơn màu
80 ÷ 107	Trắng
121 ÷ 149	Xanh da trời
163 ÷ 191	Đỏ
204 ÷ 246	Xanh lá cây
260 ÷ 302, 320 ÷ 343	Da cam

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào bể chất lỏng.

Bước 2: Chuẩn bị, đổ chất lỏng vào bể.

Bước 3: Tăng nhiệt độ trong bể $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến mức thấp hơn nhiệt độ làm việc $20 \div 22^{\circ}\text{C}$.

Bước 4: Duy trì nhiệt độ 10min.

Bước 5: Tăng nhiệt $0,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến khi sprinkler vận hành. Ghi lại nhiệt độ vận hành.

2.7. Khả năng bầu thủy tinh chịu nhiệt

Yêu cầu:

Chất lỏng thử như mục 2.6. Bầu thủy tinh không được vỡ sau khi trải qua bài test. Phép thử được thực hiện bốn lần cho từng sprinkler.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinklers vào bể thử.

Bước 2: Chuẩn bị, đổ chất lỏng vào bể.

Bước 3: Tăng nhiệt $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ từ $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ đến $\leq 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 4: Tăng nhiệt độ $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến $\leq 5^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 5: Lấy sprinkler ra khỏi bể chất lỏng và làm nguội trong không khí.



2.8. Sốc nhiệt

Yêu cầu:

Chất lỏng thử như 2.6. Sau khi qua bài kiểm tra về sốc nhiệt, sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng.

Quy trình:

Bước 1: Điều hòa sprinkler ở nhiệt độ $20 \pm 5^\circ\text{C}$ trong $\geq 30\text{min}$.

Bước 2: Lắp sprinkler vào bể.

Bước 3: Chuẩn bị chất lỏng như yêu cầu và đổ chất lỏng vào bể.

Bước 4: Tăng nhiệt đến nhiệt độ $\leq 10 \pm 5^\circ\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 5: Lấy sprinkler ra khỏi bể và nhúng vào một bể nước đã khử khoáng (ở $10 \pm 5^\circ\text{C}$) sau $\leq 5\text{s}$.

Bước 6: Tiến hành thử chức năng.

2.9. Lưu lượng nước

Yêu cầu:

Hệ số K được tính

$$K = q / \sqrt{10p} \quad (2)$$

Với:

q: Lưu lượng nước, l/min;

p: Áp suất, bar.

Giá trị của K cho ở Bảng 2.

Bảng 2. Hằng số lưu lượng sprinkler theo đường kính danh nghĩa miệng phun

Đường kính miệng phun, mm	K
10	57 ± 3
15	80 ± 4
20	115 ± 6

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào máy.

Bước 2: Cấp nước.

Bước 3: Tăng áp suất từ 0,5bar đến 6,5bar với mức tăng 1bar, tính toán, đánh giá hệ số K của từng mức áp suất.

Bước 4: Giảm áp suất từ 6,5bar đến 0,5bar với mức giảm 1bar, tính toán, đánh giá hệ số K của từng mức áp suất.

2.10. Phân bố nước đối với sprinkler không thuộc loại sprinkler bên vách

Yêu cầu:

Số lượng thùng đo có lượng nước $\leq 50\%$ không được ít hơn số lượng được quy định trong Bảng 3.

Bảng 3. Bảng thông số phân bố nước cho sprinkler không thuộc dạng sprinkler bên vách

Lưu lượng/ sprinkler, l/min	Diện tích bảo vệ, m ²	Khoảng cách sprinkler, m
50,6	20,25	4,5
61,3	12,25	3,5
135	9	3
90	9	3
187,5	6,25	2,5
Khoảng cách sprinkler, m	SL thùng đo tối thiểu	Áp suất cần thiết, bar
4,5	8	0,78
3,5	5	0,58
3,0	4	1,37
3,0	4	0,61
2,5	3	2,65

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.
 Bước 2: Lắp đặt 4 sprinkler cùng một loại và cỡ miệng phun vào phòng thử.
 Bước 3: Cung cấp nước với lưu lượng, áp suất theo Bảng 3 trong 10min.
 Bước 4: Đo và thống kê lưu lượng nước trong các thùng đo.

2.11. Phân bố nước sprinkler bên vách

Yêu cầu:

Nước từ sprinkler xả xuống từ cánh hướng dòng phải đạt từ 40% ÷ 60%.

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.
 Bước 2: Lắp 2 sprinkler có cùng cỡ miệng phun vào phòng kiểm nghiệm.
 Bước 3: Cấp lưu lượng (Bảng 4) cần thiết trong 10min.
 Bước 4: Đo và thống kê lưu lượng nước trong các thùng đo.
 Bước 5: Quan sát phần diện tích tường mà sprinkler làm ướt.

Bảng 4. Bảng quy định lưu lượng nước cho bài kiểm tra phân bố nước sprinkler bên vách

Đường kính miệng, mm	Lưu lượng bao phủ nước, mm/min	Lưu lượng, l/min
≤ 15	≥ 2	57
> 15	≥ 2,8	78

2.12. Phân bố nước phía trên và phía dưới cánh hướng dòng

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.

Bước 2: Lắp sprinkler nằm ngang trong giá thử theo sơ đồ quy định.

Bước 3: Cấp nước trong 30s (Bảng 5).

Bước 4: Đo lượng nước của hai ngăn và đánh giá.

Bảng 5. Bảng thông số bài thử phân bố nước phía trên và phía dưới cánh hướng dòng

Đường kính miệng phun, mm	Áp suất, bar	Lưu lượng nước, l/min
10	0,78	50,6
15	0,58	61,3
20	0,61	90

2.13. Độ chịu ăn mòn do sương muối

Yêu cầu:

Phun sương natri clorua 20%, pH = 6,5 ÷ 7,2, 1,126 ÷ 1,157g/ml ở 35 ± 2°C vào mẫu thử ở vị trí làm việc trong buồng có thể tích ≥ 0,43m³.

Quy trình:

Bước 1: Đổ đầy nước và bịt kín miệng sprinkler.

Bước 2: Gắn sprinkler vào buồng thử.

Bước 3: Điều chế dung dịch muối.

Bước 4: Phun dung dịch muối vào buồng thử ở 0,98bar trong 10 ngày.

Bước 5: Nâng nhiệt độ trong buồng lên mức 35°C.

Bước 6: Lấy sprinkler ra sau 10 ngày và để khô trong không khí 4 ÷ 7 ngày.

Bước 7: Thực hiện bài kiểm tra chức năng và thử nhiệt động lực học.

2.14. Độ chịu ăn mòn do sunfua dioxit

Yêu cầu:



Sau khi trải qua phép thử 2.14, sprinkler vẫn thỏa các phép thử về chức năng và thử tăng nhiệt động lực học.

Quy trình:

Bước 1: Đổ đầy nước vào miệng của sprinkler và bịt kín miệng sprinkler.

Bước 2: Lắp sprinkler vào bể.

Bước 3: Đổ chất lỏng vào bể.

Bước 4: Sau 6 ngày, thêm 20ml dung dịch axitsulphuric vào bể thử.

Bước 5: Sau 2 ngày, lấy sprinkler ra làm khô trong không khí $4 \div 7$ ngày ở nhiệt độ 35°C và độ ẩm $\leq 70\%$.

Bước 6: Dem sprinkler thử chức năng, nhiệt động lực học.

2.15. Va đập thủy lực

Yêu cầu:

Sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ sau khi chịu tác động của búa nước.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào máy thử va đập thủy lực.

Bước 2: Làm sạch hết không khí khỏi sprinkler và thiết bị thử.

Bước 3: Tạo ra 3000 chu kỳ thay đổi áp suất từ $4 \pm 0,5 \div 30 \pm 1\text{bar}$ với tốc độ $100 \pm 10\text{bar/s}$.

Bước 4: Tháo sprinkler ra máy kiểm tra va đập thủy lực.

Bước 5: Thực hiện bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.16. Rung

Yêu cầu:

Sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ sau khi được rung trong 120h.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào bàn rung.

Bước 2: Tác động rung hình sin, $f = 5\text{Hz} \div 40\text{Hz}$ với tốc độ 5min/octa , biên độ 1mm, hướng rung nằm dọc theo trục ren nổi ống.

Bước 3: Nếu phát hiện tần số cộng hưởng thì tiến hành rung tại mỗi tần số cộng hưởng trong 120h.

Bước 4: Tháo sprinkler khỏi máy thử rung và thực hiện bài kiểm tra chức năng, bài kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.17. Va đập

Yêu cầu:

Sau va đập, sprinkler không gãy vỡ, biến dạng. Sprinkler phải thỏa mãn yêu cầu của bài kiểm tra rò rỉ và bài kiểm tra chức năng với áp suất 0,35bar.

Quy trình:

Bước 1: Cân, ghi khối lượng sprinkler.

Bước 2: Lắp sprinkler vào thiết bị thử.

Bước 3: Thả vật nặng rơi vào đầu mút của bộ phận hướng dòng từ độ cao 1m.

Bước 4: Tháo sprinkler khỏi máy thử rung để thực hiện bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ.

2.18. Độ bền chịu nhiệt

Yêu cầu:

Sau bài thử về độ bền chịu nhiệt, sprinkler không được có biến dạng nhìn thấy được hoặc nứt vỡ.

Quy trình:

Bước 1: Lắp đặt sprinkler vào lò nung.

Bước 2: Nung ở 800°C trong 15min.

Bước 3: Lấy sprinkler ra khỏi lò nung và nhúng vào bể nước nhiệt độ 15°C.

Bước 4: Kiểm tra chức năng và kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.19. Tăng nhiệt động lực học, hệ số dẫn

Yêu cầu:

Giá đỡ bằng đồng thau được thiết kế sao cho sự tăng nhiệt độ của giá đỡ hoặc nước $\leq 2^\circ\text{C}$ trong thời gian thử làm nguội đột ngột riêng biệt với thời gian phản ứng 55s. Nếu thời gian phản ứng $> 55\text{s}$ thì nhiệt độ của giá đỡ hoặc nước phải không được $> 0,036$ lần thời gian phản ứng đối với khoảng thời gian của một phép thử đột ngột riêng biệt. Thiết bị đo thời gian có sai số $\pm 0,01\text{s}$.

Quy trình:

Bước 1: Đổ 25ml nước đã ổn định ở nhiệt độ môi trường vào miệng sprinkler.

Bước 2: Dùng PTFE bọc ren sprinkler và lắp vào buồng điều hòa ở nhiệt độ môi trường ít nhất 30min.

Bước 3: Đặt giá đỡ đã gắn sprinkler vào buồng thử dạng ống và thổi khí với tốc độ và nhiệt độ theo Bảng 5 [1].

Bước 4: Đo thời gian phản ứng.

Bước 5: Tính toán giá trị RTI

$$RTI = \frac{-t_r u^{0.5} (1 + C/u^{0.5})}{\ln \left[1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} (1 + C/u^{0.5}) \right]} \quad (3)$$

Với, t_r : thời gian sprinkler phản ứng, s;
 ΔT_g : nhiệt độ không khí thực tế trừ nhiệt độ giá đỡ, °C; ΔT_{ea} : nhiệt độ làm việc trung bình

của thùng chất lỏng trừ nhiệt độ giá đỡ, °C;
 u : vận tốc không khí, m/s; C : hệ số dẫn, $C = (\Delta T_g / \Delta T_{ea} - 1) u^{0.5}$. $C = 0,25^{0.5}$ nếu $C < 0,5^{0.5}$.

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày tổng quan về sprinkler và tiêu chí kiểm định sprinkler theo TCVN 6305-1: 2007. Các tiêu chí được lượng hóa chi tiết trừ hai tiêu chí kiểm tra sơ bộ và kiểm tra trực quan. Phần 2 của bài báo đề xuất lưu đồ kiểm nghiệm cho các tiêu chí và đề xuất giải pháp kết hợp các tiêu chí thành các nhóm phù hợp cho việc tự động hóa thiết bị kiểm định.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2023-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **12/8/2023**

Ngày phản biện: **06/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TCVN 6305-1: 2007; *Yêu cầu và phương pháp thử đối với sprinkler*.
- [2]. QCVN 03: 2021/BCA; *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phương tiện phòng cháy và chữa cháy*.
- [3]. Phan Hoang Long et. al., *Design and Implementation of Automation Testing Device for Fire Fighting Hoses*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.11, pp.69-77, 2020.
- [4]. Quoc Bao Nguyen et. al., *Design and Calibration of Multi-Channel Thermocouple Signal Converter*, The 2023 Int'l Symposium

- on Electrical and Electronics Engineering (ISEE 2023), Hochiminh City, October 19-20, 2023 - to appear soon.
- [5]. Xuan Quang Ngo et. al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part I: Key Specifications and Conceptual Design*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.1-10, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [6]. Thai Nguyen Chau et. al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part II: Design and Simulation*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.11-20, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [7]. Ho Hai Dang et. al., *Application of Multi-PID Controllers for Fire Resistance Testing Furnace*, The 2023 Int'l Symposium on Advanced Engineering (ISAE2023), pp.21-28, Hochiminh City, Vietnam, Feb. 2023.
- [8]. Huy Hung Nguyen et. al., *Model Identification of Gas-Fired Industrial Furnace*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.42-51, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [9]. Nguyen Tan Tien et. al., *Temperature Control of Gas Furnace with Time Delay*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.295, pp.207-213, 2022.