



NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH THI CÔNG, NGHIỆM THU VÁCH KÍNH BAO CHE DẠNG KHUNG CHO NHÀ CAO TẦNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP MODUL Ở VIỆT NAM

Trần Hồng Hải¹, Hồ Ngọc Khoa², Lê Quang Trung³

Tóm tắt: Vách kính bao che cho nhà cao tầng đã và đang được sử dụng ngày càng nhiều ở nước ta với hình thức, chủng loại phong phú. Cùng với đó là các công nghệ thi công tiên tiến được các nhà thầu đưa vào sử dụng ngày càng nhiều. Vấn đề đặt ra là xây dựng một quy trình sản xuất, lắp dựng và nghiệm thu hệ vách kính bao che nhà cao tầng sao cho nâng cao chất lượng công trình, giảm thời gian thi công và nâng cao an toàn thi công. Nghiên cứu này dựa trên các biện pháp thi công vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul của các nhà thầu vách kính lớn ở Việt Nam, kết hợp với các tiêu chuẩn quốc gia của Mỹ và Trung Quốc, đưa ra quy trình, biện pháp kỹ thuật thi công, nghiệm thu vách kính bao che dạng khung cho nhà cao tầng bằng phương pháp lắp ghép modul.

Từ khóa: Nhà cao tầng; vách kính dạng khung; phương pháp lắp ghép; quy trình kỹ thuật thi công; nghiệm thu.

Summary: Glass curtain wall has been used more and more in high-rise buildings in our country with various forms and types. As advanced construction technology has increasingly been applied by contractors. Appearing issues is how to construct high-rise buildings of unitized glass curtain wall's manufacture process, erection and testing process that could enhance the quality of work, reduce construction time and improve construction safety. The study is based on Vietnamese famous contractors' glass curtain wall of modular assembly method, combined with the national standards of the United States and China. Thus, process and techniques of construction, testing of high-rise building glass curtain walls which are made by modular assembly method would be proposed.

Keywords: High-rise building; unitized glass curtain wall; assembly method; process and technique of construction; testing.

Nhận ngày 02/02/2016, chỉnh sửa ngày 16/02/2016, chấp nhận đăng 15/3/2016



1. Tổng quan về vách kính bao che nhà cao tầng ở nước ta

Cùng với sự phát triển kinh tế, nhà cao tầng đang được xây dựng ngày một nhiều hơn ở nước ta. Hầu hết các công trình siêu cao tầng ở nước ta đều sử dụng vách kính như một giải pháp kiến trúc chủ yếu. Vách kính được sử dụng trong nhà cao tầng không chỉ tạo phong cách kiến trúc hiện đại mà còn đảm bảo tính chiếu sáng, thông gió và tiết kiệm năng lượng. Các vách kính bao che đa dạng về chủng loại, từ sử dụng vật liệu kính thông thường, kính cường lực, kính bán cường lực, kính dán, kính hộp, kính nhiều lớp... đến vật liệu chế tạo liên kết phong phú, từ khung hợp kim nhôm, khung mạ kẽm, chân nhện ba châu, chân nhện bốn châu... Cùng với đó là sự phát triển về công nghệ thi công lắp dựng, không ngừng cải tiến áp dụng các trang thiết bị hiện đại vào trong việc thi công lắp dựng vách kính nhà cao tầng.

Đặc điểm của thi công vách kính nhà cao tầng là điều kiện làm việc trên cao, độ nguy hiểm cao, việc vận chuyển vật tư vật liệu có nhiều đặc thù, việc lắp đặt phải đảm bảo tính chịu tải trọng gió, tính kín gió, kín nước... Trong thực tiễn thi công vách kính bao che ở nước ta, có thể thấy rằng vách kính bao che dạng khung với đặc điểm dễ chế tạo, dễ lắp dựng... kết hợp với phương pháp thi công lắp ghép từ các modul sản

¹ TS, Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: tranhonghaimixi@gmail.com.

² PGS. TS, Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng.

³ TS, Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng.

xuất sẵn trong nhà máy là phù hợp nhất. Tuy nhiên, việc thi công hệ vách kính dạng khung theo phương pháp lắp ghép modul hầu hết là do các nhà thầu nước ngoài đảm nhận, việc lập các biện pháp thi công, nghiệm thu đối với các đơn vị, tổ chức trong nước là còn nhiều bất ngờ. Do đó, việc nghiên cứu để đưa ra một quy trình thi công lắp dựng vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul, cũng như việc đưa ra quy trình, kỹ thuật nghiệm thu hệ vách kính này có nhiều ý nghĩa lý thuyết và thực tiễn.



2. Phân loại hệ vách kính bao che nhà cao tầng

Vách kính bao che nhà cao tầng, có thể phân loại theo hình thức kết cấu chịu lực hoặc theo phương pháp thi công như sau [1].

2.1 Phân loại theo hình thức kết cấu chịu lực

a. Vách kính khung (Hệ Stick Curtain Wall): là hệ vách kính mà các khung kết cấu kim loại lộ rõ trên bề mặt các tấm kính, bốn phía của tấm kính được ngàm chặt vào các rãnh trên các đỡ dọc và đỡ ngang, các đỡ này được liên kết với công trình bằng các neo sắt hoặc nhôm được chôn sẵn trên công trình trong giai đoạn thi công phần thô (Hình 1a). Đây là hình thức vách kính truyền thống, có đặc điểm chịu lực tốt, tính toán và thiết kế đơn giản, dễ dàng trong thi công nên được sử dụng rộng rãi. Vật liệu sử dụng làm khung xương cho hệ vách kính cũng phong phú và dễ sản xuất như các thanh nhôm, các thanh hợp kim nhôm hoặc các thanh được làm từ thép có mạ kẽm, thép không gỉ; các chi tiết chôn sẵn, chi tiết gối tựa, các linh kiện liên kết như bu lông, đinh ốc đều phải dùng thép không gỉ hoặc phải được mạ kẽm.

Để giải quyết vấn đề mặt đứng của hệ này bị chia thành các ô nhỏ, người ta có thể sử dụng vách kính khung hệ khung chìm, là hệ vách kính mà mặt kính được gắn trên mặt ngoài của các hệ khung nhôm thông qua keo dính và keo silicone. Nhìn từ bên ngoài, hệ khung nhôm được khuất sau các tấm kính, do đó, cho cảm giác mặt đứng kiến trúc rộng lớn. Toàn bộ trọng lượng của hệ thống kính bên ngoài sẽ do keo dán silicone chịu. Hệ vách kính này có thể chìm một phần đỡ dọc hoặc đỡ ngang, hoặc cũng có thể chìm toàn bộ cả đỡ dọc và đỡ ngang.

b. Hệ vách kính toàn phần: toàn bộ hệ sườn và bề mặt đều được làm bằng kính (Hình 1b). Hệ sườn đứng và vách kính được liên kết với nhau bằng keo silicone và liên kết với công trình chính bằng các kết cấu chôn sẵn.

c. Hệ vách kính đỡ điểm (hệ Spider Curtain Wall): Là hệ vách kính chỉ sử dụng các chấu kính dạng chân nhện (Spider) để liên kết các tấm kính lại với nhau (Hình 1c). Các chấu này liên kết với hệ chịu lực chính của tòa nhà thông qua các thanh thép hay các bó cáp có cường độ cao. Hệ Spider Curtain Wall tạo ra một mặt đứng có kiến trúc đẹp, giúp thỏa mãn nhu cầu thẩm mỹ rất cao đối với mặt dựng kính, có khả năng đón ánh sáng nhiều nhất do không bị vướng hay cản trở bởi các thanh nhôm.



a. Hệ khung chịu lực



b. Hệ vách kính toàn phần



c. Hệ vách kính đỡ điểm

Hình 1. Phân loại vách kính bao che nhà cao tầng theo hình thức kết cấu chịu lực

2.2 Phân loại theo biện pháp lắp dựng

a. Hệ vách kính được lắp ghép theo modul (hệ Unitized Curtain Wall): các cấu kiện gồm tấm kính, đỡ dọc, đỡ ngang và các chi tiết liên kết được chế tạo và lắp ghép với nhau thành các modul ở trong nhà máy, sau đó khi vận chuyển đến công trường chỉ lắp ráp và hoàn thiện tổng thể để tạo thành vách kính bao che công trình (Hình 2a). Khi thi công theo phương pháp lắp ghép modul thì các thanh đỡ dọc, đỡ ngang được chế tạo một nửa tiết diện thay vì các thanh hình ống, sau đó được lắp kính và keo tạo thành các tấm panel

trong nhà máy và khi đến công trường thì được ghép lại với nhau, cũng như liên kết với cấu kiện chôn sẵn tại công trình.

Bề mặt vách kính khi thi công theo phương pháp này thì đồng nhất nên đảm bảo về tính thẩm mỹ, kiểm soát được chất lượng ngay tại nhà máy. Phương pháp thi công này phù hợp với sự hiện đại hóa trong xây dựng, giúp đẩy nhanh tiến độ xây dựng. Khi áp dụng phương pháp này, do có ít thao tác bên ngoài tòa nhà nên tính an toàn khi thi công trên cao tăng lên, cũng như đảm bảo thi công được trong điều kiện thời tiết bất lợi. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi sự chính xác trong chế tạo, vận chuyển và lắp dựng các chi tiết để đảm bảo các modul có thể liên kết với nhau và với công trình một cách dễ dàng và chính xác.

b. Hệ vách kính được lắp ghép tuần tự tại công trường: hệ khung gồm các thanh nhôm và tấm kính và một số chi tiết sẽ được sản xuất và gia công trong nhà máy, sau đó vận chuyển riêng rẽ cùng với keo và các cấu kiện liên kết đến công trường, tại đây, toàn bộ công việc liên kết, lắp dựng và hoàn thiện sẽ được thực hiện (Hình 2b). Phương pháp lắp dựng này cho phép thi công các công trình có độ phức tạp cao như bề mặt góc cạnh, không đồng nhất. Tuy nhiên, hệ vách kính lắp dựng theo phương pháp này đòi hỏi thời gian thi công lâu, nhiều phần việc phải làm từ bên ngoài tòa nhà, cần nhiều thiết bị để giữ và đảm bảo an toàn, hơn nữa lại cần phải có mặt bằng kho rộng rãi để lưu trữ vật tư trong suốt quá trình thi công. Đồng thời, việc kiểm soát chất lượng khi thi công tại công trường cũng có nhiều khó khăn.



a. Lắp dựng theo modul



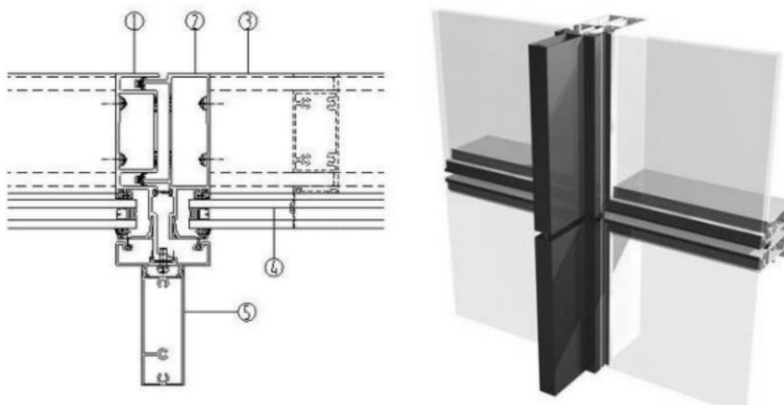
b. Lắp dựng tuần tự

Hình 2. Vách kính hệ khung phân loại theo phương pháp lắp dựng



3. Cấu tạo hệ vách kính lắp ghép theo modul (hệ Unitized Curtain Wall)

Hệ vách kính Unitized Curtain Wall bao gồm các thanh đỡ dọc, đỡ ngang, kính, hệ gioăng, keo, ốc vít và các chi tiết liên kết (Hình 3).



(1), (2) - Thanh đỡ dọc lắp ghép; (3) - Thanh đỡ ngang; (4) - Kính; (5) - Ốp nhôm trang trí.

Hình 3. Cấu tạo một hệ vách kính lắp ghép theo phương pháp lắp ghép modul

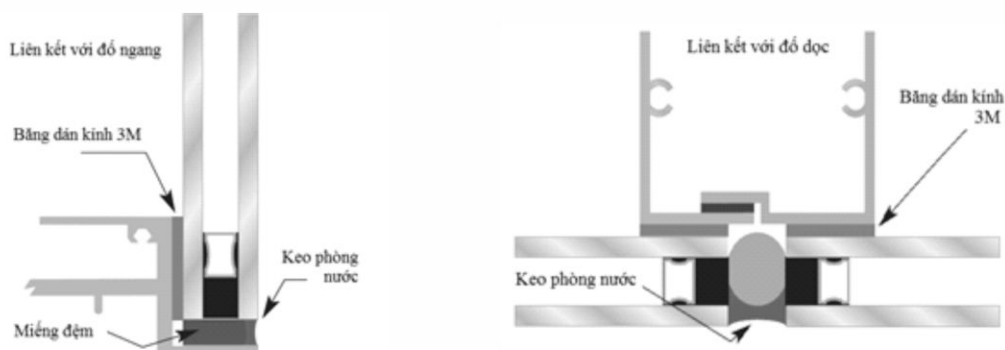
a. **Vật liệu kính:** Kính được sử dụng trong hệ vách kính lắp ghép theo phương pháp lắp ghép modul đa dạng về chủng loại, màu sắc và kích cỡ. Về chủng loại có thể sử dụng kính hộp, kính cường lực, kính bán cường lực, kính phẳng tối, kính gia nhiệt... Vật liệu kính sử dụng trong vách kính bao che nhà cao tầng và siêu cao tầng cần phải thỏa mãn các yêu cầu chính như: tính trang trí, tính chịu lực, tính phòng nước, tính cách nhiệt, tính kín gió, tính phòng hỏa và tính chống động đất. Việc lựa chọn vật liệu và thiết kế vách kính cần đảm bảo theo [2]. Ngoài ra, tùy thuộc vào chủng loại và quy cách mà vật liệu kính cần thỏa mãn các tiêu chuẩn quốc gia hiện hành như: TCVN 7218:2002 Kính tấm xây dựng. Kính nổi - Yêu cầu vật liệu; TCVN 7364:2002 Kính xây dựng. Kính dán nhiều lớp và kính an toàn nhiều lớp; TCVN 7455:2004 Kính xây dựng. Kính tối nhiệt an toàn; TCVN 7456:2004 Kính xây dựng. Kính cốt lưới thép; TCVN 7527:2005 Kính xây dựng. Kính cán vân hoa; TCVN 7528:2005 Kính xây dựng. Kính phủ phản quang; TCVN 7529:2005 Kính xây dựng. Kính màu hấp thụ nhiệt; TCVN 7736:2007 Kính xây dựng. Kính kéo; TCVN 8260:2009 Kính xây dựng. Kính hộp gắn kín cách nhiệt; và các tiêu chuẩn quốc tế như JGJ 102-2003, ANSI Z97.1, AS/NZS 2208. Vật liệu kính trước khi đưa vào lắp đặt cần được kiểm tra, thí nghiệm theo [3]. Thông thường, hệ vách kính lắp ghép theo phương pháp lắp ghép modul bao che cho nhà siêu cao tầng thường sử dụng kính hộp, có chiều dày từ 19-28mm. Khi sử dụng kính hộp, thông thường là sự kết hợp của một tấm kính an toàn phản quang hoặc phản nhiệt phía ngoài và một tấm kính cường lực phía trong.

b. **Khung nhôm:** Khung nhôm được chế tạo bằng phương pháp ép đùn từ hợp kim nhôm chủng loại 6063-T5; 6063-T6, 6061-T5; 6061-T6; sau đó được qua các công đoạn xử lý bề mặt bằng các phương pháp như anốt hóa, sơn tĩnh điện và phủ phim. Chiều dày tối thiểu của các lớp anốt hóa, lớp sơn phun tĩnh điện, lớp sơn nhúng tĩnh điện và phủ phim lần lượt là 15 μ m, 60 μ m, 21 μ m và 30 μ m. Các thanh nhôm có độ cứng Vinker không nhỏ hơn 8. Sai số chế tạo về độ dài của thanh đồ ngang là $\pm 0,5$ mm, của thanh đồ dọc là ± 1 mm; sai số của góc vát đầu thanh là 15'. Sai số của kích thước lỗ, vị trí lỗ là $\pm 0,5$ mm.

c. **Các cấu kiện kim loại:** Các phụ kiện bằng kim loại sử dụng thép không gỉ hoặc phải được xử lý chống gỉ. Nếu sử dụng phương pháp mạ kẽm nhúng nóng, thì chiều dày lớp mạ nên lớn hơn 45 μ m; nếu sử dụng sơn tĩnh điện thì chiều dày lớp sơn nên dày hơn 40 μ m. Bề mặt của cấu kiện kim loại không được có vết rạn, bọt khí, vết gỉ hay bị gãy. Sai số cho phép về kích thước của các bản kim loại chôn sẵn về chiều dài, chiều rộng và độ dày lần lượt là +10mm, +5mm và +3mm. Không cho phép sai số âm. Sai số kích thước cho phép của rãnh chữ T là +1.5mm, không cho phép sai số âm.

d. **Bu lông, ốc vít, keo và các phụ kiện liên kết khác:** Bu lông, ốc vít có vai trò quan trọng trong việc liên kết các modul vách kính với các cấu kiện chôn sẵn, thường được làm bằng thép cường độ cao mạ kẽm hoặc thép không gỉ. Chủng loại và kích thước bulông phải được tính toán chịu được các tải trọng tác dụng trong quá trình làm việc của vách kính.

Băng dán kính: Là một loại keo dán được sản xuất dưới dạng dải băng dán hai mặt, được sử dụng để dán tấm kính vào các thanh đồ dọc và đồ ngang của hệ khung xương hoặc dán các thanh kim loại hay dán các tấm kính lại với nhau (Hình 4). Đây là một giải pháp thay thế cho các thanh nẹp, ốc vít cho hiệu quả thẩm mỹ cao và dễ thi công. Băng dán kính có các thông số kỹ thuật chính như: Khả năng chịu lực kéo ~ 200MPa, khả năng chịu nhiệt ~ 150°C, một số băng dán kính có thể chịu được nhiệt độ lên tới 260°C, các loại băng dán kính thường có tuổi thọ trên 30 năm.



Hình 4. Cấu tạo sử dụng băng keo và keo trong hệ vách kính

Keo silicon, chất kết dính: Là vật liệu mang tính linh động rất cao, được sử dụng để chèn, lấp liên kết hầu hết các mối nối giữa kính với kính, kính với kim loại và kim loại với kim loại. Các yêu cầu kỹ thuật cơ bản đối với keo Silicon là: phải đảm bảo sự kết dính chắc chắn, phải chịu được áp lực gió, chịu được nhiệt độ cao, chống thấm, cách âm, cách nhiệt tốt và có tuổi thọ cao. Lớp keo silicon có chiều dày và chiều rộng không nên nhỏ hơn 7mm và 6mm. Vật liệu kết dính dạng silicon rất đa dạng về chủng loại, do đó phải lựa chọn chủng loại phù hợp với đặc trưng của vách kính.

Gioăng cao su: Là các vật liệu được làm từ cao su, mềm, có khả năng chịu nước, chịu nhiệt, chịu mài mòn và có tuổi thọ cao, được sử dụng làm các chi tiết đệm, chèn giữa một số liên kết trong hệ mặt dựng kính làm nhiệm vụ lèn chặt, chống thấm, cách âm, cách nhiệt... Ngoài ra các chi tiết cao su còn được sử dụng làm vật đệm tại các vị trí liên kết thanh đỡ dọc với hệ kết cấu công trình nhằm mục đích giảm chấn động và chống động đất.

Ngoài ra, một số loại vách kính còn sử dụng sập nhôm, ốp nhôm để tạo hình dáng kiến trúc cho vách kính, ngăn bụi, ngăn nước và bảo vệ các linh kiện bên trong như nẹp nhôm hay các gioăng cao su.



4. Kỹ thuật kiểm tra, nghiệm thu thi công công trình vách kính thi công theo phương pháp lắp ghép modul

Trong quá trình thi công hệ vách kính theo phương pháp lắp ghép modul, để đảm bảo chất lượng thi công công trình thi công tác kiểm tra, nghiệm thu công trình có vai trò rất quan trọng. Việc thi công vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul được tiến hành nghiệm thu theo ba giai đoạn chủ yếu như sau: Nghiệm thu vật liệu trước khi lắp đặt; Thí nghiệm, nghiệm thu modul mẫu; Thí nghiệm, nghiệm thu sau khi lắp đặt.

Phương pháp, cách thức thí nghiệm của từng giai đoạn nghiệm thu như sau: Trước khi vật liệu được đem vào lắp đặt modul mẫu cũng như sản xuất đại trà cần được tiến hành kiểm tra, nghiệm thu, kiểm định bởi các đơn vị thí nghiệm có đủ điều kiện. Các vật liệu như kính, nhôm, bản kim loại, phụ kiện và keo các loại cần đảm bảo các tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, tiêu chuẩn quốc tế được viện dẫn, có đầy đủ chứng chỉ và chứng nhận của các bên liên quan. Các modul không điển hình có cửa sổ có thể được thí nghiệm theo [4] hoặc các tiêu chuẩn quốc tế tương đương. Trong phạm vi của nghiên cứu này, chỉ tập trung vào giai đoạn nghiệm thu modul mẫu và nghiệm thu sau khi lắp đặt.

4.1 Thí nghiệm, nghiệm thu modul mẫu

a. Mục đích: thi công vách kính theo phương pháp lắp ghép modul đòi hỏi các cấu kiện phải tuyệt đối chính xác. Việc sửa chữa khắc phục các sai sót khi thi công đại trà trên công trường là phức tạp và khó khăn. Do đó, trước khi thi công đại trà, cần phải sản xuất modul mẫu để tiến hành thí nghiệm đánh giá chất lượng của mặt dựng tường kính. Các thí nghiệm này sẽ giúp cho các nhà thầu thi công khắc phục các khiếm khuyết (cấu tạo các liên kết giữa mặt dựng nhôm kính và công trình, độ kín của mặt dựng...) của mặt dựng kính trước khi đưa vào lắp đặt tại công trình. Đây là những thí nghiệm rất cần thiết và giúp rất nhiều cho công tác kiểm tra chất lượng của mặt dựng tường kính như khả năng chịu lực dưới tác động của áp lực gió, độ kín khí, độ kín nước, khả năng chịu tải trọng động đất, khả năng chịu va đập, cách âm, cách nhiệt,... Từ kết quả thí nghiệm đưa ra các điều chỉnh cả về thiết kế, thi công, lựa chọn vật liệu nếu cần thiết.

b. Thí nghiệm:

- Hệ thống thiết bị của phòng nghiên cứu thí nghiệm gió (Hình 5) bao gồm: Buồng khí được có khả năng thử nghiệm mẫu có chiều cao tới 21 m, chiều rộng tới 6 m (đủ để thí nghiệm vài ba modul lắp ghép sẵn); Hệ thống bơm khí có chức năng đảo chiều hút và đẩy với khả năng tạo áp lực dương hoặc âm lên tới ± 4000 Pa. Hệ thống có khả năng tăng áp lực và giữ áp lực theo yêu cầu thử nghiệm với độ chính xác 1 Pa; Áp kế điện tử có chức năng đo áp lực lên bề mặt mẫu thí nghiệm với độ chính xác 0,1 Pa; Thiết bị đo lưu lượng khí (đo độ lọt khí) với độ chính xác 0,1 l/s; Thiết bị thu nhận số liệu đo đa kênh; Thiết bị đo chuyển vị điện tử có độ chính xác đến 0,1 mm; Hệ thống bơm nước áp lực cao; Thiết bị đo lưu lượng nước; Hệ thống dàn phun mưa có kích thước 6x10 m; Hệ thống quạt tạo gió có khả năng tạo áp lực 770 Pa lên bề mặt mẫu thí nghiệm tương đương vận tốc gió 35 m/s tương đương với cấp 12 theo thang bão Beaufort; Hệ thống kích.

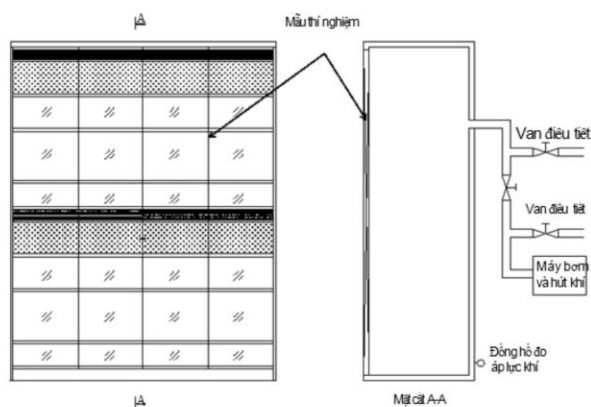
- Mẫu thí nghiệm: là modul kính với đúng kích thước thực, được chế tạo theo đúng chủng loại vật liệu và cấu tạo như công trình thực, đầy đủ các liên kết giữa các modul và giữa vách kính với kết cấu.

- Các bước thí nghiệm và chỉ tiêu thí nghiệm hệ thống mặt dựng nhôm kính:

+ Bước 1: Thí nghiệm tính năng chịu lực của kết cấu, tuân theo ASTM E330-02, sơ đồ thí nghiệm bố trí như Hình 6, gia tải sơ bộ, áp suất $P = \pm P_{kc}$ (P_{kc} : là áp lực thí nghiệm về tính năng kết cấu do đơn vị thiết kế chỉ định) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực dương và âm được tác động lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm theo từng cấp tải, mỗi cấp tải được giữ trong không ít hơn 10 giây. Các chuyển vị được ghi nhận cho từng cấp tải. Tính năng kết cấu (với yêu cầu chuyển vị của khung nhôm/chiều dài nhịp $\leq 1/180$ và chuyển vị của kính/chiều dài nhịp $\leq 1/90$).

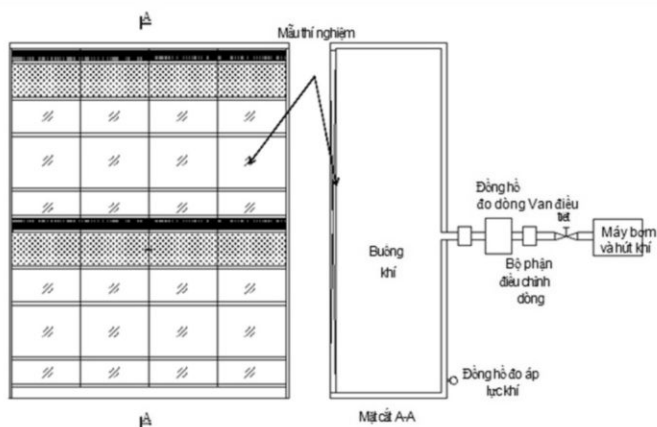


Hình 5. Phòng thí nghiệm modul tường kính lắp ghép



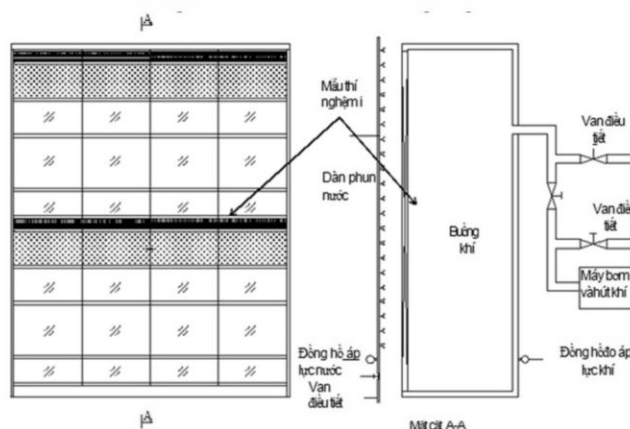
Hình 6. Sơ đồ thí nghiệm khả năng chịu lực dưới tác động của áp lực gió của mặt dựng tường kính

+ Bước 2: Thí nghiệm độ lọt khí, căn cứ theo [5] sơ đồ thí nghiệm như Hình 7, áp suất thí nghiệm $P = \pm P_{lk}$ (P_{lk} : là áp lực thí nghiệm độ lọt khí do đơn vị thiết kế chỉ định) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực dương và âm được giữ trong không nhỏ hơn 10 giây, khi lưu lượng khí lọt qua được ghi nhận. Độ lọt khí tại áp suất $P_{lk} \leq 1,6 \text{ L}/(\text{m}^2.\text{s})$.



Hình 7. Sơ đồ thí nghiệm độ lọt khí của mặt dựng tường kính

+ Bước 3: Thí nghiệm độ lọt nước dưới áp lực tĩnh, căn cứ vào [6], sơ đồ thí nghiệm như hình 8, bố trí sơ đồ phun nước đảm bảo lưu lượng nước phun không nhỏ hơn $3,4\text{l/m}^2\cdot\text{phút}$, khoảng cách các vòi theo 2 phương là 305mm. Áp suất $P = P_{in}$ (P_{in} : là áp lực thí nghiệm độ lọt nước do đơn vị thiết kế chỉ định và không nhỏ hơn 137 Pa) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực âm được giữ trong 15 phút, ghi nhận điểm lọt nước nếu có.



Hình 8. Sơ đồ thí nghiệm độ kín nước của mặt dựng tường kính

Kết quả thí nghiệm mặt dựng nhôm kính có độ tin cậy cao vì mẫu thí nghiệm là mẫu có kích thước thực (thường có chiều cao bằng hai tầng nhà), sử dụng chủng loại vật liệu và cấu tạo như tại công trình thực, tải trọng thí nghiệm được xác định từ các kết quả thí nghiệm bằng ống thổi khí động.

4.2 Nghiệm thu bàn giao công trình

Sau khi công trình tường kính được thi công và vệ sinh sạch sẽ, các bên tiến hành nghiệm thu tổng thể. Thông thường, việc nghiệm thu sau khi thi công chủ yếu vẫn căn cứ vào hồ sơ thí nghiệm mẫu trong phòng thí nghiệm và bằng ngoại quan. Để tăng cường chất lượng của công trình, ngăn ngừa các sự cố liên quan đến vách kính và sửa chữa kịp thời khi có sự cố, nghiên cứu này đề xuất giải pháp nghiệm thu khả năng cách nước bằng phương pháp nước phun theo [7].

- Mục đích: Kiểm định chất lượng thi công kết cấu bao che bằng vật liệu kính khung hợp kim nhôm trước khi được nghiệm thu đưa vào sử dụng, nhằm xác định các sai sót (nếu có) trong quá trình thi công để có phương án kịp thời sửa chữa trước khi nghiệm thu chất lượng sản phẩm.

- Nguyên tắc:

Việc thử nghiệm được thực hiện bằng cách phun nước ở bên ngoài của ô kính có tiết diện $1,8\text{m} \times 1,8\text{m}$, vị trí thí nghiệm do chủ đầu tư và tư vấn giám sát chỉ định (Hình 9). Hệ thống phun nước có vòi phun cách nhau trên một mạng lưới để cung cấp nước nhằm thực hiện một lượng mưa mô phỏng, làm ướt những khu vực dễ bị thấm nước. Bộ máy phun chính (hệ thống phun rack), cung cấp nước cho các mẫu thử nghiệm với lưu lượng $4\text{lít/m}^2\cdot\text{phút}$, thời gian phun nước liên tục là 5 phút. Người nghiệm thu sẽ đứng phía trong để quan sát nhằm phát hiện ra hiện tượng thấm nước. Các hiện tượng thấm nước sẽ được đánh dấu và ghi lại một cách chính xác để nhà thầu nhôm kính tiến hành sửa chữa; các vị trí sau khi sửa chữa phải được kiểm tra lại trước khi nghiệm thu.

Vách kính được coi là đạt khi: không xuất hiện bất kỳ sự rò rỉ nước nào phía bên trong mẫu thí nghiệm.



Hình 9. Kiểm tra khả năng chống lọt nước tại một công trình

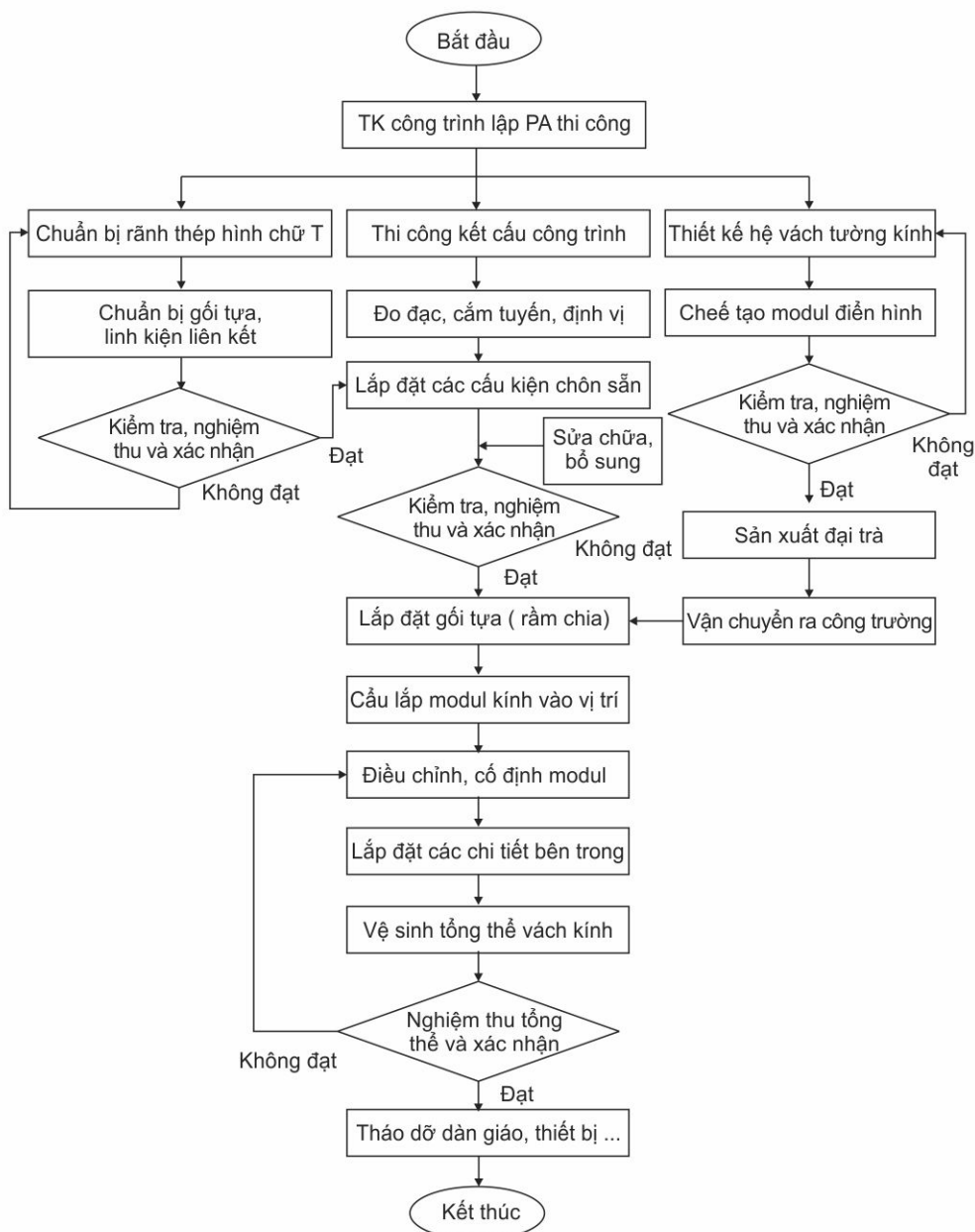


5. Quy trình kỹ thuật lắp dựng vách kính bao che nhà cao tầng theo phương pháp lắp ghép modul

Hiện nay, mặc dù vách kính bao che nhà cao tầng đã được sử dụng rộng rãi ở nước ta, tuy nhiên, đến nay nước ta vẫn chưa có một tiêu chuẩn nào đề quy chuẩn cụ thể về quy trình kỹ thuật thi công và nghiệm thu vách kính bao che nhà cao tầng. Nghiên cứu này dựa trên cơ sở tham khảo quy trình thi công của các đơn vị thi công vách kính nổi tiếng của Việt Nam, cũng như tham khảo các tiêu chuẩn thi công vách kính của Mỹ và Trung Quốc, đề xuất quy trình kỹ thuật thi công vách kính nhà cao tầng.

5.1 Quy trình thi công lắp dựng vách kính theo phương pháp lắp ghép modul

Quy trình thi công lắp dựng vách kính theo phương pháp lắp ghép modul như trong Hình 10, các biện pháp kỹ thuật thi công và kỹ thuật lắp dựng như trong Bảng 1.



Hình 10. Quy trình thi công, nghiệm thu vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul.

5.2. Chỉ dẫn biện pháp, kỹ thuật thi công vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul

Bảng 1. Chỉ dẫn kỹ thuật, kỹ thuật thi công vách kính hệ khung theo phương pháp lắp ghép modul

Công tác	Nội dung	Chỉ dẫn biện pháp, kỹ thuật thi công, tiêu chuẩn áp dụng
Thiết kế hệ vách kính	- Lựa chọn hình thức hệ vách kính. - Lựa chọn vật liệu hệ vách kính. - Lựa chọn vật liệu nhôm, vật liệu kim loại, keo, gioăng cao su, keo silicon, chất kết dính các loại.	- Hình thức hệ vách kính phù hợp với thiết kế tổng thể của công trình. Vật liệu sử dụng phù hợp với yêu cầu nêu trong mục 3. Kích thước cấu kiện được tính toán đủ khả năng chịu lực trong quá trình thiết kế. - Vật liệu phải được thí nghiệm, kiểm định trước khi đem vào sản xuất.
Chuẩn bị, thiết kế biện pháp thi công	- Chuẩn bị mặt bằng thi công. - Chuẩn bị thiết bị, máy, dụng cụ thi công. - Chuẩn bị vật tư, vật liệu; kế hoạch vận chuyển. - Thiết kế, phê duyệt biện pháp kỹ thuật, tổ chức thi công. - Các công tác chuẩn bị khác.	- Các bên tiến hành bàn giao mặt bằng thi công, bàn giao mốc giới. Nhà thầu tường kính khảo sát thực địa và lập các biện pháp thi công phù hợp với công trình và được chủ đầu tư phê duyệt. - Vật tư, thiết bị, gia công lắp đặt tại xưởng và thi công lắp đặt tại hiện trường phải được tư vấn giám sát và chủ đầu tư nghiệm thu trước khi đưa vào sử dụng. - Chuẩn bị máy móc, thiết bị và vật liệu đầu vào.
Trắc đạc trước khi lắp dựng (Đo đạc, cắm tuyến định vị)	Trắc đạc, cắm tuyến để làm căn cứ thi công các cấu kiện chôn sẵn và nghiệm thu lắp đặt về sau.	- Kiểm tra các điểm và đường tham chiếu được cung cấp bởi nhà thầu chính. Bật mực, đánh dấu đường xác định được sử dụng cho việc lắp đặt tường kính. - Dung sai của mỗi đường tham chiếu nhỏ hơn 1mm - Dung sai của mỗi đường lắp đặt nhỏ hơn 2 mm
Lắp đặt mỗi nối chôn trong kết cấu (rãnh thép chữ T, linh kiện liên kết)	Sản xuất, lắp đặt các cấu kiện chôn sẵn trong kết cấu công trình.	- Các linh kiện liên kết, rãnh thép chữ T chôn sẵn trong kết cấu cần được kiểm tra, nghiệm thu về hình dạng, kích thước trước khi lắp đặt. - Việc lắp dựng mỗi nối chôn trong kết cấu cần đi cùng với việc thi công kết cấu chính. Việc lắp dựng chi tiết chôn sẵn cần đáp ứng được tiến độ sản xuất và lắp dựng các modul kính. - Có biện pháp cố định rãnh chữ T và các chi tiết liên kết trước khi đổ bê tông kết cấu chính. Sau khi đổ bê tông kết cấu công trình, cần kiểm tra lại vị trí các chi tiết liên kết để có giải pháp điều chỉnh kịp thời. - Dung sai vị trí cho phép theo phương ngang là 20mm, theo phương đứng là 10mm; dung sai độ phẳng bề mặt nhỏ hơn 5mm/200mm.
Sản xuất các modul kính	- Sản xuất các modul kính điển hình. - Thí nghiệm, nghiệm thu modul kính điển hình. - Sản xuất modul kính đại trà.	- Sau khi thiết kế vách kính, các vật liệu đầu vào được nghiệm thu và phê duyệt, tiến hành sản xuất modul kính điển hình. - Modul kính này cùng với hệ liên kết cần được tiến hành thí nghiệm chịu tải trọng gió, nghiệm thu tính thấm nước, tính kín khí, bảo ôn, cách âm... Biện pháp thí nghiệm, nghiệm thu theo mục 4.1. - Kết quả thí nghiệm, nghiệm thu được ghi lại để chuyển cho thiết kế xem xét điều chỉnh nếu cần thiết. - Sau khi modul kính điển hình được phê duyệt, tiến hành sản xuất các modul kính đại trà.
Tổ hợp vận chuyển modul kính ra công trường và bố trí trên mặt bằng thi công	- Tổ hợp, vận chuyển ra công trường. - Vận chuyển lên các tầng và bố trí trên mặt bằng.	- Các tấm kính, hoặc panel kính được lắp ráp và chế tạo tại nhà máy sẽ được đóng thùng và đánh số tuần tự theo yêu cầu để dễ dàng lắp đặt tại công trình. Kích cỡ modul phải phù hợp với kích thước của các pallet để thuận tiện cho công tác nâng hàng. - Các lô hàng được chờ đến công trường bằng xe chuyên dụng. Tới công trường các sản phẩm tường kính sẽ được kiểm tra lại một lần nữa tại kho chứa công trình. - Sử dụng xe nâng để bốc xếp các modul kính cùng toàn bộ hệ giá đỡ được chuyển vào vị trí định sẵn trên công trường để chờ vận chuyển đến vị trí lắp dựng. - Sử dụng cả cần trục tháp cùng các máy hút chân không và vận thăng, xe đẩy chuyên dụng để chuyển các modul kính đến vị trí lắp dựng. Các modul có thể được lắp trực tiếp vào móc cầu bởi các móc treo được thiết kế sẵn.
Lắp đặt gối tựa, chi tiết liên kết (rầm chia)	- Vệ sinh mỗi nối trong kết cấu - Các bước công việc của kỹ thuật lắp đặt gối tựa	- Các chi tiết chôn sẵn được làm sạch bằng búa cầm tay và máy thổi bụi cao áp. (1) Lắp đặt các đường dây thép sử dụng cho việc định vị gối tựa Các dây thép định vị được cố định bằng bulong nở khoan tại vị trí tham chiếu. Đảm bảo dây thép phải căng và không được sử dụng phương pháp dây rọi để lắp dựng dây thép định vị (2) Lắp đặt gối tựa tham chiếu - Định vị và lắp đặt gối tựa dựa vào vị trí cuối cùng của dây thép ở các tầng không phải là tầng tham chiếu. - Yêu cầu độ chính xác của gối tựa và dây thép là rất cao, các tiêu chuẩn như dưới đây: + Hướng vào và ra: 1mm (kiểu sai số theo hướng ra ngoài và vào trong tối đa là 1mm) + Hướng trái và phải: 1mm + Cao độ: 0-3 mm (cao độ không vượt quá 3mm và ko bị âm) + Độ phẳng: nhỏ hơn 1mm/100mm (3) Lắp đặt các gối tựa khác - Dựa vào gối tựa ở hai đầu trong một tầng làm tham chiếu, lắp đặt những đường thẳng nằm ngang trong cùng một tầng, đó là căn cứ xác định vị trí để lắp các gối tựa khác - Kiểm tra khuôn gối tựa trước khi thi công bước tiếp theo

		(4) Kiểm tra bu lông liên kết và mô men xoắn của gối tựa và nghiệm thu - Vì gối tựa phải chịu lực đỡ tường kính nên mô men xoắn của bu lông cần được kiểm tra. Sau khi hoàn thành việc lắp đặt các gối tựa ở mỗi tầng, công nhân xây dựng cần kiểm tra 100% các gối tựa. Việc lắp đặt xong gối tựa cần được tư vấn giám sát và chủ đầu tư nghiệm thu chấp nhận - Kích thước bề mặt ngoài của gối tựa, dùng máy kinh vĩ để ngắm thẳng đứng, sai số không chế trong phạm vi $\pm 1\text{mm}$, sai số độ cao cũng trong phạm vi $\pm 1\text{mm}$. Dung sai cho phép trong khoảng cách ngang giữa các gối tựa với nhau là $\pm 1\text{mm}$
Cầu lắp modul tường kính	Cầu lắp, cố định các modul kính	- Chọn thứ tự xây dựng theo chiều ngược chiều kim đồng hồ hoặc cùng chiều kim đồng hồ - Các modul kính sau khi được chuyển đến công trường được vận chuyển lên cao bằng cần trục tháp hoặc vận thăng, sau đó được chuyển đến nơi lắp dựng bằng cần cầu ray hoặc cần cầu một nhánh - Tiến hành cầu tẩm modul tường và lắp vào vị trí. Trước lúc cầu lắp, phải đem các gioăng cao su lắp giữa các tấm tường. Một tấm tường được cầu lên, từ từ đưa vào vị trí, công nhân ở tầng dưới và tầng trên để điều chỉnh và bắt vít liên kết cố định tạm - Sau khi lắp xong một bộ phận mảng tường, cần phải tiến hành đo đạc theo cả 3 phương, công tác điều chỉnh có thể dùng dây dọi, palăng xích... để tiến hành. Thông qua phương pháp xiết chặt bulông. Sau khi kết thúc điều chỉnh, khóa các đầu nối và gối tựa
Lắp các chi tiết bên trong và vệ sinh vách kính	1. Lắp đặt các linh kiện bên trong 2. Thay kính 3. Vệ sinh vách kính	- Sau khi cố định vĩnh viễn vách kính, tiến hành lắp đặt các chi tiết bên trong như máng rãnh... - Các tấm kính bị hỏng do quá trình thi công lắp đặt cần được thay thế. - Vệ sinh sạch sẽ tường kính, có phương án bảo vệ, giữ gìn vệ sinh cho tường kính đến khi được bàn giao.



6. Kết luận

Thi công vách kính bao che cho nhà cao tầng và siêu cao tầng theo phương pháp lắp ghép modul có nhiều ưu điểm như: đảm bảo chất lượng, rút ngắn thời gian thi công trên công trường, tăng tính an toàn khi thi công... do đó, đang trở thành xu hướng thi công tất yếu ở Việt Nam.

Tuy nhiên, biện pháp thi công này đòi hỏi nhà thầu thi công phải có trang thiết bị hiện đại, tổ chức quản lý thi công đồng bộ từ khâu sản xuất trong nhà máy đến vận chuyển, lắp ráp tại hiện trường. Đồng thời, cũng yêu cầu các quá trình thí nghiệm, nghiệm thu công phu, phức tạp, trang thiết bị đầy đủ. Nhiều công trình ở nước ta hiện nay, việc thi công vách kính này vẫn do nhà thầu nước ngoài đảm nhận. Việc trong thời gian ngắn, các nhà thầu trong nước đáp ứng được các yêu cầu này là rất khó, trước mắt các nhà thầu trong nước có thể thông qua liên doanh, liên kết với các nhà thầu nước ngoài để làm chủ công nghệ và dần dần làm chủ thiết bị thi công.

Thông qua nghiên cứu các công trình cụ thể ở Việt Nam và trên thế giới, nghiên cứu đề ra quy trình thi công vách kính bao che nhà cao tầng và siêu cao tầng theo phương pháp lắp ghép modul; đồng thời, cũng đưa ra các chỉ dẫn kỹ thuật cho việc thi công và nghiệm thu kết cấu bao che này nhằm đảm bảo được chất lượng công trình.

Tài liệu tham khảo

1. JGJ 102-2003 (2003), *Technical code for glass curtain wall engineering*, Ministry of Construction, People's Republic of China.
2. TCVN 7505:2005 (2005), *Quy phạm sử dụng kính trong xây dựng - Lựa chọn và lắp đặt*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
3. TCVN 7219:2002 (2002), *Kính tẩm xây dựng - Phương pháp thử*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
4. TCVN 7452:2004 (2004), *Cửa sổ và cửa đi - Phương pháp thử*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
5. ASTM E283-04 (2004), *Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Door Under Specified Pressure Differences Across the Specimen*, United States.
6. ASTM E331-00 (2000), *Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference*, United States.
7. JGJ/T 139-2001 (2001), *Standard for testing of engineering quality of glass curtain walls*, Ministry of Construction, People's Republic of China.