



TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ ISO 14644-3

Phiên bản thứ hai
2019-08

Phòng sạch và Môi trường liên quan được kiểm soát -

**Phần 3:
Các phương pháp kiểm tra**

This second edition of ISO 14644-3 cancels and replaces the first edition (ISO 14644-3:2005), which has been technically revised

Phiên bản thứ 2 của tiêu chuẩn ISO 14644-3 này (2019-08) thay thế cho phiên bản đầu tiên năm 2005. Phiên bản mới này đã được điều chỉnh lại về mặt kỹ thuật

**Nội Dung**

1	Phạm vi ứng dụng	001
2	Tài liệu tham khảo quy chuẩn	001
3	Các thuật ngữ và định nghĩa	002
3.1	Thuật ngữ chung	002
3.2	Thuật ngữ liên quan đến các phân tử khí	004
3.3	Thuật ngữ liên quan đến hệ thống và bộ lọc khí	006
3.4	Thuật ngữ liên quan đến dòng khí và các trạng thái vật lý khác	007
3.5	Thuật ngữ liên quan đến phép đo tĩnh điện	009
3.6	Thuật ngữ liên quan đến các thiết bị đo và các điều kiện khi đo	010
3.7	Thuật ngữ liên quan đến các trạng thái phòng	011
4	Các quy trình kiểm tra	012
4.1	Kiểm tra phòng sạch	012
4.1.1	Tổng quan	012
4.1.2	Các kiểm tra thử nghiệm hỗ trợ	012
4.2	Nguyên lý	015
4.2.1	Kiểm tra chênh áp	015
4.2.2	Kiểm tra dòng khí	015
4.2.3	Kiểm tra hướng dòng khí và trực quan	015
4.2.4	Kiểm tra khả năng phục hồi	016
4.2.5	Kiểm tra nhiệt độ	016
4.2.6	Kiểm tra độ ẩm	016
4.2.7	Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp	016
4.2.8	Kiểm tra rò rỉ trong khu vực sạch	017
4.2.9	Kiểm tra tĩnh điện và ion hóa	017
4.2.10	Kiểm tra sự lắng đọng của hạt	017
4.2.11	Kiểm tra ngăn cách	018
5	Các báo cáo thử nghiệm	018
	Phụ lục A (cung cấp thông tin) Lựa chọn các kiểm tra hỗ trợ và checklist	020
	Phụ lục B (cung cấp thông tin) Các phương pháp kiểm tra hỗ trợ	027
	Phụ lục C (cung cấp thông tin) Các thiết bị đo	088
	Danh mục	103

1 Scope

This document provides test methods in support of the operation for cleanrooms and clean zones to meet air cleanliness classification, other cleanliness attributes and related controlled conditions.

Performance tests are specified for two types of cleanrooms and clean zones: those with unidirectional airflow and those with non-unidirectional airflow, in three possible occupancy states: as-built, at-rest and operational.

The test methods, recommended test apparatus and test procedures for determining performance parameters are provided. Where the test method is affected by the type of cleanroom or clean zone, alternative procedures are suggested.

For some of the tests, several different methods and apparatus are recommended to accommodate different end-use considerations. Alternative methods not included in this document can be used by agreement between customer and supplier. Alternative methods do not necessarily provide equivalent measurements.

This document is not applicable to the measurement of products or of processes in cleanrooms, clean zones or separative devices.

NOTE This document does not purport to address safety considerations associated with its use (for example, when using hazardous materials, operations and equipment). It is the responsibility of the user of this document to establish appropriate safety and health practices and to determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

1 Phạm vi ứng dụng

Tài liệu này cung cấp những phương pháp kiểm tra thử nghiệm trong việc hỗ trợ vận hành các phòng sạch và vùng sạch để đáp ứng phân loại cấp độ sạch không khí, các thông số khác và các điều kiện kiểm soát có liên quan.

Các kiểm tra hiệu năng được cụ thể cho hai kiểu phân loại phòng sạch hoặc vùng sạch: đó là khu vực với dòng khí một chiều và khu vực dòng khí rối, trong ba trạng thái: đã hoàn công, trạng thái nghỉ và vận hành.

Cung cấp các phương pháp kiểm tra thử nghiệm, các thiết bị dụng cụ đo đề xuất, các quy trình kiểm tra thử nghiệm trong việc xác định các thông số hiệu năng. Những chỗ mà phương pháp kiểm tra bị ảnh hưởng bởi kiểu phòng sạch hoặc vùng sạch, và các quy trình thay thế được đề xuất.

Đối với một vài kiểm tra thử nghiệm, có một vài phương pháp và thiết bị đo khác nhau được đưa ra để thích hợp với những cân nhắc khác nhau của người sử dụng. Những phương pháp khác mà không được nhắc tới trong tài liệu này có thể được áp dụng nếu có sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Và các phương pháp thay thế không cần nhất thiết phải cung cấp các phép đo tương đương.

Tài liệu này không ứng dụng để đo đạt cho các sản phẩm hoặc các quy trình trong các phòng sạch, các vùng sạch hoặc các thiết bị cách ly.

Ghi chú: Tài liệu này không đề cập đến những cân nhắc an toàn khi sử dụng (ví dụ như là việc sử dụng các chất nguy hiểm, các hoạt động, thiết bị). Khi áp dụng tài liệu này, người sử dụng phải có trách nhiệm thiết lập các điều kiện an toàn, bảo vệ sức khỏe và xác định khả năng áp dụng các giới hạn quy định trước khi sử dụng.

2 Tài liệu tham khảo quy chuẩn

Không có tài liệu tham khảo quy chuẩn nào trong tài liệu này.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

EC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

3.1 General terms

3.1.1 clean room

room within which the number concentration of airborne particles (3.2.1) is controlled and classified, and which is designed, constructed and operated in a manner to control the introduction, generation and retention of particles inside the room

Note 1 to entry: The class of airborne particle concentration (3.2.4) is specified.

Note 2 to entry: Levels of other cleanliness attributes such as chemical, viable or nanoscale concentrations in the air, and also surface cleanliness in terms of particle, nanoscale, chemical and viable concentrations might also be specified and controlled.

Note 3 to entry: Other relevant physical parameters might also be controlled as required, e.g temperature, humidity, pressure. vibration and electrostatic.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.1]

3 Các thuật ngữ và định nghĩa

Các thuật ngữ và định nghĩa sau được áp dụng cho tài liệu này.

ISO và IEC duy trì cơ sở dữ liệu thuật ngữ để sử dụng trong việc tiêu chuẩn hóa tại các link sau:

ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

EC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

3.1 Các thuật ngữ chung

3.1.1 Phòng sạch

Phòng mà bên trong có nồng độ hạt trong không khí (3.2.1) được kiểm soát và phân cấp, và nó được thiết kế, xây dựng và vận hành theo cách thức để kiểm soát luồng không khí cấp vào, kiểm soát sự tạo ra và lưu giữ các hạt bên trong phòng.

Ghi chú 1: Cấp độ của nồng độ hạt trong không khí được quy định tại mục (3.2.4).

Ghi chú 2: Các mức thuộc tính khác liên quan đến độ sạch như hóa chất, nồng độ vi hạt trong không khí hoặc hạt chứa các vi sinh vật sống, và cả độ sạch trên bề mặt xét về cấp độ hạt rất nhỏ, cỡ nano, thiết lập quy định và kiểm soát các nồng độ hạt có thể tồn tại và các hóa chất khác.

Ghi chú 3: Các thông số vật lý liên quan khác cũng được kiểm soát, ví dụ như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, tĩnh điện và rung động.

[Nguồn: ISO 14644-1:2015, 3.1.1]

3.1.2 clean zone

defined space within which the number concentration of airborne particles (3.2.1) is controlled and classified, and which is constructed and operated in a manner to control the introduction, generation and retention of contaminants inside the space.

Note 1 to entry: The class of airborne particle concentration (3.2.4) is specified.

Note 2 to entry: Levels of other cleanliness attributes such as chemical, viable or nanoscale concentrations in the air, and also surface cleanliness in terms of particle, nanoscale. chemical and viable concentrations might also be specified and controlled.

Note 3 to entry: A clean zone(s) can be a defined space within a cleanroom (3.1.1) or might be achieved by a separative device. Such a device can be located inside or outside a clean room.

Note 4 to entry: Other relevant physical parameters might also be controlled as required, e.g temperature, humidity, pressure, vibration and electrostatic.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.2]

3.1.3 installation

cleanroom or one or more clean zones (3.1.2), together with all associated structures, air treatment systems, services and utilities.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.3]

3.1.4 separative device

equipment utilizing constructional and dynamic means to create assured levels of separation

3.1.2 Vùng sạch

Không gian được xác định mà ở trong đó nồng độ hạt trong không khí (3.2.1) được kiểm soát và phân cấp, và nó được xây dựng và vận hành theo cách mà kiểm soát luồng không khí cấp, kiểm soát sự tạo ra và đọng lại của các chất gây ô nhiễm ở bên trong không gian.

Ghi chú 1: Cấp độ của nồng độ hạt trong không khí được quy định tại mục (3.2.4).

Ghi chú 2: Các mức thuộc tính khác liên quan đến độ sạch như hóa chất, nồng độ vi hạt trong không khí hoặc hạt chứa vi sinh vật sống, và cả độ sạch trên bề mặt xét về cấp độ hạt rất nhỏ, cỡ nano, thiết lập quy định và kiểm soát các nồng độ hạt có thể tồn tại và các hóa chất khác.

Ghi chú 3: Một hoặc nhiều vùng sạch có thể là một không gian xác định trong phòng sạch (3.1.1) hoặc đạt được bằng một thiết bị cách ly. Ví như một thiết bị có thể được đặt trong hoặc ngoài phòng sạch.

Ghi chú 4: Các thông số vật lý liên quan khác cũng được kiểm soát, ví dụ như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, tĩnh điện và rung động.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.2]

3.1.3 Lắp đặt

Phòng sạch hoặc là một hay nhiều vùng sạch, cùng với tất cả cấu trúc liên quan, các hệ thống xử lý không khí, các dịch vụ và tiện ích.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.3]

3.1.4 Thiết bị cách ly

Thiết bị sử dụng các phương tiện cấu trúc và chức năng để tạo ra sự cách ly giữa các luồng không

between the inside and outside of a defined volume.

Note 1 to entry: Some industry-specific examples of separative devices are clean air hoods, containment enclosures, glove boxes, isolators and mini-environments.

[SOURCE: ISO 14644-7:2004, 3.17]

3.1.5 resolution

smallest change in a quantity being measured that causes a perceptible change in the corresponding indication

Note 1 to entry: Resolution can depend on, for example, noise (internal or external) or friction. It may also depend on the value of a quantity being measured.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.4.1]

3.1.6 Sensitivity

quotient of the change in an indication of a measuring system and the corresponding change in a value of the quantity being measured

3.2 Terms related to airborne particles

3.2.1 airborne particle

solid or liquid object suspended in air, viable or non-viable, sized between 1 nm and 100 µm

Note 1 to entry: For classification purposes, refer to ISO 14644-1:2015, 3.2.1.

khí bên trong và bên ngoài của thiết bị.

Ghi chú 1: Một số ví dụ cụ thể trong ngành về các thiết bị cách ly như là các chụp hút không khí sạch - clean air hoods, các thiết bị cô lập vùng sạch trong sản xuất – containment enclosures, những hộp đựng găng tay (cô lập với không khí bẩn), các thiết bị cô lập khác hoặc những không gian nhỏ.

[SOURCE: ISO 14644-7:2004, 3.17]

3.1.5 Độ phân giải

Sự biến đổi nhỏ nhất của một đại lượng (được đo) dẫn đến sự thay đổi có thể nhận ra được tương ứng.

Ghi chú 1: độ phân giải có thể phụ thuộc vào độ ồn bên trong và bên ngoài hoặc ma sát. Nó cũng có thể phụ thuộc vào giá trị của đại lượng được đo đạt.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.4.1]

3.1.6 Độ nhạy

Tỷ lệ của sự biến đổi chỉ số thuộc một hệ thống đo đạt và sự biến đổi tương ứng trong một giá trị đại lượng được đo. (nôm na là tỷ số phát hiện được/tổng trường hợp đúng.)

3.2 Thuật ngữ liên quan đến hạt trong không khí

3.2.1 Hạt trong không khí

Những vật thể dạng rắn hoặc lỏng lơ lửng trong không khí, hạt chứa vi sinh vật sống hoặc không, kích thước hạt từ 1 nm đến 100 µm

Ghi chú 1: tham khảo ISO 14644-1:2015, 3.2.1 về các mục đích phân loại hạt

3.2.2**count median particle diameter**

median particle diameter based on the number of particles

Note 1 to entry: For the count median, one half of the particle number is contributed by the particles with a size smaller than the count median size, and one half by particles larger than the count median size.

3.2.3**mass median particle diameter**

median particle diameter based on the particle mass

Note 1 to entry: For the mass median, one half of mass of all particles is contributed by particles with a size smaller than the mass median size, and one half by particles larger than the mass median size.

3.2.4**particle concentration**

number of individual particles per unit volume of air

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.2.3]

3.2.5**particle size**

diameter of a sphere that produces a response, by a given particle-sizing instrument, that is equivalent to the response produced by the particle being measured

Note 1 to entry: For light-scattering airborne-particle instruments, the equivalent optical diameter is used.

[SOURCE: ISO 14644-E2015.3.2.2]

3.2.2**Đường kính trung bình của hạt theo số lượng**

Đường kính trung bình của hạt dựa trên số lượng của các hạt

Ghi chú 1: một nửa số lượng hạt được tính là những hạt có kích thước nhỏ hơn kính thước trung bình và một nửa còn lại có kích thước lớn hơn kích thước trung bình của hạt.

3.2.3**Đường kính trung bình của hạt theo khối lượng**

Đường kính trung bình của hạt dựa trên khối lượng hạt

Ghi chú 1: một nửa khối lượng của tất cả các hạt được tính là các hạt có kích thước nhỏ hơn kính thước trung bình và một nửa còn lại có kích thước lớn hơn kích thước trung bình của hạt.

3.2.4**Nồng độ hạt**

Số lượng những hạt riêng lẻ trên một đơn vị thể tích không khí

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.2.3]

3.2.5**kích thước hạt**

đường kính một hình cầu tạo ra một tín hiệu thông qua một dụng cụ định cỡ nhất định, nó tương đương với tín hiệu tạo ra bởi hạt được đo

Ghi chú 1: Đối với các dụng cụ đo hạt trong không khí tán xạ ánh sáng, thì sử dụng kích thước quang học tương đương.

[SOURCE: ISO 14644-E2015.3.2.2]

3.2.6 particle size distribution

cumulative distribution of particle concentration ([3.2.4](#)) as a function of particle size ([3.2.5](#)).

[SOURCE: ISO 14644-12015, 3.2.4]

3.2.7 test aerosol

gaseous suspension of solid and/or liquid particles with known and controlled size distribution and concentration

3.3 Terms related to air filters and systems

3.3.1 aerosol challenge

challenging of a filter or an installed filter system ([3.3.6](#)) by test aerosol ([3.2.7](#))

3.3.2 designated leak

maximum allowable penetration, which is determined by agreement between customer and supplier, through a leak ([3.3.8](#)), detectable during scanning ([3.3.9](#)) of a filter installation ([3.1.3](#)) with light scattering airborne-particle counters (LSAPC) or aerosol photometers ([3.6.2](#))

3.3.3 dilution system

system where in aerosol is mixed with particle-free dilution air in a known volumetric ratio to reduce concentration

3.3.4 filter system

3.2.6 Sự phân bố kích thước hạt

Sự phân bố tích lũy của nồng độ hạt ([3.2.4](#)) như một hàm của kích thước hạt ([3.2.5](#)).

[SOURCE: ISO 14644-12015, 3.2.4]

3.2.7 Chất sol khí dùng để test

khí lơ lửng được tạo ra từ các hạt rắn và/hoặc hạt lỏng được xác định trước và kiểm soát nồng độ cũng như sự phân bố kích thước hạt

3.3 Thuật ngữ liên quan đến hệ thống và bộ lọc

3.3.1 Thử thách bằng sol khí

Thử thách hay thử nghiệm một bộ lọc hoặc một hệ thống lọc đã lắp ([3.3.6](#)) bằng chất test ([3.2.7](#)).

3.3.2 Rò rỉ chỉ định

Độ thâm nhập tối đa cho phép được xác định theo sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, thông qua rò rỉ ([3.3.8](#)), có thể phát hiện được trong quá trình quét ([3.3.9](#)) của một bộ lọc ([3.1.3](#)) với máy đếm hạt tán xạ ánh sáng (LSAPC) hoặc là thiết bị quang học sol khí ([3.6.2](#))

3.3.3 Hệ thống pha loãng

Hệ thống pha trộn chất test – sol khí với không khí (không chứa hạt) theo một tỷ lệ thể tích biết trước nhằm giảm nồng độ của chất test

3.3.4 Hệ thống lọc

assembly composed of filter, frame and other support mechanism or other housing

3.3.5 final filter

filter in a final position before the air enters the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2)

3.3.6 installed filter system

filter system (3.3.4) mounted in the ceiling, wall, apparatus or duct

3.3.7 installed filter system leakage test

test performed to confirm that the filters are properly installed by verifying that there is absence of bypass leakage of the filter installation (3.1.3), and that the filters and the grid system are free of defects and leaks (3.3.8)

3.3.8 leak

< of air filter system > penetration of contaminants that exceed an expected value of downstream concentration through lack of integrity or defects

3.3.9 scanning

method for disclosing *leaks* (3.3.8) in filters and parts of units, whereby the probe inlet of an aerosol photometer (3.6.2) or a light-scattering airborne-particle counter is moved in overlapping strokes across the defined test area

3.4 Terms related to airflow and other physical states

Được lắp ráp bởi bộ lọc, khung và các cấu tạo giá đỡ khác hoặc housing

3.3.5 Bộ lọc cuối

Lọc nằm ở vị trí cuối cùng trước khi dòng khí được đưa vào phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2)

3.3.6 Hệ thống lọc đã lắp

Hệ thống lọc (3.3.4) được gắn lên trần, tường, thiết bị (ví dụ: AHU) hoặc ống gió

3.3.7 Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp

Việc thực hiện kiểm tra để xác định rằng các bộ lọc được lắp đặt hợp lý bằng việc xác minh rằng không có rò rỉ của việc lắp đặt bộ lọc (3.1.3), và các bộ lọc cũng như là hệ thống grid (khung giữ) không có xuất hiện các rò rỉ (3.3.8)

3.3.8 Rò rỉ

Sự xâm nhập của chất ô nhiễm vượt quá giá trị dự kiến tại nồng độ downstream thông qua các lỗi tại hệ thống lọc hoặc hệ thống lọc không còn toàn vẹn.

3.3.9 Quét

Phương pháp làm lộ ra rò rỉ (3.3.8) của các bộ lọc và các cấu kiện khác của bộ lọc, theo đó đầu vào của đầu dò máy quang sol khí (3.6.2) hoặc máy đếm hạt tán xạ ánh sáng được di chuyển theo các đường chồng lên nhau trên tiết diện xác định

3.4 Thuật ngữ liên quan đến dòng khí và các trạng thái vật lý khác

3.4.1**air change rate
air exchange rate**

rate expressing number of air changes per unit of time and calculated by dividing the volume of air delivered in the unit of time by the volume of the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2)

3.4.2**measuring plane**

cross-sectional area for testing or measuring a performance parameter such as the airflow velocity

3.4.3**non-unidirectional airflow**

air distribution where the supply air entering the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2) mixes with the internal air by means of induction

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.2.8]

3.4.4**supply air volume flow rate**

air volume per unit of time supplied into a cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2) from final filters (3.3.5) or air ducts

3.4.5**total air volume flow rate**

air volume per unit of time that passes through a section of a cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2)

3.4.6**unidirectional airflow****3.4.1****Số lần trao đổi khí**

Tỷ lệ của sự thay đổi không khí trên một đơn vị thời gian và được tính bằng cách chia thể tích không khí lưu thông trên một đơn vị thời gian cho thể tích của phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2)

3.4.2**Mặt phẳng đo**

Tiết diện mặt cắt phục vụ việc test hoặc đo đạt một thông số vận hành ví dụ như là vận tốc dòng khí

3.4.3**Dòng khí rối**

Sự phân bố không khí tại nơi mà luồng khí cấp vào trong phòng sạch hoặc vùng sạch trộn với không khí bên trong phòng tạo nên các xoáy rối tương tác với nhau tạo nên tính bất thường của dòng thổi

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.2.8]

3.4.4**Mức thể tích luồng khí cấp**

Thể tích khí trên một đơn vị thời gian cung cấp vào một phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2) từ các bộ lọc cuối (3.3.5) hoặc các ống gió

3.4.5**Tổng mức thể tích luồng khí**

Thể tích khí trên một đơn vị thời gian đi qua một tiết diện của một phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2)

3.4.6**Dòng khí một chiều (theo tầng)**

controlled airflow through the entire cross-section of a cleanroom (3.1.1) or a clean zone (3.1.2) with a steady velocity and airstreams that are considered to be parallel

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.32.7]

3.4.7 uniformity of velocity

unidirectional airflow (3.4.6) pattern in which the point-to-point readings of velocity (speed and direction of airflow) are within a defined percentage of the average airflow velocity

3.5 Terms related to electrostatic measurement

3.5.1 discharge time

time required to reduce the voltage to the level, positive or negative, to which an isolated conductive monitoring plate was originally charged

3.5.2 offset voltage

voltage that accumulates on an initially uncharged isolated conductive plate when that plate is exposed to an ionized air environment

3.5.3 static-dissipative property

capability for reducing electrostatic charge on work or product surface, as a result of conduction or other mechanism to a specific value or nominal zero charge level

3.5.4 surface voltage level

Dòng khí được kiểm soát trên toàn bộ tiết diện của một phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2) với một vận tốc ổn định và các luồng khí được xem là song song

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.32.7]

3.4.7 Sự đồng nhất vận tốc

Luồng khí một chiều (3.4.6) mà trong đó giá trị vận tốc (tốc độ và hướng của dòng khí) đo và đọc được từ điểm này sang điểm kia nằm trong một tỷ lệ % xác định của giá trị vận tốc trung bình

3.5 Thuật ngữ liên quan đến phép đo tĩnh điện

3.5.1 Thời gian xả điện

Thời gian cần để giảm điện áp (dương hoặc âm) về mức mà tấm giám sát dẫn điện cô lập đã được sạc ban đầu

3.5.2 Điện áp bù

Điện áp tích lũy trên tấm dẫn điện bị cô lập (ban đầu không được sạc) khi mà nó tiếp xúc với môi trường không khí bị ion hóa

3.5.3 Tính chất tiêu tán tĩnh điện

Khả năng giảm lượng tĩnh điện trên bề mặt sản phẩm hoặc bề mặt làm việc nhờ kết quả của việc truyền dẫn hay các cơ chế khác đến một giá trị cụ thể và thường là về mức 0

3.5.4 Mức điện áp bề mặt

positive or negative voltage level of electrostatic charging on work or product surface, as indicated by use of suitable apparatus

3.6 Terms related to measuring apparatus and measuring conditions

3.6.1

aerosol generator

apparatus capable of generating particulate matter having appropriate size range (e.g 0,05 μm to 2 μm) at a constant concentration, which can be produced by thermal, hydraulic, pneumatic, acoustic or electrostatic means

3.6.2

aerosol photometer

light-scattering airborne particle (3.2.1) mass concentration measuring apparatus, which uses a forward-scattered-light optical chamber to make measurements

3.6.3

airflow capture hood with measuring device

device with apparatus to completely cover the filter or air diffuser, and collect the air to directly measure the air volume flow rate

3.6.4

LSAPC

light scattering airborne particle counter

apparatus capable of counting and sizing single airborne particles (3.2.1) and reporting size data in terms of equivalent optical diameter

Note 1 to entry: The specifications for a particle counter are given in ISO 21501-4

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.5.1, modified — The term "light scattering discrete airborne particle counter" has been removed. Note 1 to entry has been reworded.]

Mức điện áp dương hoặc âm của lượng tĩnh điện tích trên bề mặt sản phẩm hoặc bề mặt làm việc, có thể dùng thiết bị thích hợp để xác định

3.6 Thuật ngữ liên quan đến các thiết bị đo và các điều kiện đo

3.6.1

Sản xuất sol khí

các thiết bị có khả năng tạo ra các vật chất hạt có cỡ hạt thích hợp (ví dụ từ 0,05 μm to 2 μm) ở nồng độ không đổi, có thể được sản xuất bằng cách thức như nhiệt học, thủy lực, khí nén, âm thanh hoặc tĩnh điện

3.6.2

Quang học sol khí

Thiết bị đo nồng độ khối lượng hạt trong không khí (3.2.1) bị tán xạ ánh sáng, nó sử dụng một cái buồng quang học tán xạ ánh sáng về phía trước để thực hiện đo đạt

3.6.3

Chụp bắt gió với thiết bị đo

Dụng cụ với máy móc để bao phủ toàn bộ lọc hoặc sự phân tán không khí để gom toàn bộ dòng khí lại và đo đặc trực tiếp lưu lượng dòng khí

3.6.4

LSAPC

Máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng

Thiết bị với khả năng đếm và định cỡ các hạt riêng biệt trong không khí và đưa ra báo cáo dữ liệu kích thước theo đường kính quang học tương đương

Ghi chú 1: các thông số kỹ thuật đếm hạt được đưa ra tại tiêu chuẩn ISO 21501-4

[Nguồn: ISO 14644-1:2015, 3.5.1, đã sửa đổi — thuật ngữ "light scattering discrete airborne particle counter" đã bị loại bỏ. Note 1 đã được sửa lại.]

3.6.5**Witness plate**

material of defined surface area used in lieu of direct evaluation of a specific surface that is either inaccessible or too sensitive to be handled

3.7 Terms related to occupancy states**3.7.1****as-built**

condition where the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2) is complete with all services connected and functioning but with no equipment, furniture, materials or personnel present

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.1]

3.7.2**at-rest**

condition where the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2) is complete with equipment installed and operating in a manner agreed upon, but with no personnel present

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.2]

3.7.3**operational**

agreed condition where the cleanroom (3.1.1) or clean zone (3.1.2) is functioning in the specified manner, with equipment operating and with the specified number of personnel present

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.3]

3.6.5**Tấm mô phỏng**

Vật liệu có tiết diện bề mặt xác định dùng để đánh giá thay cho các bề mặt cụ thể nào đó mà không thể tiếp cận hoặc là quá nhạy cảm để được xử lý

3.7 thuật ngữ liên quan đến các trạng thái của khu vực sạch**3.7.1****Đã hoàn công**

Phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2) đã hoàn thành tất cả về kết nối các dịch vụ và chức năng nhưng chưa có thiết bị, nội thất, các vật liệu hoặc con người (xây dựng xong và đã kết nối các hệ cơ điện, ...)

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.1]

3.7.2**Trạng thái nghỉ**

Phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2) đã được lắp đặt xong các thiết bị và vận hành theo cách đã thỏa thuận, tuy nhiên chưa có sự hiện diện của nhân viên

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.2]

3.7.3**Trạng thái vận hành**

Phòng sạch (3.1.1) hoặc vùng sạch (3.1.2) đang hoạt động theo cách cụ thể với các thiết bị đang hoạt động và có sự hiện diện của số lượng nhân viên cụ thể

[SOURCE: ISO 14644-1:2015.3.3.3]

4 Test procedures

4.1 Cleanroom tests

4.1.1 General

ISO 14644-1 ^[1] shall be carried out in order to classify a cleanroom or clean zone by airborne particle concentration. Additional cleanliness attributes should be chosen if required (see [Table 1](#)).

NOTE Each standard contains specifications for test methods based on the characteristics of specific attributes, guidance on evaluating the test data and specifications for test apparatus.

4 Các quy trình kiểm tra

4.1 Các kiểm tra cho phòng sạch

4.1.1 Tổng quan

ISO 14644-1 ^[1] cần được thực hiện để phân loại một phòng sạch hoặc vùng sạch theo nồng độ hạt trong không khí. Các thuộc tính độ sạch bổ sung nên được chọn nếu cần (xem [Table 1](#)).

Ghi chú: mỗi tiêu chuẩn bao gồm các thông số ứng với các phương pháp test dựa trên các đặc tính của các thông số cụ thể, hướng dẫn đánh giá dữ liệu test và thông số cho các thiết bị test

**Table 1 — Cleanliness attribute tests for cleanrooms and clean zones
các kiểm tra thuộc tính độ sạch cho phòng sạch và vùng sạch**

General description Mô tả chung	Referenced in Tham khảo trong
Levels of surface cleanliness by particle concentration Các mức độ sạch của bề mặt theo nồng độ hạt	ISO 14644-9 ^[6]
Levels of air cleanliness by chemical concentration Các mức độ sạch của không khí theo nồng độ hóa chất	ISO 14644-8 ^[5]
Levels of surface cleanliness by chemical concentration Các mức độ sạch của bề mặt theo nồng độ hóa chất	ISO 14644-10 ^[7]
Monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration Giám sát độ sạch không khí theo nồng độ vi hạt	ISO 14644-12 ^[8]

4.1.2 Supporting tests

[Table 2](#) lists other appropriate tests that can be used for measuring the performance of a cleanroom or clean zone installation. These tests may be applied in each of the three designated occupancy states; refer to details in [Annex B](#) for suggested applications. These tests may not be all-inclusive. Also, they may not all be required for any given project. Tests and test methods should be selected in a manner agreed between the customer and supplier. Selected tests can also be repeated on a regular basis as part of

4.1.2 Các kiểm tra hỗ trợ

[Table 2](#) Liệt kê các kiểm tra khác phù hợp có thể được dùng để đo đạt hiệu năng lắp đặt của một phòng sạch hoặc vùng sạch. Những kiểm tra này có thể được ứng dụng một trong ba trạng thái khu vực sạch; để xem các ứng dụng được đề xuất tham khảo chi tiết trong [Annex B](#). Không cần phải thực hiện tất cả các bài kiểm tra này. Ngoài ra, không phải bất cứ dự án nào cũng được yêu cầu những bài kiểm tra này. Các kiểm tra thử nghiệm và phương pháp nên được chọn theo cách mà khách hàng và nhà cung cấp thỏa thuận với nhau. Các



routine monitoring or periodic testing. Guidelines for the selection of tests and a checklist of tests are given in [Annex A](#). Test methods are outlined in [Annex B](#).

NOTE The test methods described in [Annex B](#) are in outline form only. Specific methods can be developed to meet the needs of the particular application.

kiểm tra thử nghiệm được chọn có thể được thực hiện lại thường xuyên như là sự giám sát theo chu kỳ hoặc kiểm tra định kỳ. Các hướng dẫn chọn các mục kiểm tra và danh sách checklist được đưa ra tại [Annex A](#). Các phương pháp kiểm tra thì được phát thảo trong [Annex B](#).

Ghi chú: các phương pháp kiểm tra thử nghiệm được mô tả trong [Annex B](#) chỉ ở dạng phác thảo. Các phương pháp cụ thể cần được phát triển để đạt được các nhu cầu tùy ứng dụng cụ thể.

Table 2 – Supporting tests
Các kiểm tra hỗ trợ

Supporting tests	Reference in ISO 14644-3 Tham khảo trong tiêu chuẩn ISO 14644-3		
	Principle Nguyên lý	Procedure Quy trình	Apparatus Thiết bị
Air pressure difference test Kiểm tra chênh áp	4.2.1	B.1	C.2
Airflow test Kiểm tra dòng khí	4.2.2	B.2	C.3
Airflow direction test and visualization Kiểm tra hướng dòng khí và trực quan	4.2.3	B.3	C.4
Recovery test Kiểm tra khả năng phục hồi	4.2.4	B.4	C.5
Temperature test Kiểm tra nhiệt độ	4.2.5	B.5	C.6
Humidity test Kiểm tra độ ẩm	4.2.6	B.6	C.7
Installed filter system leakage test Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp	4.2.7	B.7	C.8
Containment leak test Kiểm tra rò rỉ trong khu vực sạch	4.2.8	B.8	C.9
Electrostatic and ion generator tests Kiểm tra tĩnh điện và ion hóa	4.2.9	B.9	C.10
Particle deposition test ^a Kiểm tra sự lắng đọng các hạt	4.2.10	B.10	C.11
Segregation test Kiểm tra ngăn cách	4.2.11	B.11	C.12

NOTE These supporting tests are not presented in order of importance or chronological order. The order in which tests are performed can be based on the requirements of a specific document or after agreement between the customer and supplier.

Ghi chú: những kiểm tra ở bảng trên không được trình bày theo thứ tự quan trọng hay thời gian thực hiện. Thứ tự thực hiện các kiểm tra có thể dựa theo những yêu cầu cụ thể của tài liệu nào đó hoặc là theo sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

^a The particle deposition test can also be considered a test for cleanroom performance in the operational state.

^a Kiểm tra sự lắng đọng các hạt có thể được coi là thử nghiệm hiệu suất phòng sạch ở trạng thái vận hành chính thức

4.2 Principle

4.2.1 Air pressure difference test

The purpose of the air pressure difference test is to verify the capability of the cleanroom air movement system to maintain the specified pressure differential between the cleanroom and its surroundings. The air pressure difference test should be performed after the cleanroom has met the acceptance criteria for airflow velocity or air volume flow rate, uniformity of velocity and other applicable tests. Details of the air pressure difference test are given in [B.1](#).

4.2.2 Airflow test

This test is performed to measure the supply airflow introduced into both unidirectional and nonunidirectional cleanrooms or clean zones. In unidirectional applications, the supply airflow velocity can be measured with individual point readings to allow for the measurement of velocity and determination of uniformity of velocity. The average of the individual velocity point readings may be used to calculate the supply airflow volume and air change rate (air changes per hour). In non-unidirectional applications, individual velocity point readings are typically not required as uniformity of velocity is generally not necessary. In these cases, airflow volume readings may be measured directly and then used in calculating the air change rate (air changes per hour) for the cleanroom or clean zone. Test procedures for the airflow test are given in [B.2](#).

4.2.3 Airflow direction test and visualization

The purpose of this test is to demonstrate that the airflow direction and its uniformity of velocity conform to the design and performance specifications. The airflow direction test can be conducted in the at-rest state to determine the basic cleanroom airflow patterns and can be

4.2 Nguyên lý

4.2.1 Kiểm tra chênh áp

Mục đích của việc kiểm tra chênh áp là xác định khả năng di chuyển luồng không khí trong phòng sạch để duy trì sự chênh áp suất cụ thể giữa phòng sạch và khu vực xung quanh phòng sạch. Việc kiểm tra chênh áp nên được thực hiện sau khi đã có tiêu chuẩn chấp thuận đối với tốc độ dòng khí hoặc lưu lượng dòng khí, sự đồng nhất của vận tốc và các kiểm tra thử nghiệm khác đã được duyệt. Kiểm tra chênh áp khí được chi tiết tại mục [B.1](#).

4.2.2 Kiểm tra dòng khí

Việc kiểm tra này được thực hiện để đo đạt luồng khí cấp đưa vào phòng sạch và vùng sạch cho cả hai kiểu là dòng một chiều và dòng rối. Trong các ứng dụng dòng khí một chiều, tốc độ dòng khí cấp có thể được đo tại các điểm đo riêng biệt và xác định tính đồng nhất của vận tốc. Giá trị trung bình của các điểm đo vận tốc riêng biệt có thể được dùng trong việc tính toán lưu lượng luồng khí cấp và số lần trao đổi không khí (trên một giờ). Trong các ứng dụng dòng khí rối, thì thường là không cần thiết đo đạt vận tốc tại các điểm riêng biệt và sự đồng nhất của vận tốc nhìn chung cũng không cần thiết. Trong những trường hợp này, chỉ số lưu lượng dòng khí nên được đo trực tiếp và sau đó dùng trong việc tính toán số lần trao đổi không khí (trong một giờ) trong phòng sạch hoặc vùng sạch. Quy trình kiểm tra cho dòng khí được đưa ra trong mục [B.2](#).

4.2.3 Kiểm tra hướng dòng khí và trực quan

Mục đích của việc kiểm tra thử nghiệm này là để chứng minh rằng hướng của dòng khí và sự đồng nhất của vận tốc luồng khí tuân theo thiết kế và các thông số kỹ thuật hiệu suất. Việc kiểm tra hướng của dòng khí nên được thực hiện trong trạng thái nghỉ để xác định các luồng không khí

repeated in the operational state simulating actual operations. Procedures for this test are given in [B.3](#).

4.2.4 Recovery test

The recovery test is performed to determine whether the cleanroom or clean zone is capable of returning to a specified cleanliness level within a finite time, after being exposed briefly to a source of airborne particulate challenge. This test is not recommended for unidirectional airflow. The procedure for this test is given in [B.4](#). When an artificial aerosol is used, the risk of residue contamination of the cleanroom or clean zone should be considered.

4.2.5 Temperature test

The purpose of this test is to verify the air temperature levels are within the control limits over the time period specified by the customer for the area being tested. Procedures for these tests are given in [B.5](#).

4.2.6 Humidity test

The purpose of this test is to verify moisture (expressed as relative humidity or dew point) levels are within the control limits over the time period specified by the customer for the area being tested. Procedures for these tests are given in [B.6](#).

4.2.7 Installed filter system leakage test

These tests are performed to confirm that the final high efficiency air filter system is properly installed by verifying the absence of bypass

ơ bản trong phòng sạch và có thể thực hiện lại việc kiểm tra này trong trạng thái vận hành mô phỏng thực tế. Các quy trình cho việc kiểm tra này được đưa ra tại mục [B.3](#).

4.2.4 Kiểm tra khả năng phục hồi

Kiểm tra khả năng phục hồi nhằm xác minh liệu rằng phòng sạch hay vùng sạch có khả năng trở lại mức độ sạch thiết lập trong khoảng thời gian hữu hạn, sau khi tiếp xúc trong thời gian ngắn với nguồn hạt trong không khí. Việc kiểm tra này thì không được khuyến cáo cho trường hợp dòng khí một chiều. Quy trình kiểm tra được đưa ra tại mục [B.4](#). Khi chất test nhân tạo được sử dụng thì nên cân nhắc về những rủi ro ô nhiễm phòng sạch hoặc vùng sạch do cặn đọng lại từ chất test.

4.2.5 kiểm tra nhiệt độ

Mục đích của việc kiểm tra này là xác minh các mức nhiệt độ không khí nằm trong giới hạn kiểm soát qua các khoảng thời gian được quy định bởi khách hàng đối với khu vực được test. Các quy trình kiểm tra này được đưa ra tại mục [B.5](#).

4.2.6 Kiểm tra độ ẩm

Mục đích của việc kiểm tra này là xác minh mức hơi ẩm (được biểu thị bằng độ ẩm hoặc điểm đọng sương) nằm trong giới hạn kiểm soát qua các khoảng thời gian được quy định bởi khách hàng đối với khu vực được test. Các quy trình kiểm tra này được đưa ra tại mục [B.6](#).

(mức ẩm là lượng hơi nước trong một đơn vị thể tích không khí; độ ẩm là % của mức ẩm so với mức tối đa mà khối khí chứa hơi nước; điểm đọng sương là điểm nhiệt độ mà tại đó không khí bị đọng sương.)

4.2.7 Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt

Những việc test này được thực hiện nhằm xác nhận rằng hệ thống bộ lọc khí final hiệu suất cao đã được lắp đúng thông qua việc xác minh không

leakage in the air filter installation, and that the filters are free of defects (small holes and other damage in the filter medium, frame, seal and leaks in the filter bank framework), These tests are not used to determine the efficiency of the filter medium. The tests are performed by introducing an aerosol challenge upstream of the filters and scanning downstream of the filters and support frame or sampling in a downstream duct. Leak detection methods are given in [B.7](#).

4.2.8 Containment leak test

This test is performed to determine if there is intrusion of unfiltered air into the cleanroom or clean zone(s) from outside the cleanroom or clean zone enclosure(s) through joints, seams, doorways and pressurized ceilings. The procedure for this test is given in [B.8](#).

4.2.9 Electrostatic and ion generator tests

The purpose of these tests is to evaluate electrostatic voltage levels on objects, static-dissipative properties of materials and the performance of ion generators (i.e ionizers) used for electrostatic control in cleanrooms or clean zones. Electrostatic testing is performed to evaluate the electrostatic voltage level on work and product surfaces, and the static dissipative properties of floors, workbench tops, etc. The ion generator test is performed to evaluate the ionizer performance in eliminating static charges on surfaces. Procedures for these tests are given in [B.9](#).

4.2.10 Particle deposition test

The purpose of this test is to verify the quantity and size of particles deposited from the air in the cleanroom onto a surface over an agreed period of time. Procedures for this test are given in [B.10](#).

có rò rỉ trong việc lắp đặt bộ lọc khí (tại viền ngoài của lọc tiếp xúc khung grid hoặc housing, ...), và bộ lọc không bị lỗi (thủng lỗ nhỏ, các hư hại khác tại lưới lọc, khung lọc, phần seal lọc và rò rỉ trong ...). Những quy trình test này không được dùng trong việc xác định hiệu suất của lưới lọc. Những việc test này được thực hiện bằng việc đưa vào một chất sol khí (phun khói, ...) tại upstream của bộ lọc và sau đó quét tại downstream của bộ lọc và khung lọc hoặc là lấy mẫu tại downstream tại bề mặt ống gió. Các phương pháp phát hiện rò rỉ được đưa ra tại mục [B.7](#).

4.2.8 Kiểm tra rò rỉ trong khu vực sạch

Việc test này được thực hiện để xác định xem liệu rằng có sự xâm nhập của không khí từ bên ngoài chưa được lọc vào phòng sạch hoặc các vùng sạch hoặc không khí từ khu vực xung quanh các vùng sạch xâm nhập thông qua các mối nối, đường nối, cửa ra vào và trần điều áp. Quy trình test này được đưa ra tại mục [B.8](#).

4.2.9 Kiểm tra tĩnh điện và ion hóa

Mục đích của những việc kiểm tra này là để đánh giá mức điện áp tĩnh điện trên các vật thể, đặc tính xả tĩnh điện của các vật liệu và hiệu suất của việc tạo ra các ion (nghĩa là ion hóa) được dùng để kiểm soát tĩnh điện trong các phòng sạch hoặc vùng sạch. Kiểm tra tĩnh điện được thực hiện để đánh giá mức điện áp tĩnh điện trên các bề mặt sản phẩm hay các bề mặt làm việc, và đặc tính xả tĩnh điện của sàn, trên các bàn ghế làm việc, vân vân. Kiểm tra ion hóa được thực hiện để đánh giá hiệu suất ion hóa trong việc loại bỏ tích điện trên các bề mặt. Các quy trình cho việc kiểm tra này được đưa ra tại mục [B.9](#).

4.2.10 Kiểm tra lắng đọng hạt

Mục đích của việc kiểm tra này là xác minh số lượng và cỡ của các hạt từ không luồng không khí đọng lại trên các bề mặt trong phòng sạch trong

4.2.11 Segregation test

The purpose of this test is to assess the separation effectiveness achieved by a specific airflow, challenging the lesser classified area with particles and determining the particle concentration in the protected area at the other side of the segregation. Procedures for this test are given in [B.11](#).

5. Test report

The result of each test shall be recorded in a test report, and the test report shall include the following information:

- a) the name and address of the testing organization, and the date on which the test was performed;
- b) a reference to this document (ISO 14644-3:2019);
- c) clear identification of the physical location of the cleanroom or clean zone tested (including reference to adjacent areas if necessary), and specific designations for coordinates of all sampling locations;
- d) the specified designation criteria for the cleanroom or clean zone, including the ISO classification, the relevant occupancy state(s), and the considered particle size(s);
- e) the details of the test method used, with any special conditions relating to the test or departures from the test method, and identification of the test apparatus and its current calibration certificate;
- f) the test result, including data reported as specifically required in the relevant clause of

một khoảng thời gian thỏa thuận. Xem quy trình kiểm tra tại mục [B.10](#).

4.2.11 Kiểm tra ngăn cách

Mục đích của việc kiểm tra này là đánh giá hiệu quả ngăn cách đạt được bằng một luồng khí cụ thể, dùng nguồn hạt thử nghiệm với vùng có cấp độ sạch thấp hơn và xác định nồng độ các hạt trong khu vực được bảo vệ tại mặt bên kia của sự ngăn cách. Quy trình được đưa ra tại [B.11](#).

5. Báo cáo thử nghiệm

Kết quả của mỗi quy trình test sẽ được ghi lại trong một phiếu báo cáo thử nghiệm, và phiếu báo cáo này sẽ bao gồm các thông tin dưới đây:

- a) tên và địa chỉ của tổ chức thực hiện công việc test, và ngày test được thực hiện;
- b) viện dẫn tài liệu này (ISO 14644-3:2019);
- c) ghi rõ ràng vị trí địa lý của phòng sạch hoặc vùng sạch được test (bao gồm cả những vùng lân cận nếu cảm thấy cần thiết), và những chỉ định vị trí tọa độ cụ thể của tất cả các vị trí lấy mẫu;
- d) những tiêu chuẩn chỉ định cụ thể cho phòng sạch hoặc vùng sạch, bao gồm cấp sạch ISO, những trạng thái liên quan, và các kích thước hạt được xem xét tới;
- e) những chi tiết về phương pháp đo được sử dụng, với tất cả những điều kiện đặc biệt liên quan đến việc test hoặc các sai lệch từ phương pháp đo, chứng nhận thiết bị được sử dụng và chứng nhận hiệu chỉnh hiện tại của thiết bị;
- f) kết quả test, bao gồm các báo cáo dữ liệu như những yêu cầu cụ thể trong các điều khoản liên



AIR FILTECH JOINT STOCK COMPANY

Add: 340 Truong Chinh Str, Tan Hung Thuan Ward, Dist 12, Ho Chi Minh City, VN

Tel: (+84) 28 6256 8462 Email: info@airfiltech.vn Website: www.airfiltech.vn

[Annex B](#) and a statement regarding compliance with the claimed designation;

g) any other specific requirements defined relevant to the clause of [Annex B](#) for particular tests.

quan tại [Annex B](#) và một báo cáo về sự tuân thủ chỉ định đã công bố;

g) bất cứ những yêu cầu cụ thể khác đã xác định liên quan đến những điều trong [Annex B](#) cho các kiểm tra cụ thể.

Annex A (informative)

Choice of supporting tests and checklist

A.1 General

Special care should be taken when determining the sequence for carrying out tests for cleanroom, clean zone or controlled zone performance.

The selection and sequence of tests should be determined between customer and supplier and should detect noncompliance at the earliest stage possible and not compromise other tests in the sequence.

A.2 Test checklist

[Table A.1](#) provides a checklist of tests and apparatus.

Phụ lục A (cung cấp thông tin)

Lựa chọn các kiểm tra hỗ trợ và checklist

A.1 Tổng quan

Cần đặc biệt chú ý khi xác định trình tự thực hiện các kiểm tra thử nghiệm chất lượng phòng sạch, vùng sạch hoặc vùng được kiểm soát.

Việc lựa chọn và trình tự thử nghiệm phải được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, việc không tuân thủ nên được phát hiện ở giai đoạn sớm nhất có thể và không làm ảnh hưởng đến các mục kiểm tra khác trong trình tự.

A.2 Test Checklist

[Table A.1](#) cung cấp một checklist các kiểm tra thử nghiệm và các thiết bị.

Table A.1 – Checklist of supporting tests

Selection of test procedure and sequence ^a	Test procedure	Test procedure reference	Selection Of test apparatus ^b	Test apparatus	Apparatus reference	Comments
	Air pressure difference	B.1		Electronic micro-manometer Áp kế điện tử	C.2.2	
	Chênh lệch áp suất			Inclined manometer Áp kế nghiêng	C.2.3	
				Mechanical differential pressure gauge Đồng hồ cơ đo chênh áp	C.2.4	
	Airflow	B.2			C.3	
	Dòng khí					
	Uniformity of velocity within the cleanroom or clean zone (for unidirectional airflow)	B.2.2		Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
	Sự đồng nhất của vận tốc trong phòng sạch hoặc phòng sạch (đối với dòng một chiều)			Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent Máy đo gió siêu âm ba chiều, hoặc tương đương	C.3.1.2	
				Vane-type anemometer Máy đo gió kiểu van	C.3.1.3	
				Tube array Chùm ống đo	C.3.1.5	
	Supply airflow velocity (for unidirectional airflow)	B.2.2.3		Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
	Vận tốc dòng khí cấp (đối với dòng một chiều)			Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent Máy đo gió siêu âm ba chiều, hoặc tương đương	C.3.1.2	
				Vane-type anemometer Máy đo gió kiểu van	C.3.1.3	
				Tube array Chùm ống đo	C.3.1.5	
	Supply air volume flow rate measured by filter face velocity (for unidirectional airflow)	B.2.2.4		Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
	Lưu lượng dòng khí cấp được đo đạt thông qua vận tốc tại bề mặt lọc (đối với dòng một chiều)			Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent Máy đo gió siêu âm ba chiều, hoặc tương đương	C.3.1.2	
				Vane-type anemometer Máy đo gió kiểu van	C.3.1.3	
				Tube array Chùm ống đo	C.3.1.5	

Table A.1 – (continued)

Selection of test procedure and sequence ^a	Test procedure	Test procedure reference	Selection Of test apparatus ^b	Test apparatus	Apparatus reference	Comments
	Supply air volume flow rate in air ducts (for unidirectional airflow) Lưu lượng dòng khí cấp trên đường ống gió (đối với dòng một chiều)	B.2.2.5		Orifice meter Dụng cụ đo Orifice	C.3.2.3	
				Venturi meter Dụng cụ đo Venturi	C.3.2.4	
				Pilot-static tubes and manometer ống đo áp tĩnh và đồng hồ áp	C.3.1.4	
				Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
	Supply air volume flow rate measured at the inlet (for non-unidirectional airflow installation) Lưu lượng dòng khí cấp được đo tại ngõ vào (đối với dòng khí rối)	B.2.3.2		Airflow capture hood With measuring device Chụp bắt gió với dụng cụ đo	C.3.2.2	
	Supply air volume flow rate calculated from filter face velocity (for non-unidirectional airflow i) Lưu lượng dòng khí cấp được tính từ vận tốc tại bề mặt lọc (đối với dòng khí rối i)	B.2.3.3		Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
				Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent Máy đo gió siêu âm ba chiều, thiết bị tương tự	C.3.1.2	
				Vane-type anemometer Máy đo gió kiểu van	C.3.1.3	
	Supply air volume flow rate in air ducts (for non-unidirectional airflow) Lưu lượng dòng khí cấp trên đường ống gió (đối với dòng khí rối)	B.2.3.4		Orifice meter Dụng cụ đo Orifice	C.3.2.3	
				Venturi meter Dụng cụ đo Venturi	C.3.2.4	
				Pitot-static tubes and manometer ống đo áp tĩnh và đồng hồ áp	C.3.1.4	
				Thermal anemometer Máy đo gió kiểu nhiệt	C.3.1.1	
	Airflow direction and visualization Hướng của dòng khí và trực quan	B.3		Tracers Đánh dấu dòng khí để mô phỏng trực quan	C.4.4.1	
				Thermal anemometer	C.4.2	
				Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent	C.4.3	
				Aerosol generator Thiết bị tạo sol khí	C.4.4	
				Ultrasonic nebulizer Máy phun khí dung	C.4.4.2	
				Fog generator Máy tạo sương	C.4.4.3	

Table A.1 – (continued)

Selection of test procedure and sequence ^a	Test procedure	Test procedure reference	Selection Of test apparatus ^b	Test apparatus	Apparatus reference	Comments
	Recovery Khả năng phục hồi độ sạch sau khi bị một nguồn hạt tiếp xúc trong thời gian ngắn	B.4		Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	C.5.1	
				Aerosol generator Máy tạo sol khí	C.5.2	
				Aerosol source substances Các nguồn chất test sol khí	C.5.1	
				Dilution system, equipment Hệ thống pha loãng, thiết bị	C.5.3	
				Thermometer Nhiệt kế	C.5.4	
	Temperature Nhiệt độ	B.5		Expansion Thermometer Nhiệt kế giãn nở	C.6	
				Electrical Thermometer Nhiệt kế điện	C.6 a)	
				Thermal manometers Áp kế kiểu nhiệt	C.6 b)	
	Humidity Độ ẩm	B.6		Dew point hygrometer ẩm kế điểm đọng sương	C.6 c)	
				Electrical conductivity variation hygrometer ẩm kế biến thiên dẫn điện	C.6 d)	
	Installed filter system leakage Rò rỉ hệ thống lọc đã lắp	B.7			C.8	
	Installed filter system leakage scan test with an aerosol photometer Quét kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp với quang học sol khí	B.7.2		Aerosol photometer Máy quang học sol khí	C.8.1	
				Aerosol generator Máy tạo sol khí	C.8.3	
				Test aerosol source substances Các nguồn chất dùng để test	C.8.4	
	Installed filter system leakage scan test with a LSAPC Quét rò rỉ hệ thống lọc đã lắp với LSAPC	B.7.3		Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	C.8.2	
				Aerosol generator Máy tạo sol khí	C.8.3	
				Test aerosol source substances Các nguồn chất dùng để test	C.8.4	
				Dilution system, equipment Hệ thống pha loãng, thiết bị	C.8.5	

Table A.1 – (continued)

Selection of test procedure and sequence ^a	Test procedure	Test procedure reference	Selection Of test apparatus ^b	Test apparatus	Apparatus reference	Comments
	Overall leak test of filters mounted in ducts or air-handling units	B.7.4		Aerosol photometer Quang học sol khí	C.8.1	
			Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	C.8.2		
			Aerosol generator Tạo sol khí	C.8.3		
			Test aerosol source substances Các nguồn chất test	C.8.4		
			Dilution system, equipment (LSAPC method only) Hệ thống pha loãng, thiết bị (chỉ cho phương pháp LSAPC)	C.8.5		
	Containment leak Rò rỉ trong khu vực sạch	B.8			C.9	
	Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	B.8.2.1		Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	C.9.1	
			Aerosol generator Tạo sol khí	C.9.2		
			Test aerosol source substances Các nguồn chất test	C.9.3		
			Dilution system, equipment Hệ thống pha loãng, thiết bị	C.9.4		
	Aerosol photometer method Phương pháp quang học sol khí	B.8.2.2		Aerosol generator Tạo sol khí	C.9.2	
			Test aerosol source substances Các nguồn chất test	C.9.3		
			Aerosol photometer Quang học sol khí	C.9.5		
	Electrostatic and ion generator Tĩnh điện và ion hóa	B.9			C.10	
	Electrostatic Tĩnh điện	B.9.2.1		Electrostatic voltmeter Vôn kế điện	C.10.1	
			High resistance ohmmeter Điện trở kế trở kháng cao	C.10.2		
			Charged plate monitor Màn tích điện	C.10.3		

Table A.1 – (continued)

Selection of test procedure and sequence ^a	Test procedure	Test procedure reference	Selection Of test apparatus ^b	Test apparatus	Apparatus reference	Comments
	Ion generator Tạo ion	B.9.2.2		Electrostatic voltmeter Vôn kế điện	C.10.1	
				High resistance ohmmeter Điện trở kế trở kháng cao	C.10.2	
				Charged plate monitor Tâm tích điện	C.10.3	
	Particle deposition Lắng cặn các hạt lên thiết bị, bề mặt, ống gió, ... sau khi test	B.10		Witness plate material Vật liệu tấm mô phỏng	C.11.1	
				Wafer surface scanner Máy quét bề mặt Wafer (dùng tia laser)	C.11.2	
				Particle fallout aerosol photometer Quang học sol khí để đo các hạt lắng đọng	C.11.3	
				Surface particle counter Đếm hạt trên bề mặt	C.11.4	
				Particle deposition meter Máy đo độ lắng đọng hạt	C.11.5	
				Optical particle deposition monitor Màn hình hiển thị cặn hạt bằng quang học	C.11.6	
	Segregation test Kiểm tra ngăn cách	B.11		Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) Đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC)	C.12.1	
				Aerosol generator Tạo sol khí	C.12.2	
				Test aerosol source substances Cá nguồn chất test	C.12.3	
				Dilution system, equipment Hệ thống pha loãng, thiết bị	C.12.4	

A.3 Planning for testing and verification

As a minimum, testing should be carried out:

- a) in connection with classification according to ISO 14644-1;
- b) at verification during start-up;
- c) at verification after failures have been identified and rectified;
- d) at verification after modification;
- e) during periodic testing.

A risk assessment should be performed to establish the appropriate intervals for periodic testing.

Monitoring data, trend and test result should be used to confirm and, if appropriate, adjust time intervals for the selected tests.

A.3 Lập kế hoạch kiểm tra và xác minh

Ít nhất, việc kiểm tra nên được thực hiện:

- a) liên quan đến phân loại cấp độ theo tiêu chuẩn ISO 14644-1;
- b) lúc xác minh trong quá trình bắt đầu;
- c) lúc xác minh sau khi các lỗi đã được phát hiện và khắc phục;
- d) lúc xác minh sau khi sửa đổi;
- e) trong quá trình kiểm tra định kỳ.

Nên thực hiện đánh giá rủi ro để thiết lập những khoảng thời gian kiểm tra định kỳ hợp lý.

Nên xác nhận dữ liệu giám sát, xu hướng và kết quả kiểm tra, điều chỉnh các khoảng thời gian test định kỳ nếu hợp lý.

Annex B (informative)

Support test methods

B.1 Air pressure difference test

B.1.1 General

The purpose of this test is to verify the capability of the complete installation to maintain the specified pressure difference between the cleanroom and its surroundings, and between separate cleanrooms and clean zones within the installation [18]. This test is applicable in each of the three designated occupancy states, and can also be repeated on a regular basis as part of a routine facility monitoring program as described in ISO 14644-2 [2].

B.1.2 Procedure for air pressure difference test

It is recommended that the following items are confirmed before starting the measurement of differential pressure between rooms or between rooms and outside areas:

- values and acceptable range of differential pressure between rooms should be defined;
- supply air volume and balancing of the air handling unit supplies are within specifications;
- clean room components that could impact the differential pressure between rooms such as doors, windows, pass through, etc, should be closed. Permanent openings should be kept open during the test;
- the air handling system has been operated and the conditions have been stabilized;

Phụ lục B (cung cấp thông tin)

Các phương pháp kiểm tra hỗ trợ

B.1 kiểm tra chênh áp

B.1.1 Tổng quan

Mục đích của việc kiểm tra này là xác minh khả năng duy trì một chênh lệch áp suất cụ thể giữa các phòng sạch được ngăn cách và các vùng sạch trong việc lắp đặt [18]. Việc kiểm tra này thì ứng dụng cho từng trạng thái khu vực sạch (hoàn công, nghỉ và vận hành) và cũng có thể được thực hiện lặp lại định kỳ như một phần của chương trình giám sát cơ sở thường xuyên như được mô tả trong tiêu chuẩn ISO 14644-2 [2].

B.1.2 Quy trình kiểm tra chênh áp

Trước khi bắt đầu đo đạc chênh lệch áp suất giữa các phòng hoặc giữa phòng và khu vực bên ngoài thì cần khuyến nghị nên xác minh các mục ở dưới:

- nên xác định những giá trị và khoảng đo chênh lệch áp suất được chấp thuận giữa các phòng;
- lưu lượng khí cấp và sự cân bằng giữa các nguồn AHU nằm trong thông số kỹ thuật;
- đóng các bộ phận trong phòng sạch có thể tác động đến chênh lệch áp suất giữa các phòng như các cửa chính, các cửa sổ, lối đi qua, vân vân. Các lỗ thường mở thì nên được mở trong quá trình kiểm tra;
- hệ thống xử lý không khí đã hoạt động và các điều kiện thông số đã ổn định;

- extraction systems should be operating as agreed and specified.

The pressure differences between each individual cleanroom, clean zone and the connected adjacent room(s) should be measured.

This will include measurement of the pressure difference between (a) classified room(s) connected to the non-classified surrounding environment.

To avoid possible erroneous readings, the following should be considered:

- a) installation of permanent measuring points;
- b) measurements in the cleanroom and clean zone should not be taken near supply air inlets, return air outlets, air movement devices, doors and other localized high air velocity areas that may influence the local pressure at the measuring point;
- c) when the measured differential pressure is lower than an agreed value, direction of flow between rooms should be confirmed by flow visualization methods.

B.1.3 Apparatus for air pressure difference test

Apparatus descriptions and measurement specifications are provided in [C.2](#). An electronic micromanometer, inclined manometer or mechanical differential pressure gauge can be used.

The apparatus should have a valid calibration certificate.

- các hệ thống hút gió nên được hoạt động như đã thỏa thuận và theo quy định.

Nên đo chênh áp giữa mỗi phòng sạch riêng biệt, vùng sạch và các phòng lân cận được kết nối phòng sạch.

Bao gồm cả phép đo chênh lệch áp suất giữa phòng được phân cấp độ sạch kết nối với môi trường xung quanh không được phân cấp độ sạch.

Để tránh đọc sai số đo thì nên cân nhắc tham khảo các điều sau:

- a) lắp đặt các điểm đo đạt trường kỳ
- b) việc đo đạt trong phòng sạch và vùng sạch không nên thực hiện gần những chỗ gió cấp, những chỗ gió hồi, các thiết bị chuyển động không khí, cửa ra vào và khu vực vận tốc gió cao khác vì điều này có thể ảnh hưởng đến áp suất cục bộ tại điểm đo;
- c) khi mà chênh áp đo được nhỏ hơn giá trị chấp thuận thì cần dùng các phương pháp trực quan để quan sát hướng của dòng khí giữa các phòng di chuyển như thế nào.

B.1.3 Các thiết bị dùng cho việc đo chênh áp

Những mô tả các thiết bị và các thông số kỹ thuật phép đo được cung cấp tại mục [C.2](#). Có thể dùng áp kế điện, áp kế nghiêng hoặc đồng hồ cơ đo chênh áp.

Các thiết bị đo phải còn hạn chứng nhận kiểm định.



B.1.4 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) type of tests and measurements, and measuring conditions;
- b) type designations of each measuring apparatus and apparatus used and its calibration status;
- c) cleanliness classes of the rooms considered;
- d) measuring point locations, when required the reference point location;
- e) occupancy state(s).

B.1.4 Báo cáo kiểm tra

Thông qua sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp thì các dữ liệu và thông tin dưới đây nên được ghi lại giống như đã mô tả trong [Clause 5](#):

- a) các kiểu phép đo và kiểm tra, và các điều kiện đo;
- b) ký hiệu loại thiết bị đo sử dụng và trạng thái hiệu chỉnh còn hạn hay không;
- c) cấp độ sạch của các phòng mà chúng ta tiến hành test;
- d) vị trí các điểm đo, vị trí điểm tham khảo khi có yêu cầu;
- e) trạng thái khu vực sạch (hoàn công, nghỉ hay vận hành).

B.2 Airflow test

B.2.1 General

The purpose of these tests is to measure airflow velocity and uniformity, and supply air volume flow rate in cleanrooms and clean zones. Measurement of velocity distribution is necessary in unidirectional airflow cleanrooms and clean zones, and supply air volume flow rate in non-unidirectional cleanrooms. Measurement of supply air volume flow rate is carried out to ascertain the air volume supplied to the cleanroom or clean zone per unit of time. The supply air volume flow rate is measured either downstream of final filters or in air supply ducts; both methods rely upon measurement of velocity of air passing through a known area, the air volume flow rate being the product of velocity and area. The choice of procedure should be agreed between customer and supplier.

When measuring airflow velocity, the following conditions should be considered carefully:

- a) probe direction should be chosen appropriately under the consideration on the airflow velocity;
- b) measurement should be conducted during sufficient time for repeatable readings and the average velocity or air volume flow rate should be recorded.

B.2.2 Procedure for unidirectional airflow testing

B.2.2.1 General

The velocity of the unidirectional flow determines the performance of a unidirectional cleanroom. The velocity can be measured close to the face of the terminal supply filters, or with

B.2 Kiểm tra dòng khí test

B.2.1 Tổng quan

Mục đích của những mục kiểm tra này là để đo đặc vận tốc và tính đồng bộ của dòng khí test, lưu lượng dòng khí cấp vào các phòng sạch hay vùng sạch. Đo đặc sự phân bố của vận tốc là cần thiết trong các phòng sạch hay vùng sạch mà dòng không khí là một chiều hoặc là trong phòng sạch mà có dòng khí rối.

Sự đo đạc lưu lượng dòng khí cấp được thực hiện để xác minh lưu lượng cung cấp vào phòng sạch hoặc vùng sạch trên một đơn vị thời gian. Lưu lượng khí cấp vào được đo một trong hai cách hoặc là tại downstream của bộ lọc hoặc là tại ống gió cấp. Cả hai phương pháp đều dựa trên phép đo vận tốc của không khí đi qua một tiết diện đã biết. Sự lựa chọn cho quy trình này thì nên được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp

Khi đo vận tốc của dòng khí thì cần cân nhắc cẩn thận các điều kiện sau:

- a) hướng của đầu dò nên được chọn một cách hợp lý khi xem xét đến hướng vận tốc của dòng khí cấp;
- b) phép đo nên được tiến hành trong khoảng thời gian đủ lâu để có thể đọc được giá trị repeatable readings – giá trị mà máy đo thể hiện ổn định (không nhảy số) và giá trị vận tốc trung bình hoặc là giá trị lưu lượng trung bình nên được ghi lại.

B.2.2 Quy trình đối với test dòng khí một chiều

B.2.2.1 Tổng quan

Vận tốc của dòng khí một chiều xác định hiệu suất của phòng sạch tương ứng. Vận tốc có thể được đo đạc tại vị trí gần với bề mặt của bộ lọc cấp gió vào phòng sạch, hoặc là ở trong phòng sạch. Điều

in the room. This is done by defining the measuring plane perpendicular to the supply airflow and dividing it into measuring points (grid cells) of equal area ^[18].

B.2.2.2 Supply airflow velocity

The airflow velocity should be measured at approximately 150 mm to 300 mm from the filter face or entry plane.

The number of measuring points (grid cells) is highly dependent upon the instrumentation used to perform the measurements, configuration of room infrastructure, location or process equipment and the design of the installed filter cell. The minimum number of measuring points (grid cells) should be determined by [Formula \(B.1\)](#):

$$N = \sqrt{10 \times A} \quad (\text{B.1})$$

Where

N is the minimum number of measuring points (grid cells; N should be rounded up to a whole number);

A is the measured area in m^2 .

Where the average velocity is required for a zone with unidirectional airflow; the average velocity is calculated from [Formula \(B.2\)](#):

$$V_a = (\sum V_n)/N \quad (\text{B.2})$$

Where

V_a is the average velocity in m/s ;

$\sum V_n$ is the sum of all the measured velocities (V_n) in m/s ;

V_n is the measured velocity at each of the grid cell centres in m/s ;

này được thực hiện bằng cách xác định mặt phẳng đo vuông góc với dòng khí cấp và chúng ta chia mặt phẳng này thành những điểm đo có diện tích bằng nhau dạng ô lưới ^[18].

B.2.2.2 Vận tốc dòng khí cấp

Vận tốc dòng khí cấp nên được đo đạt tại vị trí cách bề mặt lọc gió hoặc là mặt phẳng gió vào phòng một khoảng từ 150 mm đến 300 mm.

Số lượng điểm đo phụ thuộc nhiều vào thiết bị được dùng để đo, cấu trúc đặc điểm của phòng sạch, vị trí hoặc thiết bị xử lý và thiết kế của ô lọc được lắp đặt. Số lượng điểm đo nhỏ nhất được xác định theo [Formula \(B.1\)](#):

$$N = \sqrt{10 \times A} \quad (\text{B.1})$$

Trong đó

N số lượng điểm đo nhỏ nhất (N nên được làm tròn lên);

A là tiết diện đo được tính bằng m^2 .

Những nơi mà yêu cầu vận tốc trung bình cho vùng sạch dòng khí một chiều thì giá trị này được tính toán theo [Formula \(B.2\)](#):

$$V_a = (\sum V_n)/N \quad (\text{B.2})$$

Trong đó

V_a là giá trị vận tốc trung bình tính bằng m/s ;

$\sum V_n$ là tổng tất cả các giá trị (V_n) đo đạt được, tính bằng m/s ;

V_n là giá trị vận tốc đo đạt được tại tâm của mỗi ô đo, tính bằng m/s ;

N is the number of locations at which the velocities (V_n) were measured.

At least one point should be measured for each filter outlet or fan-filter unit.

If the measured data is to be used to determine airflow volume flow rate as in [B.2.2.4](#) or uniformity of velocity as in [B.2.2.3](#), then it can be advantageous to increase the number of measuring points (grid cells).

For smaller areas, it can be necessary to increase the number of measuring points (grid cells) to improve the likelihood of detection of uneven airflow velocities.

The measuring time at each position should be sufficient to ensure a repeatable reading. Time-averaged values of measured velocities should be recorded for multiple locations.

NOTE 1 If the supply airflow velocity is measured too close to the source, there is a risk of measurement error due to variable airflow distribution. If the supply airflow velocity is measured too far from the filter face, the measurement reading can be compromised.

NOTE 2 A temporary barrier can be used to exclude disturbances to the unidirectional airflow.

B.2.2.3 Uniformity of velocity within the cleanroom or clean zone

The uniformity of velocity can be measured according to [B.2.2.2](#) or as agreed between customer and supplier.

NOTE When production apparatus and workbenches are installed, it is important to confirm that significant airflow variations do not occur.

N là số lượng vị trí (V_n) được đo.

Ít nhất phải có một điểm đo cho mỗi bộ lọc hoặc mỗi FFU.

Nếu dữ liệu đo được dùng để xác định lưu lượng dòng khí như trong mục [B.2.2.4](#) hoặc sự đồng đều, đồng nhất vận tốc như trong mục [B.2.2.3](#), thì để cho thuận lợi có thể tăng số lượng điểm đo lên (các ô lưới).

Đối với những vùng diện tích nhỏ hơn thì nên tăng số lượng điểm đo lên để cải thiện khả năng phát hiện ra sự không đồng đều của vận tốc dòng khí.

Thời gian đo đạt tại mỗi vị trí cần hợp lý để chắc chắn thu được giá trị đo ổn định, tương đối chính xác (không nhảy số quá nhiều). Giá trị trung bình cho phép đo vận tốc theo thời gian nên được ghi lại cho nhiều vị trí.

Ghi chú 1: Nếu vận tốc dòng khí cấp được đo quá gần mặt cấp gió, thì sẽ có rủi ro cho phép đo bởi sự phân tán dòng khí thay đổi. Nếu vận tốc dòng khí cấp được đo tại vị trí quá xa so với bề mặt lọc, thì giá trị phép đo thu được có thể bị sai đi, không còn chính xác.

Ghi chú 2: Một tấm chắn tạm thời có thể được dùng để loại bỏ sự xáo trộn đến dòng khí một chiều.

B.2.2.3 Sự đồng đều của vận tốc dòng khí trong phòng sạch hoặc vùng sạch

Sự đồng nhất của vận tốc có thể được đo đạc theo hướng dẫn tại mục [B.2.2.2](#) hoặc là theo sự thỏa thuận đồng ý giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Ghi chú: khi thiết bị thiết bị sản xuất và bộ bàn làm việc được thi công lắp đặt trong phòng sạch thì quan trọng hơn hết cần xác nhận rằng các vật trên không làm thay đổi đáng kể dòng khí cấp.

The data to be used to determine the uniformity of velocity and maximum deviation, i.e. the velocity and its variation, should be agreed between customer and supplier.

The standard deviation and mean average should be calculated from the velocity readings and the uniformity of velocity, U_v , obtained with [Formula \(B.3\)](#):

$$U_v = \left[1 - \left(\frac{\sigma}{V_a} \right) \right] \times 100 \quad (\text{B.3})$$

Where

σ is the standard deviation;

V_a is the average velocity.

The maximum deviation of velocity, D_{max} , is calculated with [Formula \(B.4\)](#):

$$D_{max} = \left[\frac{(V_d - V_a)}{V_a} \right] \times 100 \quad (\text{B.4})$$

where

D_{max} is the maximum deviation in %;

V_a is the average velocity;

V_d is the reading with most variance from the average.

B.2.2.4 Supply air volume now rate calculated from the velocity measurement

The results of the airflow velocity test carried out in accordance with [B.2.2.2](#) can be used to calculate the total supply air volume flow rate with [Formula \(B.5\)](#):

$$Q = \sum (V_n \times A_c) \quad (\text{B.5})$$

Dữ liệu được dùng để xác định tính đồng đều của vận tốc và giá trị khác biệt lớn nhất, nghĩa là vận tốc và sự thay đổi của nó nên được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Độ lệch chuẩn và giá trị trung bình nên được tính toán từ các số liệu đọc vận tốc và sự đồng nhất của vận tốc - U_v , và U_v được tính theo [Formula \(B.3\)](#): (σ càng nhỏ thì U_v càng tiệm cận 100%: độ đồng nhất càng cao)

$$U_v = \left[1 - \left(\frac{\sigma}{V_a} \right) \right] \times 100 \quad (\text{B.3})$$

Trong đó

σ là độ lệch chuẩn (tham khảo thêm công thức tính độ lệch chuẩn)

V_a là vận tốc trung bình.

Độ lệch lớn nhất của vận tốc, D_{max} , được tính theo [Formula \(B.4\)](#):

$$D_{max} = \left[\frac{(V_d - V_a)}{V_a} \right] \times 100 \quad (\text{B.4})$$

Trong đó

D_{max} là độ lệch lớn nhất tính bằng %;

V_a là giá trị vận tốc trung bình;

V_d là giá trị vận tốc đọc được với độ lệch cao nhất so với giá trị trung bình.

B.2.2.4 Supply air volume now rate calculated from the velocity measurement

Các kết quả của việc thực hiện kiểm tra vận tốc dòng khí test theo mục [B.2.2.2](#) có thể được dùng để tính toán tổng lưu lượng dòng khí cấp với [Formula \(B.5\)](#):

$$Q = \sum (V_n \times A_c) \quad (\text{B.5})$$

Where

A_c is the cell area which is defined as the free area of the media divided by the number of measuring points (grid cells) in m^2 ;

Q is the total air volume flow rate in m^3/s ;

V_n is the airflow velocity at each cell centre in m/s ;

Σ is the summation for all cells.

NOTE The accuracy of the air volume flow rate, when calculated using this method can be influenced by many factors, such as; choice of test apparatus. choice of measuring locations, number of measuring points (grid cells), distance from filter face and calculation of open cell area.

B.2.2.5 Supply air volume flow rate calculated from velocity measurement in air ducts

Supply air volume flow rate in ducts may be determined by using apparatus such as orifice meters, Venturi meters, pitot static tubes and anemometers.

In cases of the measurement by pitot static tubes and manometers or anemometers (thermal or vane type) for a rectangular duct, the measuring plane in the duct should be divided into measuring points (grid cells) of equal areas, and then the airflow velocity should be measured at the centre of each cell. The number of measuring points (grid cells) is agreed between customer and supplier. The air volume flow rate should be evaluated in the same way as defined in [B.2.2.4](#). For a circular duct, the air volume flow rate by pitot static tubes may be determined by the procedure as typically described in ISO 5167-5 [\[24\]](#).

Trong đó

A_c là tiết diện ô mà được xác định bởi vùng tiết diện trống của bề mặt lọc được chia ra thành những điểm đo (các ô lưới), tính bằng m^2 ;

Q là tổng lưu lượng dòng khí được tính bằng m^3/s ;

V_n là vận tốc dòng khí tại mỗi tâm ô lưới, tính bằng m/s ;

Σ Là tổng giá trị của tất cả các ô.

Ghi chú: sự chính xác của giá trị lưu lượng dòng khí, khi tính toán bằng phương pháp này có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều tác nhân như là lựa chọn thiết bị đo, chọn vị trí đo đặt, số lượng điểm đo, khoảng cách từ bề mặt lọc và tính toán tiết diện ô

B.2.2.5 Lưu lượng dòng khí cấp tính toán từ phép đo vận tốc trên ống gió

Lưu lượng dòng khí cấp trên các đường ống có thể được xác định bằng việc sử dụng các thiết bị đo như là Orifice, ống Venturi, ống đo Pilot-static hay các thiết bị đo gió khác.

Trong các trường hợp đo bởi ống Pilot-static và các thiết bị đo áp hoặc các thiết bị đo gió (kiểu nhiệt hoặc kiểu van) cho ống gió chữ nhật, mặt phẳng đo trên ống gió nên được chia thành các điểm đo (ô lưới) có tiết diện tương đương, và sau đó vận tốc dòng khí nên được đo tại tâm của mỗi ô. Số lượng điểm đo (các ô lưới) thì được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Lưu lượng dòng khí nên được đánh giá như cách đã nêu trong mục [B.2.2.4](#). Đối với ống gió hình tròn, lưu lượng dòng khí đo đặc bởi ống Pilot-static có thể được xác định theo quy trình như mô tả trong tiêu chuẩn ISO 5167-5 [\[24\]](#).

NOTE When measuring supply air volume flow rate, there can be differences between the measuring methods by filter face velocity and measurement in the air duct.

B.2.3 Procedure for non-unidirectional airflow test

B.2.3.1 General

In some cases, measurement of supply airflow velocity from individual outlets is necessary to determine the air volume flow rate from each outlet ^[18].

B.2.3.2 Supply air volume flow rate measured using a capture hood

Because of the effect of local airflow turbulence and jet velocities issuing from an outlet, use of an airflow capture hood that captures all of the air issuing from each final filter or supply diffuser is recommended. The supply air volume flow rate is measured using an airflow capture hood with a measuring device, or the air velocity of the air exiting from an airflow capture hood multiplied by the effective area. The opening of airflow capture hood should be placed completely over the entire filter or diffuser, and the face of the hood should be seated against a flat surface to prevent air bypass and inaccurate readings. When an airflow capture hood with measuring device is adopted, the air volume flow rate at each final filter or supply diffuser should be measured directly at the discharge end of the hood.

The accuracy of the airflow capture hood should be verified to show that it gives accurate results for the type of air outlet being measured, and a correction factor should be applied if the results are not accurate. The correction factor is related to the flow. It corresponds to an in situ check and is based on the difference between the reference measurement in air ducts and the air outlet.

Ghi chú: Khi đo đặc lưu lượng dòng khí cấp, có thể có những sự khác nhau giữa các phương pháp đo vận tốc gió tại bề mặt lọc và đo đặc trên ống gió.

B.2.3 Quy trình đối với test dòng khí không phải một chiều

B.2.3.1 Tổng quan

Trong một vài trường hợp, sự đo đặc vận tốc dòng khí cấp từ những vị trí cấp khí cục bộ là cần thiết để xác định lưu lượng dòng khí tại mỗi vị trí cấp khí ^[18].

B.2.3.2 Đo đặc lưu lượng gió cấp thông qua sử dụng chụp gió

Do ảnh hưởng của sự hỗn loạn dòng khí cục bộ và vận tốc phản lực từ vị trí cấp gió, khuyến cáo sử dụng một cái chụp gió để đón tất cả gió thổi ra từ bề mặt lọc hoặc miệng gió khuếch tán. Lưu lượng gió cấp được đo đạt bằng việc sử dụng chụp gió với thiết bị đo đặc, hoặc vận tốc gió thoát ra từ chụp gió nhân với tiết diện hiệu quả. Độ mở của chụp hút dòng khí nên được đặt trên toàn bộ bề mặt lọc hoặc miệng gió khuếch tán, và bề mặt của chụp gió nên được đặt trên một mặt phẳng để chống lại sự rò rỉ của dòng không khí và đo đạt không chính xác. Khi chụp gió với thiết bị đo đặc được gắn, lưu lượng dòng khí tại mỗi bộ lọc cuối hoặc miệng gió cấp nên được đo đạt trực tiếp tại đầu ra của chụp đón gió.

Sự chính xác của chụp gió nên được xác minh để thấy rằng nó đưa ra các kết quả chính xác đối với kiểu gió ra được đo đạt, và một hệ số điều chỉnh nên được áp dụng nếu các kết quả không được chính xác. Hệ số điều chỉnh thì liên quan tới dòng khí. Nó tương ứng với việc kiểm tra tại chỗ và dựa trên sự khác nhau giữa phương pháp đo tham khảo trên các ống gió và đường khí ra.

Also, in case an air outlet is fitted with (swirl) diffusers the airflow capture hood can be adapted for the flow type of the diffuser.

B.2.3.3 Supply air volume flow rate calculated by velocity measurement

Evaluation of the supply air volume flow rate without an airflow capture hood may be done with an anemometer downstream of each final filter. The supply air volume flow rate is determined from the airflow velocity multiplied by the corrected (free) area of exit. A temporary barrier may be used to exclude disturbances to the unidirectional airflow.

For the number of measuring points (grid cells) and the calculation of supply air volume flow rate, refer to [B.2.2.2](#) and [B.2.2.4](#), respectively.

If it is impossible to divide the plane into measuring points (grid cells) of equal areas, the average air velocity weighted by area may be substituted.

The accuracy of the air volume flow rate, when calculated using this method can be influenced by many factors, such as; choice of test apparatus, choice of measuring locations; number of measuring points (grid cells), distance from filter face and calculation of open cell area. Consideration should be given to these potential variations when performing this test.

B.2.3.4 Supply air volume flow rate calculated by velocity measurement in air ducts

Supply air volume flow rate in air ducts should be determined in the same way as defined in [B.2.2.5](#).

Ngoài ra thì trong trường hợp vị trí gió ra được lắp miệng gió loại khuếch tán (xoáy) thì chụp đón gió có thể được điều chỉnh sao cho tương thích với kiểu khuếch tán của miệng gió.

B.2.3.3 Lưu lượng gió cấp được tính toán bởi phương pháp vận tốc

Đánh giá lưu lượng gió cấp không có chụp gió có thể được hoàn thành với thiết bị đo gió tại downstream của mỗi bộ lọc cuối. Lưu lượng gió cấp được xác định bằng vận tốc dòng gió cấp nhân với tiết diện đúng mà gió thoát ra. Một tấm chắn tạm thời nên được sử dụng để loại bỏ sự xáo trộn đến dòng khí một chiều.

Để xác định số lượng điểm đo (các ô lưới) và cách tính toán lưu lượng gió cấp, tham khảo mục tương ứng [B.2.2.2](#) và [B.2.2.4](#).

Nếu không thể chia mặt phẳng thành các điểm đo (các ô lưới) thành các ô có tiết diện tương đương, thì vận tốc gió trung bình theo diện tích có thể được thay thế.

Sự chính xác của lưu lượng dòng khí cấp, khi được tính toán bằng phương pháp này có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều nhân tố như là lựa chọn loại thiết bị đo, chọn vị trí đo, số lượng điểm đo (các ô lưới), khoảng cách từ điểm đo đến bề mặt bộ lọc và cách tính toán tiết diện gió qua.

Nên cân nhắc xem xét các yếu tố trên khi thực hiện phương pháp test này.

B.2.3.4 Lưu lượng dòng khí cấp được tính toán bởi phép đo vận tốc trên đường ống gió

Lưu lượng gió cấp trên đường ống gió nên được xác định xác định cùng cách như đã đề cập trong mục [B.2.2.5](#).

B.2.4 Apparatus for airflow tests

Descriptions and measurement specifications of apparatus are provided in [C.3](#). For airflow velocity measurements, ultrasonic anemometers, thermal anemometers, vane-type anemometers, or their equivalent, can be used.

For supply air volume flow rate measurements, airflow capture hood, orifice meters, Venturi meters, pitot static tubes, averaging tube array and manometers; or their equivalent, can be used.

Airflow velocity measurements should be made with apparatus that is not affected by point-to-point velocity variation over small distances, e.g. a thermal anemometer can be used if small grid divisions are selected and additional measuring points (grid cells) are used. On the other hand, a vane anemometer can be used if it is sensitive enough and large enough to measure average air velocity over a range of variation.

The apparatus chosen should have a valid calibration certificate.

B.2.5 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) type of tests and measurements, and measuring conditions;
- b) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- c) measuring locations and the distance from the filter face;
- d) occupancy state(s);
- e) result of measurement;

B.2.4 Thiết bị cho quá trình test dòng khí cấp

Các mô tả và phép đo đặc cụ thể của các thiết bị đo được cung cấp trong mục [C.3](#). Đối với phép đo đặc vận tốc, thiết bị đo gió siêu âm, thiết bị đo gió kiểu nhiệt, thiết bị đo gió kiểu van, hoặc các thiết bị tương tự, có thể được sử dụng.

Đối với phép đo đặc lưu lượng gió, chụp gió đón dòng gió cấp, thiết bị Orifice, ống Venturi, ống Pilot-static, ống Averaging-pilot và áp kế; hoặc các thiết bị tương tự, có thể được sử dụng.

Các phép đo vận tốc nên được thực hiện với thiết bị đo không bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi vận tốc từ điểm này qua điểm kia trên những khoảng cách nhỏ, một thiết bị đo gió kiểu nhiệt có thể được sử dụng nếu lựa chọn các vạch chia lưới nhỏ và thêm các điểm đo (các ô lưới). Mặt khác, một thiết bị đo gió kiểu van có thể được sử dụng nếu nó đủ nhạy và lớn để đo vận tốc gió trung bình trên một vùng biến thiên.

Thiết bị đo được chọn phải có chứng nhận hiệu chỉnh còn thời hạn.

B.2.5 Báo cáo thử nghiệm

Thông qua thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, những thông tin và dữ liệu dưới đây nên được ghi lại như đã mô tả tại [Clause 5](#):

- a) các kiểu test và các phương pháp đo, và các điều kiện đo;
- b) ký hiệu loại của mỗi thiết bị đo được sử dụng và tình trạng hiệu chỉnh của thiết bị;
- c) vị trí đo và khoảng cách đo từ bề mặt lọc hoặc bề mặt gió ra;
- d) trạng thái khu vực sạch (hoàn công, nghỉ hay vận hành);
- e) kết quả phép đo;

f) other data relevant for measurement.

B.3 Airflow direction test and visualization

B.3.1 General

The purpose of air flow direction test and visualization is to demonstrate that the airflow direction and its uniformity of velocity conform to the design and performance specifications.

NOTE 1 Computational Fluid Dynamics (CFD) used as a predictive or analytical tool is not considered in this document.

NOTE 2 Tracer thread methods may not give a true indication of the direction of airflow due to the tracer material's characteristics, e.g. weight of the thread.

B.3.2 Methods

The airflow direction test and visualization can be performed by the following four methods:

- a) tracer thread method;
- b) tracer injection method;
- c) airflow visualization method by image processing techniques;
- d) airflow visualization method by the measurement of velocity distribution.

By methods a) and b), airflow in the cleanroom or clean zone is actually visualized by the use of fibre tracer thread, or tracer particles. Devices, such as video cameras, record the profiles. The fibre tracer thread or tracer particles should not be a source of contamination and should follow the airflow profile accurately. Other apparatus such as a tracer particle generator, and high

f) những thông tin liên quan khác của phép đo.

B.3 Kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan

B.3.1 Tổng quan

Mục đích của việc kiểm tra và hình dung hướng luồng không khí là để chứng minh hướng luồng không khí và tính đồng nhất của vận tốc tuân theo thiết kế và các thông số hiệu suất.

Ghi chú 1: Động lực học chất lỏng tính toán (CFD) được sử dụng làm công cụ dự đoán hoặc phân tích không được xem xét trong tài liệu này.

Ghi chú 2: Các phương pháp dùng sợi chỉ đánh dấu hướng luồng khí có thể không thực sự chỉ đúng hướng của luồng không khí do các đặc tính của vật liệu đánh dấu, ví dụ: trọng lượng của sợi.

B.3.2 Các phương pháp

Kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan có thể được thực hiện bằng bốn phương pháp sau:

- a) phương pháp dùng sợi đánh dấu;
- b) phương pháp phun hạt đánh dấu;
- c) phương pháp hình dung luồng không khí bằng kỹ thuật xử lý hình ảnh;
- d) phương pháp hình dung luồng không khí bằng phép đo phân bố vận tốc.

Bằng các phương pháp a) và b), luồng không khí trong phòng sạch hoặc vùng sạch thực sự được hình dung bằng cách sử dụng sợi đánh dấu, hoặc các hạt đánh dấu. Các thiết bị, chẳng hạn như máy quay video, ghi lại biên dạng. Sợi đánh dấu hoặc các hạt đánh dấu không được gây ô nhiễm và phải tuân theo chính xác biên dạng dòng khí. Các thiết bị khác như máy tạo hạt đánh dấu và nguồn sáng

intensity light source may be used for these methods.

Method c) is used to demonstrate quantitatively the airflow velocity distributions in the cleanroom or clean zone. The technique is based on tracer particle image processing techniques using computers.

Care should be taken to ensure that the personnel undertaking the test do not interfere with the airflow patterns being investigated.

NOTE 1 The airflow is affected by other parameters such as air pressure difference, air velocity, and

NOTE 2 Appropriate airflow visualization techniques best assess the effectiveness of air distribution in unidirectional airflow cleanrooms, clean zones and controlled zones. However the method can also be used in non-unidirectional areas.

B.3.3 Procedures for airflow direction test and visualization

B.3.3.1 Tracer thread method

The test is carried out by observation of tufts, e.g. silk threads, single nylon fibres or thin film tapes. These are set on the tip of support sticks or mounted on the crossing points of thin wire grids in the airflow. They provide visual indication of the airflow direction and fluctuations due to turbulence. Effective lighting will aid observation and recording of the indicated airflow.

B.3.3.2 Tracer injection method

The test is carried out by observation or imaging of the behavior of tracer particles, which can be illuminated by high-intensity light sources. The test provides information about the airflow

cường độ cao có thể được sử dụng cho các phương pháp này.

Phương pháp c) được sử dụng để chứng minh một cách định lượng sự phân bố vận tốc dòng khí trong phòng sạch hoặc vùng sạch. Kỹ thuật này dựa trên kỹ thuật xử lý hình ảnh hạt đánh dấu bằng máy tính.

Cần chú ý để đảm bảo rằng nhân viên thực hiện thử nghiệm không cản trở luồng không khí đang được khảo sát.

Ghi chú 1: Luồng không khí bị ảnh hưởng bởi các thông số khác như chênh lệch áp suất không khí, vận tốc không khí, và

Ghi chú 2: Các kỹ thuật thích hợp để hình dung luồng không khí đánh giá tốt nhất hiệu quả của việc phân bố không khí trong phòng sạch dòng một chiều, vùng sạch và các vùng được kiểm soát. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có thể được sử dụng trong các khu vực dòng khí rối.

B.3.3 Quy trình kiểm tra hướng của luồng không khí và trực quan

B.3.3.1 Phương pháp dùng sợi đánh dấu

Thử nghiệm được thực hiện bằng cách quan sát các chùm tơ tằm, sợi nylon đơn hoặc các dải màng mỏng. Chúng được đặt trên đầu gậy để đánh hay gắn trên các điểm giao nhau của mạng lưới luồng không khí. Chúng cung cấp chỉ dẫn trực quan về hướng luồng không khí và các dao động do nhiễu loạn. Ánh sáng hiệu quả sẽ giúp quan sát và ghi lại luồng không khí đang đánh giá.

B.3.3.2 Phương pháp phun hạt đánh dấu

Thử nghiệm được thực hiện bằng cách quan sát hoặc chụp ảnh hướng của các hạt đánh dấu, có thể dùng các nguồn ánh sáng cường độ cao để chiếu sáng. Thử nghiệm cung cấp thông tin về hướng

direction and uniformity of velocity in a cleanroom, clean zone or controlled zone. The tracer particles can be generated from materials such as de-ionized (DI) water, sprayed or chemically generated alcohol, glycol, etc. The source should be carefully selected to avoid contamination of surfaces.

The desired size of droplets should be considered when selecting the droplet generation method. Droplets should be large enough to be detected with the available image processing techniques, but not so that gravitational or other effects result in their motion diverging from that of the airflow being observed.

B.3.3.3 Airflow visualization method by image processing techniques

Processing particle image data derived from the method described in [B.3.3.2](#) on video frames or films provides quantitative characteristics of airflow by way of two-dimensional air velocity vectors in the area. The processing technique requires a digital computer with suitable interfaces and the appropriate software. For greater spatial resolution, devices such as a laser light sources can be used.

B.3.3.4 Evaluation of airflow distribution by measurement of velocity distributions

The velocity distributions of airflow can be determined by setting air velocity measuring apparatus, such as thermal or ultrasonic anemometers, at several defined points in the cleanroom or clean zone under investigation. Processing of the measured data provides the information about the airflow distribution.

B.3.4 Apparatus used for airflow direction test and visualization

luồng không khí và sự đồng đều của vận tốc trong phòng sạch, vùng sạch hoặc vùng được kiểm soát. Các hạt đánh dấu có thể được tạo ra từ các vật liệu như nước khử ion (DI), cồn hóa học hoặc cồn phun, glycol, v.v ... Lựa chọn nguồn chất cẩn thận để tránh nhiễm bẩn bề mặt.

Khi lựa chọn phương pháp tạo giọt cần xem xét đến kích thước của các giọt. Các giọt phải đủ lớn để có thể được phát hiện bằng các kỹ thuật xử lý hình ảnh có sẵn, nhưng không được để trọng lực hoặc các hiệu ứng khác làm chuyển động của chúng khác đi so với chuyển động của luồng không khí được quan sát.

B.3.3.3 Phương pháp hình dung luồng không khí bằng các kỹ thuật xử lý hình ảnh

Xử lý dữ liệu hình ảnh hạt thu được từ phương pháp được mô tả trong [B.3.3.2](#) trên khung video hoặc phim: cung cấp các đặc tính định lượng của luồng không khí thông qua vector vận tốc không khí (hai chiều) trong khu vực. Kỹ thuật xử lý yêu cầu một máy tính kỹ thuật số với các giao diện và phần mềm thích hợp. Có thể sử dụng các thiết bị như nguồn sáng laser để thu được độ phân giải không gian cao hơn.

B.3.3.4 Đánh giá phân bố luồng không khí bằng phép đo phân bố vận tốc

Có thể xác định sự phân bố vận tốc của luồng không khí bằng cách cài đặt các thiết bị đo vận tốc không khí, chẳng hạn như máy đo gió kiểu nhiệt hoặc kiểu siêu âm, tại một số điểm xác định trong phòng sạch hoặc vùng sạch đang được khảo sát. Xử lý dữ liệu đo cung cấp thông tin về sự phân bố luồng không khí.

B.3.4 Các thiết bị dùng cho việc kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan

The apparatus used for the airflow direction test and visualization is different for each test method. The apparatus suitable for each test method is given in [C.4](#), [Table B.1](#) and [B.2](#).

Các thiết bị dùng cho việc kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan thì khác nhau cho mỗi phương pháp kiểm tra. Các thiết bị phù hợp cho mỗi phương pháp được đưa ra tại mục [C.4](#), [Table B.1](#) và [B.2](#).

Table B.1 – materials or particles used in tracer thread or injection methods

(Vật liệu hoặc hạt dùng cho việc đánh dấu hoặc các phương pháp phun hạt)

Item mục	Description Mô tả
Material used in the tracer thread method Vật liệu dùng cho phương pháp dùng sợi đánh dấu	Silk thread, cloth, etc. Tơ tằm, vải, vân vân.
Particulate method used in the tracer injection method Phương pháp tạo hạt dùng trong phương pháp đánh dấu phun hạt	DI Water other fluid mist of 0,5 μm to 50 μm in diameter. Bubbles of neutral density in the air at the measuring location. Organic or inorganic test fog. Nước khử ion phun dạng sương mù có đường kính 0,5 μm đến 50 μm . Bọt khí có mật độ trung tính trong không khí tại vị trí đo. Sương mù dạng hữu cơ hoặc vô cơ.
Image recording devices for recording the visualized pictures or images of tracer particles Thiết bị ghi hình để ghi lại hình ảnh trực quan hoặc hình ảnh các hạt đánh dấu	Various devices, such as photographic cameras, video cameras, including high-speed or strobe or synchronized functions and image recording devices, used in flow visualization procedures. Có nhiều thiết bị như máy chụp ảnh, máy quay phim, bao gồm các chức năng tốc độ cao hoặc nhấp nháy hoặc đồng bộ và các dụng cụ ghi hình ảnh, được sử dụng để trực quan hóa dòng chảy.

NOTE after flow visualization, it is generally necessary to re-clean the cleanroom or clean zoon.

Ghi chú: sau khi trực quan hóa luồng không khí cần làm sạch lại phòng sạch hoặc vùng sạch nếu cần thiết.

Table B.2 – illumination light source for airflow visualization

(nguồn sáng chiếu sáng cho việc trực quan hóa luồng không khí)

Item	Description
Various illumination light sources for contrasted observation or imaging of airflows Có nhiều nguồn chiếu sáng phục vụ việc quan sát tương phản hoặc hình ảnh hóa các luồng không khí	Tungsten lamp, fluorescent lamp, halogen lamp, mercury lamp, laser light sources (He-Ne, argon ion, YAG lasers, etc.) with or without stroboscope or synchronized devices to the recorders. Đèn vonfram, đèn huỳnh quang, đèn halogen, đèn thủy ngân, các nguồn sáng laser (He-Ne, ion argon, laser YAG, ...) có hoặc không có đèn chớp hoặc các thiết bị đồng bộ với máy ghi.
Image-processing technique for quantitative measurement by flow visualization Kỹ thuật xử lý hình ảnh cho việc đo định lượng bằng trực quan hóa luồng không khí	Laser light sheet method, consisting of high-power laser sources (argon or YAG laser), optics including cylindrical lens, and a controller, where two-dimensional airflows are visualized. Phương pháp dùng tấm ánh sáng laser, bao gồm các nguồn laser công suất cao (laser argon hoặc YAG), quang học bao gồm thấu kính hình trụ và bộ điều khiển, nơi các luồng không khí hai chiều được hình dung.

B.3.5 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- d) type of tests, method of visualization and test conditions;
- b) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- c) visualization point locations;
- d) images stored on photographs or any other recording media, or raw data for each measurement, in the case of the image processing technique or the measurement of velocity distributions, if specified;

B.3.5 Báo cáo thử nghiệm

Theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, thông tin và dữ liệu sau đây nên được ghi lại như mô tả trong [Clause 5](#):

- d) kiểu kiểm tra thử nghiệm, phương pháp trực quan và điều kiện thử nghiệm;
- b) ký hiệu thiết bị đo được sử dụng và hạn hiệu chuẩn của nó;
- c) các vị trí điểm trực quan;
- d) nếu dùng kỹ thuật xử lý hình ảnh hoặc phép đo phân bố vận tốc thì hình ảnh được lưu trữ trên ảnh chụp hoặc bất kỳ phương tiện ghi hình nào khác, hoặc dữ liệu thô cho mỗi phép đo, nếu được chỉ định;

e) a plan of the exact location of all apparatus should accompany the flow visualization report;

f) occupancy state(s).

B.4 Recovery test

B.4.1 General

This test is performed to determine the ability of the installation to reduce the concentration of airborne particles by dilution. Cleanliness recovery performance after a particle generation event is one of the most important abilities of the installation. This test is only recommended for non-unidirectional airflow systems as the recovery performance is based on the dilution and mixing of the air found in non-unidirectional airflow systems, and not unidirectional airflow systems, where contamination is removed by the unidirectional flow of air. The recovery performance of a non-unidirectional cleanroom is affected by air distribution characteristics such as ventilation effectiveness, thermal conditions, and obstructions. The recovery test can be performed using an LSAPC or an aerosol photometer. When an artificial aerosol is used, the risk of residue contamination of the cleanroom or clean zone should be considered.

B.4.2 Cleanliness recovery performance

Recovery performance is evaluated by using the 100:1 or 10:1 recovery time and/or the cleanliness recovery rate. The 100:1 or 10:1 recovery time is defined as the time required for decreasing the initial concentration by a factor of 100 times (or 10 times). The cleanliness recovery rate is defined as the rate of change of particle concentration by time. It is possible to estimate both of these from the same particle concentration decreasing curve. The measured concentration levels used should be taken from

e) bản đồ vị trí chính xác của tất cả các thiết bị phải đi kèm với báo cáo trực quan hóa dòng chảy;

f) trạng thái phòng sạch, vùng sạch (hoàn công, trạng thái nghỉ hay đang vận hành).

B.4 Kiểm tra khả năng phục hồi

B.4.1 Tổng quan

Thử nghiệm này được thực hiện để xác định liệu rằng việc lắp đặt có đảm bảo cho khả năng giảm nồng độ của các hạt trong không khí bằng cách pha loãng chúng. Hiệu suất phục hồi độ sạch sau một sự kiện phát sinh hạt là một trong những khả năng quan trọng nhất của việc lắp đặt. Thử nghiệm này chỉ được khuyến nghị cho các hệ thống luồng không khí rối vì hiệu suất phục hồi dựa trên sự pha loãng và trộn lẫn của không khí. Còn hệ thống luồng không khí một chiều thì việc ô nhiễm được loại bỏ bởi luồng không khí một chiều. Hiệu suất phục hồi của phòng sạch luồng không khí rối bị ảnh hưởng bởi các đặc điểm phân phối không khí như hiệu quả thông gió, điều kiện nhiệt và các vật cản. Thử nghiệm khả năng phục hồi có thể được thực hiện bằng cách sử dụng LSAPC hoặc quang kế sol khí. Khi sử dụng sol khí nhân tạo, cần xem xét nguy cơ nhiễm cặn bẩn trong phòng sạch hoặc vùng sạch.

B.4.2 Hiệu suất phục hồi độ sạch

Hiệu suất phục hồi được đánh giá bằng cách sử dụng thời gian phục hồi 100:1 hoặc 10:1 và / hoặc tốc độ phục hồi độ sạch. Thời gian phục hồi 100:1 hoặc 10:1 được định nghĩa là thời gian cần thiết để giảm nồng độ ban đầu xuống 100 lần (hoặc 10 lần). Tốc độ phục hồi độ sạch được định nghĩa là tốc độ thay đổi nồng độ hạt theo thời gian. Có thể ước tính cả hai điều này từ cùng một biểu đồ giảm nồng độ hạt. Các mức nồng độ đo đạt nên được thực hiện trong phạm vi thời gian mà sự giảm nồng độ của hạt được mô tả bằng một cấp số nhân,

inside the time range where the decreasing of particle concentration is described by a single exponential, indicated by a straight line on a semi-log chart (concentrations on the ordinate by the logarithmic scale; and the time values on the abscissa by the linear scale). Moreover, the test concentration should not be so high that coincident loss occurs, or so low that counting uncertainty occurs.

The purpose of the recovery time test is to evaluate an actual time interval for the concentration to reach target cleanliness level after the particle concentration in the cleanroom or clean zone has temporarily become higher due to planned maintenance shutdown, or unplanned plant failure. The purpose of evaluation by recovery rate is to establish the local ability to recover the cleanliness after the particle concentration around the measuring point has temporarily become higher. The slope of decreasing curve on a semi-log chart indicates this local ability.

The 100:1 test is not recommended for ISO Classes 8 and 9.

NOTE The measurement of the recovery rate not only gives the recovery rate but the air change rate per unit of time at the location where the measurements were made. If the local air change rate at the location is compared to the overall air change rate in the cleanroom, the effectiveness of the ventilation system in providing clean air at the measuring location can be obtained.

B.4.3 Procedure for recovery test

B.4.3.1 Selection of measuring points

Place the LSAPC probe in the working plane at appropriate location(s) (which can include critical locations or suspected worst-case locations). The measuring points and number of measurements should be determined between the

được biểu thị bằng một đường thẳng trên biểu đồ semi-log (nồng độ nằm trên trục tung theo tỷ lệ logaric; và giá trị thời gian nằm trên trục hoành theo tỷ lệ tuyến tính). Hơn nữa, nồng độ thử nghiệm không được cao đến mức xảy ra sự mất mát trùng lặp, hoặc nồng độ thấp đến mức không đảm bảo nồng độ đo đạt được.

Mục đích của việc kiểm tra thời gian phục hồi là để đánh giá khoảng thời gian thực tế mà nồng độ đạt đến cấp độ sạch yêu cầu sau khi nồng độ hạt trong phòng sạch hoặc vùng sạch tạm thời trở nên cao hơn do kế hoạch ngừng để bảo dưỡng hoặc sự cố bất chợt của nhà máy. Mục đích của việc đánh giá theo tốc độ phục hồi là để thiết lập khả năng phục hồi độ sạch cục bộ sau khi nồng độ hạt xung quanh điểm đo tạm thời trở nên cao hơn. Hệ số góc của đường cong đồ thị giảm dần trên biểu đồ semi-log cho thấy khả năng cục bộ này.

Kiểm tra thời gian phục hồi 100:1 không được khuyến nghị cho ISO 8 và 9.

Ghi chú: Phép đo tốc độ phục hồi không chỉ đưa ra tốc độ phục hồi mà còn đưa ra mức trao đổi không khí trên một đơn vị thời gian tại địa điểm thực hiện phép đo. Nếu mức trao đổi không khí cục bộ tại địa điểm đó được so sánh với mức trao đổi không khí tổng thể trong phòng sạch, có thể thu được hiệu quả của hệ thống thông gió trong việc cung cấp không khí sạch tại vị trí đo.

B.4.3 Quy trình kiểm tra phục hồi

B.4.3.1 Lựa chọn các điểm đo

Đặt đầu dò LSAPC trong mặt phẳng làm việc tại các vị trí thích hợp (bao gồm các vị trí quan trọng hoặc các vị trí nghi ngờ xấu nhất). Các điểm đo và số lượng phép đo nên theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Việc chọn đo tại các vị trí

customer and supplier. It can be inappropriate to choose measuring locations that give recovery performances not representative of the cleanroom, such as under an air terminal without a diffuser.

B.4.3.2 Test method

Care should be taken to avoid high airborne concentrations of particles that can cause coincidence error and contamination of the LSAPC optics. Before testing, calculate the concentration required to carry out the recovery test. If the concentration exceeds the maximum concentration of the LSAPC; where particle coincidence will occur, use a dilution system. Testing procedure:

- a) set up the particle counter in accordance with the manufacturer's instructions and the apparatus calibration certificate;
- b) the particle size used in this test should be less than 1 μm . It is recommended that the size channel used by the LSAPC corresponds to that of the maximum number concentration of the aerosol;
- c) the cleanroom area to be examined should be contaminated with an aerosol while the air-handling units are in operation;
- d) raise the initial particle concentration to more than 10 or 100 times depending on the target cleanliness level (see Note 1);
- e) commence measurements at not more than 1 min intervals and record time and concentration;
- f) The results of the decay of the logarithm of the particle concentration should be plotted against time to ensure that the results used are where the decay is exponential, i.e. the decay line is straight, and not at the beginning where the

mà cung cấp hiệu suất phục hồi không đại diện cho phòng sạch (chẳng hạn như bên dưới miệng gió không khuếch tán) có thể không thích hợp.

B.4.3.2 Phương pháp kiểm tra

Cần cẩn thận để tránh các hạt có nồng độ cao trong không khí vì nó có thể gây ra lỗi trùng lặp và nhiễm bẩn LSAPC. Trước khi thử nghiệm, tính toán nồng độ cần thiết để thực hiện kiểm tra khả năng phục hồi. Nếu nồng độ vượt quá nồng độ tối đa của LSAPC (mức mà sự trùng lặp hạt sẽ xảy ra) thì sử dụng hệ thống pha loãng.

Quy trình kiểm tra:

- a) thiết lập máy đếm hạt theo hướng dẫn của nhà sản xuất và chứng nhận hiệu chỉnh thiết bị;
- b) cỡ hạt được sử dụng trong phép thử này phải nhỏ hơn 1 μm . Khuyến nghị dải kích thước sử dụng bởi LSAPC tương ứng với nồng độ số lượng tối đa của sol khí;
- c) nên thực hiện việc làm nhiễm bụi khu vực phòng sạch được kiểm tra trong khi thiết bị xử lý không khí (AHU) đang hoạt động;
- d) nâng nồng độ hạt ban đầu lên hơn 10 hoặc 100 lần tùy thuộc vào mức độ sạch mục tiêu (xem Ghi chú 1);
- e) các phép đo bắt đầu cách nhau không quá 1 phút, ghi lại thời gian và nồng độ;
- f) Các kết quả đo suy giảm lôgarit nồng độ hạt nên được vẽ biểu đồ dựa theo thời gian để đảm bảo rằng các kết quả biểu thị suy giảm nồng độ là hàm mũ, tức là đường suy giảm là đường thẳng, và chỗ bắt đầu là sự suy giảm được thiết lập, hoặc chỗ kết

decay has not been established, or at the end where the background count in the cleanroom reduces the decay rate.

NOTE 1 The target cleanliness level can be either the design cleanliness level, the level established by testing according to ISO 14644-1 at the at-rest condition, or an alternative agreed cleanliness level, assuming that the level is at a point on the decay graph where the decay is exponential.

NOTE 2 If necessary, an alternative, but less convenient method, can be to turn off the ventilation system, add the test particles, mix with a room fan if needed, and turn on the ventilation system

B.4.3.3 Evaluation by 10:1 or 100:1 recovery time

Evaluation procedure:

- note the time when the particle concentration reaches the 10x or 100x target concentration threshold (t_{10n} or t_{100n});
- note the time when the particle concentration reaches the target cleanliness level, t_n ;
- the 10:1 recovery time is represented by $t_{0,1} = (t_n - t_{10n})$;
- the 100:1 recovery time is represented by $t_{0,01} = (t_n - t_{100n})$;

B.4.3.4 Evaluation by recovery rate

Recovery performance can be determined from the slope of the particle concentration decreasing curve, as follows:

thức là số lượng hạt trong phòng sạch làm giảm mức suy giảm.

Ghi chú 1: Cấp độ sạch mục tiêu có thể là cấp độ sạch theo thiết kế, cấp độ được thiết lập bằng thử nghiệm theo ISO 14644-1 ở điều kiện trạng thái nghỉ (không vận hành), hoặc cấp độ sạch được thỏa thuận, giả sử rằng cấp độ đó ở tại một điểm trên đồ thị suy giảm trong đó sự suy giảm là cấp số nhân.

Ghi chú 2: Nếu cần thiết thì có thể dùng phương pháp thay thế nhưng kém tiện lợi hơn: tắt hệ thống thông gió, thêm các hạt thử nghiệm, kết hợp với quạt phòng nếu cần, và bật hệ thống thông gió

B.4.3.3 Đánh giá bằng thời gian phục hồi 10:1 hoặc 100:1

Quy trình đánh giá:

- ghi lại mốc thời gian khi mà nồng độ hạt đạt ngưỡng mục tiêu 10x hoặc 100x (t_{10n} hoặc t_{100n});
- ghi lại mốc thời gian khi mà nồng độ hạt giảm đến mức đạt cấp độ sạch mục tiêu, t_n ;
- thời gian phục hồi 10:1 được biểu diễn bởi $t_{0,1} = (t_n - t_{10n})$;
- thời gian phục hồi 100:1 được biểu diễn bởi $t_{0,01} = (t_n - t_{100n})$;

B.4.3.4 Đánh giá bằng tốc độ phục hồi

Hiệu suất phục hồi có thể được xác định từ hệ số góc của đồ thị đường cong giảm nồng độ hạt, như sau:

a) commence measurements and record time and concentration continuously. Sampling time should be as short as possible but sampling should be such that the count has statistical relevance. Time intervals between the samplings should be as short as possible;

b) plot the data of decreasing particle concentration on a semi-log chart (concentrations on the ordinate by the logarithmic scale; and the time values on the abscissa by the linear scale);

c) decide higher and lower concentration limits as to the decreasing curve measured is accepted as almost straight line;

d) cleanliness recovery rate is obtained from the slope of the line between the higher and lower concentrations. The cleanliness recovery rate between two measurements is calculated from [Formula \(B.6\)](#):

$$r = -2,3 \times \frac{1}{t_1 - t_0} \log \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \quad (\text{B.6})$$

C_0 is the higher concentration at t_0 ;

C_1 is the lower concentration at t_1 .

r is the cleanliness recovery rate;

$t_1 - t_0$ is the time between measured concentration crosses C_0 and C_1 ;

NOTE The ventilation effectiveness of a critical location or locations in the cleanroom can be determined by comparing the recovery rate at the location or locations with the overall recovery rate of the cleanroom. When the air and the contamination in the cleanroom are perfectly mixed at the start of the recovery test for the clean room, the overall recovery rate of a cleanroom is the same as the air change rate of the cleanroom. Therefore, the ventilation effectiveness can be obtained by comparing the recovery rate at the location or locations with the air change rate of the cleanroom,

a) bắt đầu phép đo, liên tục ghi lại thời gian và nồng độ hạt. Thời gian lấy mẫu nên càng ngắn càng tốt nhưng việc lấy mẫu phải sao cho số lượng lấy mẫu phù hợp về mặt thống kê. Khoảng thời gian giữa các lần lấy mẫu phải càng ngắn càng tốt;

b) dùng dữ liệu đo đạt được để biểu diễn sự suy giảm nồng độ hạt trên biểu đồ semi-log (nồng độ nằm trên trục tung theo tỷ lệ logaric; và giá trị thời gian nằm trên trục hoành theo tỷ lệ tuyến tính);

c) lựa chọn giới hạn trên và giới hạn dưới của nồng độ sao cho đường cong đồ thị giảm dần gần như là đường thẳng;

d) tốc độ phục hồi độ sạch được xác định từ hệ số góc của đường giữa nồng độ cao hơn và thấp hơn. Tốc độ phục hồi độ sạch giữa hai lần đo được tính theo [Formula \(B.6\)](#):

$$r = -2,3 \times \frac{1}{t_1 - t_0} \log \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \quad (\text{B.6})$$

C_0 là nồng độ cao hơn tại thời điểm t_0 ;

C_1 là nồng độ thấp hơn tại thời điểm t_1 .

r tốc độ phục hồi cấp độ sạch;

$t_1 - t_0$ là khoảng thời gian giữa hai lần đo nồng độ C_0 và C_1 ;

Ghi chú: Hiệu quả thông gió tại một hoặc các vị trí quan trọng trong phòng sạch có thể được xác định bằng cách so sánh tốc độ phục hồi độ sạch tại một hoặc các vị trí với tốc độ phục hồi độ sạch tổng thể của phòng sạch. Khi không khí và nguồn ô nhiễm trong phòng sạch được trộn lẫn một cách hoàn hảo khi bắt đầu thử nghiệm (phục hồi độ sạch đối với phòng sạch) thì tốc độ phục hồi tổng thể của phòng sạch cũng bằng với tốc độ thay đổi không khí (ACH) của phòng sạch. Do đó, hiệu quả thông gió có thể xác định được bằng cách so sánh tốc độ phục hồi độ sạch tại một hoặc các vị trí với tốc độ thay đổi không khí của phòng sạch.

To obtain comparable values of the recovery test, it is necessary to consider the influence of the temperature difference between incoming air and the recovery performance test point, which causes changes to the airflow in the cleanroom. This temperature difference can vary between the at-rest and as-built conditions, due to changes in the heat gains in the cleanroom, and between the different requirements for seasonal warming or cooling. The temperature differential between the incoming air and recovery test point should be measured.

B.4.4 Apparatus for recovery test

The apparatus listed below can be used for a recovery test:

- aerosol generator and artificially generated aerosol, which have the same characteristics as those described in [C.5](#);
- light-scattering airborne-particle counter (LSAPC), which has the efficiency described in [C.8](#);
- dilution system, if necessary, as described by [C.5.4](#);
- thermometer.

NOTE A recovery test can also be carried out using an aerosol photometer

B.4.5 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- b) number and location of measuring points;

Để có được các giá trị có thể so sánh của việc kiểm tra khả năng phục hồi, cần phải xem xét ảnh hưởng của chênh lệch nhiệt độ giữa không khí vào và không khí tại điểm đo (điểm test phục hồi), điều này gây ra những thay đổi đối với luồng không khí trong phòng sạch. Sự chênh lệch nhiệt độ này có thể thay đổi giữa các điều kiện trạng thái nghỉ hoặc trạng thái hoàn công, do sự thay đổi của phụ tải nhiệt trong phòng sạch và các yêu cầu khác nhau về làm ấm hoặc làm mát theo mùa. Cần đo chênh lệch nhiệt độ giữa không khí đi vào và không khí tại điểm đo (điểm test phục hồi).

B.4.4 Thiết bị cho việc kiểm tra phục hồi

Những thiết bị liệt kê ở dưới có thể được dùng cho việc kiểm tra khả năng phục hồi độ sạch:

- máy tạo hạt sol khí và sol khí nhân tạo có các tính chất tương tự như đã mô tả trong [C.5](#);
- máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng (LSAPC), có hiệu suất như được mô tả trong mục [C.8](#);
- hệ thống pha loãng (nếu cần) như được mô tả tại mục [C.5.4](#);
- nhiệt kế.

Ghi chú: Cũng có thể dùng máy quang học sol khí để phục vụ việc kiểm tra phục hồi độ sạch

B.4.5 Báo cáo thử nghiệm

Thông qua sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, những thông tin và dữ liệu dưới đây nên được ghi lại như đã mô tả trong [Clause 5](#):

- a) ký hiệu mã của mỗi thiết bị được sử dụng cũng như là hạn hiệu chỉnh của thiết bị;
- b) số lượng và vị trí các điểm đo;

- c) occupancy state(s);
- d) result of measurement.

B.5 Temperature test

B.5.1 General

The purpose of this test is to verify the capability of the installation to maintain the air temperature level within the control limits and over the time period agreed between the customer and supplier for the particular area being tested. Refer to ISO 7726 ^[28] and other related documents for details of suitable test methods.

B.5.2 Apparatus for temperature test

The temperature test should be performed using a sensor that has accuracy as defined in ISO 7726 ^[28] for example:

- a) thermometers;
- b) resistance temperature devices;
- c) thermistors.

The apparatus should have a valid calibration certificate.

B.6 Humidity test

B.6.1 General

The purpose of this test is to verify the capability of the installation to maintain the air humidity level (expressed as relative humidity or dew point) within the control limits and over the time period agreed between the customer and the supplier for the area being tested. Refer to ISO

- c) trạng thái khu vực sạch;
- d) kết quả đo đạt.

B.5 Kiểm tra nhiệt độ

B.5.1 Tổng quan

Mục đích của việc kiểm tra thử nghiệm này là để xác nhận khả năng duy trì mức nhiệt độ không khí trong giới hạn kiểm soát và qua các chu kỳ thời gian được đồng ý thỏa thuận bởi khách hàng và nhà cung cấp đối với khu vực cụ thể được kiểm tra thử nghiệm. Tham khảo tiêu chuẩn ISO 7726 ^[28] và các tài liệu liên quan khác để biết chi tiết về các phương pháp kiểm tra phù hợp.

B.5.2 Các thiết bị dùng cho việc kiểm tra nhiệt

Nên sử dụng một cảm biến nhiệt với độ chính xác như được xác định trong tiêu chuẩn ISO 7726 ^[28] để kiểm tra nhiệt độ, ví dụ:

- a) nhiệt kế;
- b) các thiết bị nhiệt điện trở RTD (làm bằng kim loại nguyên chất, thường là bạch kim);
- c) nhiệt điện trở (làm bằng composite, thường là các oxit kim loại).

Các thiết bị phải còn hạn chứng nhận hiệu chỉnh

B.6 Kiểm tra độ ẩm

B.6.1 Tổng quan

Mục đích của việc kiểm tra thử nghiệm này là để xác minh khả năng duy trì mức độ ẩm không khí (được biểu thị bằng độ ẩm tương đối hoặc điểm đọng sương) trong giới hạn kiểm soát và trong khoảng thời gian đã thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp cho khu vực được kiểm tra. Tham



7726 ^[28] and other related documents for details of suitable test methods.

B.6.2 Apparatus for humidity test

Humidity tests should be performed using a sensor that has accuracy appropriate to the measurement as stated in ISO 7726 ^[28].

Typical sensors are:

- a) dielectric thin film capacitor humidity sensor;
- b) dew point sensor;
- c) psychrometer.

khảo tiêu chuẩn ISO 7726 ^[28] và các tài liệu liên quan khác để biết chi tiết về các thiết bị phù hợp.

B.6.2 Các thiết bị cho việc kiểm tra độ ẩm

Nên sử dụng các cảm biến có độ chính xác phù hợp với những phép đo như đã nêu trong ISO 7726 ^[28] để thực hiện việc kiểm tra độ ẩm.

Các cảm biến thường dùng:

- a) cảm biến độ ẩm điện dung sử dụng màng mỏng thay đổi điện môi;
- b) cảm biến điểm đọng sương;
- c) ẩm kế.

B.7 Installed filter system leakage test

WARNING — The aerosol challenge can provide an unacceptable particulate or molecular contamination within some installations. Some test aerosols can create a safety hazard under Certain circumstances. This document does not address any safety issues associated with these methods. It is the responsibility of the user to consult and apply appropriate safety practices, risk assessments and any regulatory limits prior to use of this document.

B.7.1 General

B.7.1.1 Methods

These tests are performed to confirm that installed filter systems with integral efficiency of 99.95 % or higher at most penetrating particle size (MPPS) are properly installed by verifying the absence of bypass leakage in the installation, and that the filters are free of defects (small holes and other damage in the filter medium, frame, seal and leaks in the filter bank framework). Portions of the test methods given in [B.7](#) have been adapted from IEST-RP-CC0.4.4 ^[21]

These tests are not used to determine the efficiency of the filter medium. The leak test establishes the level of leakage, relevant to the cleanliness performance of the installation. The tests are performed by introducing an aerosol challenge upstream of the filters and scanning downstream of the filters and support frame or sampling in a downstream duct. The test is applied to cleanrooms and clean zones in as-built or in at-rest occupational states, and undertaken when commissioning new cleanrooms and clean zones, or when existing installations require re-testing, or after the high-efficiency air filters have been replaced.

B.7 Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp

CẢNH BÁO – Sol khí có thể tạo ra sự nhiễm bẩn bởi các hạt hoặc phân tử khí không mong muốn trong một số cơ sở lắp đặt. Tài liệu này không đề cập đến bất cứ vấn đề an toàn nào liên quan đến các phương pháp test. Người sử dụng có trách nhiệm trong việc tham khảo và ứng dụng một cách thích hợp và an toàn. Trước khi sử dụng tài liệu này cần đánh giá rủi ro và bất cứ giới hạn nào trong quy định cụ thể từng ứng dụng

B.7.1 Tổng quan

B.7.1.1 Các phương pháp

Những việc test này được thực hiện để xác nhận rằng hệ thống bộ lọc đã lắp đặt với hiệu suất tổng thể là 99.95% hoặc cao hơn test tại kích thước hạt khó bắt nhất (MPPS) được lắp đặt đúng thông qua việc xác minh rằng không có rò rỉ trong công việc lắp đặt (lắp bộ lọc với housing), và xác nhận rằng bộ lọc không có lỗi (thùng lỗ nhỏ hay các tổn hại khác trên bề mặt lọc, khung lọc, seal lọc, ...). Các phần của các phương pháp test đề cập trong mục [B.7](#) thì được phỏng theo từ IEST-RP-CC0.4.4 ^[21]

Những việc test này không được dùng để xác định hiệu suất của lưới lọc. Test rò rỉ dùng để thiết lập mức rò rỉ thực tế, liên quan đến việc lắp đặt. Những việc test được thực hiện bằng cách đưa vào sol khí tại upstream của bộ lọc và quét rò rỉ tại downstream của bộ lọc và hệ thống khung lọc hoặc là downstream tại ống gió. Việc test thì được ứng dụng trong phòng sạch và vùng sạch khi đã hoàn công hoặc ở trạng thái nghỉ, và khi có yêu cầu test lại hoặc là khi bộ lọc hiệu suất cao vừa mới được thay lại, ...

Two procedures for filter systems with ceiling, wall or apparatus mounted filters are described in [B.7.2](#) and [B.7.3](#). A procedure for duct mounted filters is described in [B.7.4](#). The apparatus and methods are different, with the method described in [B.7.2](#) measuring a mass concentration using an aerosol photometer and the method described in [B.7.3](#) measuring numbers of particles using a LSAPC.

B.7.1.2 Aerosol photometer method

The aerosol photometer method ([B.7.2](#)) may be used for testing:

- a) cleanrooms and clean zones with all types of air-handling systems;
- b) installations where outgassing of oil-based volatile test aerosol deposited on the filters and ducts is not considered to be detrimental to products and/or processes and/or personnel within the cleanroom or clean zone.

NOTE: The aerosol photometer method requires higher upstream aerosol concentration, when compared to the LSAPC method.

B.7.1.3 Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) method

The LSAPC method ([B.7.3](#)) may be used for testing:

- a) cleanrooms and clean zones with all types of air-handling systems;
- b) installations where outgassing of oil-based volatile aerosol deposited on filters and ducts cannot be tolerated or where the use of solid aerosol is recommended.

Hai quy trình áp dụng cho hệ thống lọc gắn trần, tường hoặc gắn tại thiết bị được mô tả trong mục [B.7.2](#) và [B.7.3](#). Quy trình cho bộ lọc gắn ống gió (Ducted housing) thì được mô tả tại mục [B.7.4](#). Các thiết bị và phương pháp sử dụng để test để cấp ở trên là khác nhau, với phương pháp mô tả tại mục [B.7.2](#) thì đo lường lượng rò rỉ bằng cách sử dụng máy photometer - sol khí (phun các hạt dạng rắn hoặc lỏng kích thước 0.001 đến 100µm), còn phương pháp được mô tả trong mục [B.7.3](#) đo lường số lượng hạt bằng việc sử dụng LSAPC

B.7.1.2 Phương pháp Quang kế - Photometer

Phương pháp sử dụng photometer sol khí ([B.7.2](#)) có thể được dùng để kiểm tra:

- a) phòng sạch và vùng sạch với tất cả các kiểu hệ thống xử lý không khí;
- b) việc thoát ra của các phân tử gốc dầu bay hơi trong quá trình test đọng lại trên bộ lọc và ống gió được xem là không gây hại gì đến sản phẩm / quy trình sản xuất / con người trong phòng sạch, vùng sạch.

Ghi chú: phương pháp dùng photometer – sol khí yêu cầu nồng độ sol khí tại upstream cao hơn so với phương pháp LSAPC.

B.7.1.3 Phương pháp LSAPC – sử dụng máy đếm hạt

Phương pháp này ([B.7.3](#)) có thể được sử dụng cho:

- a) phòng sạch và vùng sạch với tất cả các kiểu hệ thống xử lý không khí;
- b) việc thoát ra của các phân tử gốc dầu bay hơi trong quá trình test đọng lại trên bộ lọc và ống gió là không thể chấp nhận hoặc ở những nơi được đề xuất sử dụng chất phun khi test dạng rắn.

NOTE 1: This method requires a series of calculations to set up the method and can also require the use of a diluter (see [C.5.4](#)). The calculations can be manual, through independent computers, instrument linked computers, or Within automated adapted LSAPC instruments.

NOTE 2: This method can also be used with oil-based aerosol where outgassing can be tolerated.

B.7.2 Procedure for installed filter system leakage scan test with an aerosol photometer

B.7.2.1 General

Preparatory steps are contained in [B.7.2.2](#), [B.7.2.3](#), [B.7.2.5](#) and [B.7.2.6](#), acceptance criteria in [B.7.2.4](#), the test procedure itself in [B.7.2.7](#), and repair actions are to be found in [B.7.6](#).

B.7.2.2 Determination of probe size

It is desirable to choose a probe which has a rectangular inlet in sizes of $D_p = 1$ cm and $W_p = 8$ cm or a circular probe of diameter $D_p = 3.6$ cm. D_p is the probe dimension parallel to the scan direction, expressed in centimetres; W_p is the probe dimension perpendicular to the scan direction, expressed in centimetres.

B.7.2.3 Determination of scan rate

The probe traverse scan rate, S_r should be approximately 5 cm/s.

B.7.2.4 Acceptance criteria

While scanning, any indication of a leak equal or greater than the limit which characterizes a designated leak should be cause for holding the probe at the leak location. The location of the

Ghi chú 1: Phương pháp này yêu cầu một chuỗi các tính toán để được thiết lập và cũng có thể yêu cầu việc sử dụng chất pha loãng (xem mục [C.5.4](#)). Việc tính toán có thể thực hiện bằng tính tay, thông qua máy tính riêng biệt, máy tính kết nối dụng cụ thiết bị test, hoặc là dụng cụ thiết bị LSAPC kết nối tự động.

Ghi chú 2: Phương pháp này có thể cũng được sử dụng với chất test dạng gốc dầu ở những nơi mà sự phát thải của nó được cho phép.

B.7.2 Quy trình cho việc scan kiểm tra rò rỉ hệ thống bộ lọc với máy photometer sử dụng sol khí

B.7.2.1 Tổng quan

Các bước chuẩn bị được nêu tại mục [B.7.2.2](#), [B.7.2.3](#), [B.7.2.5](#) và [B.7.2.6](#), tiêu chuẩn chấp thuận tại mục [B.7.2.4](#), the test procedure itself in [B.7.2.7](#), và cách sửa chữa được thể hiện tại mục [B.7.6](#).

B.7.2.2 Xác định kích thước của đầu dò (scan)

Nên chọn đầu dò có hình dạng chữ nhật với chiều rộng $D_p = 1$ cm và chiều dài $W_p = 8$ cm hoặc là hình tròn với đường kính $D_p = 3.6$ cm. D_p là kích thước của đầu dò song song với hướng quét, tính bằng cen-ti-mét; W_p là kích thước của đầu dò vuông góc với hướng quét, tính bằng cen-ti-mét.

B.7.2.3 Xác định tốc độ đầu dò

Tốc độ của đầu dò đi ngang qua là S_r nên xấp xỉ khoảng 5 cm/s.

B.7.2.4 Tiêu chuẩn để chấp thuận

Trong khi quét, bất cứ dấu hiệu nào của việc rò rỉ bằng hoặc vượt quá giá trị giới hạn (giá trị thiết kế) thì chúng ta nên giữ đầu dò tại vị trí đó (nhằm kiểm tra cho chắc chắn). Vị trí rò rỉ nên được xác

leak should be identified by the position of the probe that sustains the maximum reading on the aerosol photometer.

A leak detected in excess of 0,01 % of the upstream mass concentration is deemed to exceed the maximum allowable penetration. However, for filter systems of an integral efficiency at MPPS 99,95 % and less than 99,995 the acceptance criterion is 0,1 %.

If filter systems of an integral efficiency lower than 99,95 % at MPPS are to be tested, a different acceptance criterion are necessary, based on agreement between customer and supplier.

For actions to be taken to eliminate detected leaks, see [B.7.6](#)

B.7.2.5 Choice Of upstream aerosol challenge

An artificially generated aerosol by Laskin nozzle, thermal generator or similar should be introduced into the upstream airflow to achieve the required homogeneous challenge concentration. The mass median particle diameter for this production method is typically between 0,3 μm to 0,7 μm with a geometric standard deviation of up to 1,7.

NOTE: A guide to aerosol source substances is given in [C.8.4](#).

B.7.2.6 Concentration of upstream aerosol challenge and its verification

The concentration of the aerosol challenge upstream of the filter should be between 1 mg/m^3 and 100 mg/m^3

NOTE: Not all photometers are capable of using 1 mg/m^3 as the upstream challenge,

nhận bởi vị trí của đầu dò tại chỗ mà máy photometer cho ra giá trị lớn nhất.

Vị trí phát hiện rò rỉ vượt quá 0.01 % so với nồng độ tại upstream thì được coi là vượt quá giá trị rò rỉ cho phép. Tuy nhiên, đối với hệ thống lọc với hiệu suất tổng thể là 99.95 % (test tại kích thước hạt khó bắt nhất MPPS) và nhỏ hơn 99.995 thì tiêu chuẩn để chấp thuận là 0.1 % (Có thể thấy giá trị rò rỉ local cho phép của H13 là 0.1 %, H14 trở lên là 0.01 %).

Nếu hệ thống lọc với hiệu suất tổng thể thấp hơn 99.95 % (test tại MPPS) thì cần được test theo tiêu chí dựa vào sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Cách để loại bỏ các vị trí rò rỉ đã phát hiện xem tại mục [B.7.6](#)

B.7.2.5 Chọn chất test – aerosol

Sol khí nhân tạo được tạo ra bởi thiết bị vòi Laskin, bộ tạo nhiệt hoặc các thiết bị khác tương tự nên đưa vào upstream với dòng khí đạt nồng độ yêu cầu đồng nhất. Kích thước đường kính trung bình của hạt được tạo ra bởi phương pháp này thường là từ 0.3 μm đến 0.7 μm với sai số hình học lên đến 1.7.

Ghi chú: một hướng dẫn về các chất test được đưa ra tại mục [C.8.4](#).

B.7.2.6 Nồng độ của chất test và cách xác định

Nồng độ của chất test đưa vào upstream của bộ lọc nên trong khoảng từ 1 mg/m^3 đến 100 mg/m^3

Ghi chú: Không phải tất cả các máy photometer nào cũng có khả năng hoạt động với nồng độ 1 mg/m^3 tại upstream, cần sử dụng các phép đo

Appropriate measurements should be taken for the verification of the homogenous mixing of the added aerosol to the supply airflow. The first time a system is tested, it should be determined that sufficient aerosol mixing is taking place. For such validation, all injection and sampling points should be defined and recorded.

The upstream aerosol concentration measurements taken immediately upstream of the filters should not vary more than $\pm 15\%$ in time about the average measured value. Concentrations lower than the average reduce the sensitivity of the test to small leaks. while higher concentrations increase the sensitivity to small leaks. Further details as to how to conduct the air-aerosol mixing test should be agreed between customer and supplier

B.7.2.7 Procedure for installed filter system leakage scan test

Prior to performing this procedure, the airflow velocity test ([B.2](#)) should be carried out. Where installations are operated at different airflow velocities, the highest level should be selected for the filter system leakage scan test. The test is performed by introducing the specific challenge aerosol upstream of the filter(s) and searching for leaks by scanning the downstream side of the filter(s) and the grid or mounting frame system with the photometer's probe as follows:

a) measure the aerosol concentration upstream of the filters according to [B.7.2.6](#). This aerosol concentration should be used as the upstream 100 % reference for the photometer. Downstream measurements is then displayed as percentage penetration of upstream concentration;

b) the probe should then be traversed at a scan rate not exceeding 5 cm/s using overlapping strokes (1 cm recommended). The probe should

lượng thích hợp để xác định sự trộn đồng nhất của chất test được thêm vào dòng khí cấp. Lần đầu khi mà hệ thống được test, nó cần được xác định rằng sự trộn chất test với dòng khí với lượng thích hợp đang diễn ra. Để xác định như vậy, thì tất cả việc phun khí và điểm lấy mẫu cần được theo dõi xác định và ghi lại.

Giá trị đo nồng độ chất test tại upstream bộ lọc không được dao động quá mức $\pm 15\%$ so với giá trị trung bình. Nồng độ thấp hơn giá trị trung bình làm giảm độ nhạy đối với khả năng test các rò rỉ nhỏ. Trong khi nồng độ cao thì làm tăng độ nhạy đối với các rò rỉ nhỏ. Chi tiết hơn nữa về cách xác định làm thế nào hòa trộn chất test và dòng khí nên được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.7.2.7 Quy trình quét kiểm tra rò rỉ hệ thống bộ lọc đã lắp

Trước khi thực hiện quy trình này, vận tốc dòng khí test ([B.2](#)) cần được thử nghiệm. Nơi mà chúng ta lắp đặt được vận hành với các vận tốc dòng khí khác nhau thì nên chọn mức lớn nhất cho quá trình scan test rò rỉ. Quá trình test được tiến hành bởi việc đưa vào chất test cụ thể tại upstream của bộ lọc và tìm điểm rò rỉ bằng việc quét tại downstream của bộ lọc và quét cả khung grid trần hoặc là khung, hộp giữ lọc với đầu dò của bộ photometer như sau:

a) đo nồng độ chất test tại upstream của bộ lọc theo mục [B.7.2.6](#). Nồng độ này nên được sử dụng như là 100% giá trị tham chiếu cho thông số đo. Sự đo đạc tại downstream sau đó được hiển thị là phần trăm rò rỉ so với nồng độ tại upstream;

b) đầu dò nên được di chuyển đi qua lọc với tốc độ không vượt quá 5 cm/s và đường quét sau chồng lên đường quét trước một khoảng chừng 1 cm. Đầu dò nên được giữ tại vị trí cách bề mặt lọc

be held in a distance of 3 cm or less from the downstream filter face or the frame structure;

c) scanning should be performed over the entire downstream face of each filter, the perimeter of each filter, the seal between the filter frame and the grid structure, including its joints;

d) measurements of the aerosol upstream of the filters should be repeated at reasonable time intervals between and after scanning for leaks, to confirm the stability of the challenge aerosol concentration (see [B.7.2.6](#)).

B.7.3 Procedure for installed filter system leakage scan test with a LSAPC

B.7.3.1 General

Preparatory steps are contained in [B.7.3.2](#) to [B.7.3.7](#), test procedure in [B.7.3.8](#) and [B.7.3.9](#). Acceptance criteria in [B.7.3.4](#) and repair actions in [B.7.6](#). An example of an application with evaluation is contained in [B.7.3.10](#)

This method has a two-stage approach:

Stage 1: the clean side of the filter should be scanned for a potential leak. During scanning with a LSAPC, detection of more than an acceptable count for given test conditions, N_a , in sample acquisition time, T_s , indicates the potential presence of a leak. In this case, the second stage should be performed. If there are no indications of potential leaks, further investigations are not necessary. The determination of N_a is described in [B.7.3.5](#) and T_s is described in [B.7.3.8.2](#). The procedure for stage 1 scan test is described in [B.7.3.8](#)

Stage 2: the probe should be returned to the place of maximum particle count under each

hoặc khung viền giữ lọc (hay rò rỉ) một khoảng 3 cm hoặc ngắn hơn.

c) Qua trình quét nên được tiến hành trên toàn bộ bề mặt downstream của bộ lọc, đường viền xung quanh của mỗi bộ lọc, seal giữa khung lọc và cấu trúc grid (ví dụ Camgrid, Airgrid), bao gồm cả những mối liên kết;

d) sự đo đặc chất test tại upstream của bộ lọc nên được lặp lại tại những khoảng thời gian hợp lý giữa và sau những lần quét rò rỉ để đảm bảo sự ổn định của nồng độ chất test (xem mục [B.7.2.6](#))

B.7.3 Quy trình quét kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt với phương pháp LSAPC

B.7.3.1 Tổng quan

Các bước chuẩn bị được nêu tại mục [B.7.3.2](#) đến [B.7.3.7](#), quy trình test trong mục [B.7.3.8](#) và [B.7.3.9](#). Tiêu chuẩn chấp thuận trong mục [B.7.3.4](#) và cách thao tác sửa chữa thể hiện trong mục [B.7.6](#). Một ví dụ của việc ứng dụng với đánh giá được nêu trong mục [B.7.3.10](#)

Phương pháp này gồm 02 giai đoạn:

Giai đoạn 1: mặt sạch của bộ lọc nên được quét xem có khả năng bị rò rỉ hay không. Trong suốt quá trình quét rò rỉ với phương pháp LSAPC, phát hiện một lượng rò rỉ nhiều hơn giá trị chấp nhận được (tại những điều kiện test đã ghi nhận), N_a , trong thời gian lấy mẫu gọi là T_s , cho thấy có khả năng bị rò rỉ. Trong trường hợp này, giai đoạn 2 nên được tiến hành. Còn nếu không có dấu hiệu nào của khả năng bị rò rỉ thì không cần thiết phải tiến hành thêm sự xem xét nào nữa cả. Cách xác định N_a được mô tả trong mục [B.7.3.5](#) và T_s được mô tả trong mục [B.7.3.8.2](#). Quy trình quét rò rỉ cho Giai đoạn 1 được mô tả trong mục [B.7.3.8](#)

Giai đoạn 2: đầu dò nên được di chuyển trở lại chỗ mà đếm được hạt có giá trị lớn nhất tương ứng

potential leak and a stationary re-measurement should be performed. During the stationary re-measurement with the LSAPC, detection of more than acceptable count for given test conditions, N_{ar} , in sustained residence time, T_r indicates the presence of a leak. The determinations of N_{ar} and T_r are described in [B.7.3.9.2](#). The procedure for stage 2 stationary re-measuring is described in [B.7.3.9](#)

B.7.3.2 Determination of probe size

The area of the probe size should ensure that the air velocity into the probe is the same as at the filter face, within a variation of $\pm 20\%$. The area of the intake probe can be calculated by means of [Formula \(B.7\)](#):

$$D_p \times W_p = Q_{va}/U \quad (B.7)$$

Where:

D_p is the probe dimension parallel to the scan direction in cm;

Q_{va} is the sampling rate of the LASPC in cm^3/s ;

U is the filter face velocity in cm/s .

W_p is the probe dimension perpendicular to the scan direction, in cm;

It is desirable to choose a probe which has a rectangular inlet in sizes of $D_p = 1\text{ cm}$ and $W_p = 8\text{ cm}$ or a circular probe of diameter $D_0 = 3,6\text{ cm}$. Recommended probe dimensions are based on a sample flow rate, Q_{va} , of $0,000\ 472\ \text{m}^3/\text{s}$ ($= 472\ \text{cm}^3/\text{s}$, $28,31/\text{min}$ or 1 CFM).

If filter face velocity is unusually high ($>1\text{ m/s}$), a smaller dimension for the probe, D_p , can be calculated by use of [Formula \(B.7\)](#)

mỗi điểm có khả năng rò rỉ (phát hiện trong giai đoạn 1) và nên tiến hành đo đặc lại với điều kiện giữ đầu dò đứng yên. Trong suốt quá trình đo đặc lại với LSAPC, sự phát hiện nhiều hơn số lượng hạt cho phép gọi là N_{ar} , trong khoảng thời gian mà giữ nguyên đầu dò gọi là T_r , cho thấy xuất hiện của rò rỉ. Xác định giá trị N_{ar} và T_r được mô tả tại mục [B.7.3.9.2](#). Quy trình của việc đo đặc lại trong giai đoạn 2 được mô tả trong mục [B.7.3.9](#)

B.7.3.2 Xác định kích thước của đầu dò

Diện tích của đầu dò nên được chọn sao cho đảm bảo rằng vận tốc gió đi vào đầu dò có cùng giá trị với vận tốc gió tại bề mặt lọc, với dao động trong khoảng $\pm 20\%$. Tiết diện của đầu vào đầu dò được tính theo [Formula \(B.7\)](#):

$$D_p \times W_p = Q_{va}/U \quad (B.7)$$

Trong đó:

D_p là kích thước của đầu dò song song với hướng scan;

Q_{va} là lưu lượng mẫu thử của bộ LASPC, đơn vị cm^3/s ;

U là vận tốc gió tại bề mặt lọc, tính bằng cm/s .

W_p là kích thước của đầu dò vuông góc với hướng scan, tính bằng cm;

Nên chọn đầu dò có hình dạng chữ nhật với kích thước $D_p = 1\text{ cm}$ và $W_p = 8\text{ cm}$ hoặc đầu dò hình tròn với đường kính $D_0 = 3,6\text{ cm}$. Khuyến cáo kích thước của đầu dò được dựa trên lưu lượng của mẫu thử là $Q_{va} = 0.000472\ \text{m}^3/\text{s}$ ($= 472\ \text{cm}^3/\text{s}$, $28,31/\text{phút}$ hoặc 1 CFM).

Nếu vận tốc tại bề mặt lọc cao bất thường ($>1\text{ m/s}$), thì kích thước của đầu dò sẽ nhỏ hơn và lúc này D_p được tính bởi [Formula \(B.7\)](#)

For a circular probe, [Formula \(B.8\)](#) can be used to determine the value of D_p

$$D_p = 2 \times \sqrt{D_0 \times W_s - W_s^2} \quad (\text{B.8})$$

Where:

D_p is the nominal probe dimension parallel to the scan direction, in cm;

D_0 is the actual probe dimension (diameter), in cm;

W_s is the probe overlap dimension perpendicular to the scan direction, in cm.

For a circular probe of a 3,6 cm, diameter, D_p , is 2,54 cm.

Đối với đầu dò hình tròn thì dùng [Formula \(B.8\)](#) để xác định giá trị của D_p

$$D_p = 2 \times \sqrt{D_0 \times W_s - W_s^2} \quad (\text{B.8})$$

Trong đó:

D_p là kích thước danh nghĩa của đầu dò song song với hướng scan, đơn vị cm;

D_0 kích thước đường kính thực tế của đầu dò, tính bằng cm;

W_s là kích thước đầu dò chồng lên nhau vuông góc với hướng của scan, tính bằng cm.

Đối với đầu dò hình tròn có đường kính 3.6 cm thì D_p là 2.54 cm.

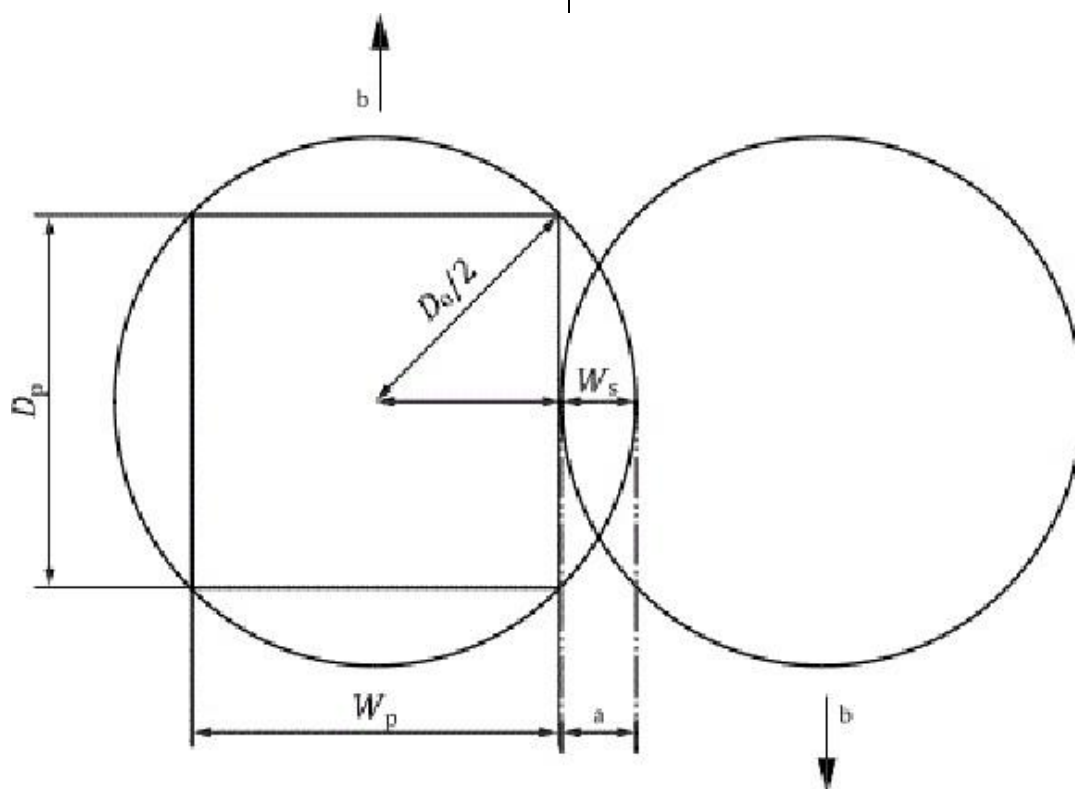


Figure B.1 — Circular probe dimensions diagram

(hình vẽ kích thước đầu dò hình tròn)

NOTE: In order to scan the target surface area most efficiently, it is necessary to select W_s as D_p becomes equal to W_p . In case of circular probe with a diameter of 3,6 cm, the most efficient D_p is 2,54 cm.

B.7.3.3 Determination of scan rate

For a rectangular probe inlet size of $D_p = 1$ cm and $W_p = 8$ cm, the probe scan rate, S_r , is 5 cm/s or less.

For a circular probe inlet diameter of 3,6 cm, the probe scan rate, S_r , is 12 cm/s or less.

Where the upstream aerosol concentrations cannot be achieved, it is necessary to change the scan rate. The scan rate, S_r , in cm/s can be determined by assuming the sampling rate of the LSAPC is 0,000 472 m³/s and use [Formula \(B.9\)](#).

$$S_r = C_c \times P_l \times 0,000\ 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad (\text{B.9})$$

Where:

C_c is the challenge aerosol concentration upstream of the filter in particles/m³;

N_p is the expected median of particle counts that characterize a designated leak in particles;

P_l is the maximum permitted penetration of the filter installation to be tested at 0,3 μm.

B.7.3.4 Particle Size to be counted and acceptance criteria

The particle size to be counted should be equal to or greater than 0,3 μm.

Ghi chú: để scan tiết diện bề mặt hiệu quả nhất thì cần phải chọn W_s cũng như là D_p bằng với W_p . Trong trường hợp đầu dò hình tròn với đường kính là 3.6 cm thì D_p nên là 2.54 cm sẽ cho hiệu quả cao nhất.

B.7.3.3 Xác định tốc độ scan

Đối với đầu dò hình chữ nhật có kích thước $D_p = 1$ cm và $W_p = 8$ cm, tốc độ đầu dò khi scan là $S_r = 5$ cm/s hoặc nhỏ hơn.

Đối với đầu dò hình tròn với kích thước đường kính là 3.6 cm thì tốc độ đầu dò khi scan là $S_r = 12$ cm/s hoặc nhỏ hơn

Ở những chỗ mà nồng độ chất test từ upstream không thể tiếp cận được thì lúc này cần thay đổi tốc độ đầu dò khi scan. Tốc độ đầu dò S_r tính bằng cm/s có thể được xác định bởi [Formula \(B.9\)](#) với giả định rằng lưu lượng mẫu thử của LSAPC là 0.000472 m³/s

$$S_r = C_c \times P_l \times 0.000\ 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad (\text{B.9})$$

Trong đó:

C_c là nồng độ chất test cấp tại upstream của bộ lọc, tính bằng số hạt/m³;

N_p là tổng số hạt (particles) trung bình bị rò rỉ kỳ vọng mong muốn;

P_l là hiệu suất rò rỉ cao nhất được chấp thuận của bộ lọc khi được test với hạt 0.3 μm.

B.7.3.4 Kích thước hạt được đếm và tiêu chuẩn để chấp thuận

Kích thước hạt được đếm nên bằng hoặc lớn hơn 0,3 μm.

While scanning, any indication of a leak should be cause for holding the probe at the leak location. The location of the leak should be identified by the position of the probe.

A leak detected in excess of 0,01 % of the upstream number concentration is deemed to exceed the maximum allowable penetration. However, for filter systems of an integral efficiency at MPPS 99,95 % and less than 99,995 the acceptance criterion is 0,1.

If filter systems of an integral efficiency lower than 99,95 % at MPPS are to be tested, a different acceptance criterion is necessary based on agreement between customer and supplier.

B.7.3.5 Expected number of particle counts

The acceptable number of particle counts during the scanning (Stage 1) is N_a and it is desirable to select a N_a value of 0 or 1.

The lower confidence limit will determine N_a . It can be calculated with [Formula \(B.10\)](#).

$$N_a = N_p - 2\sqrt{N_p} \quad (\text{B.10})$$

where N_p is the expected median of particle counts that characterize a designated leak of particles.

It is the value N_p that is carried forward in [Formula \(B.9\)](#), and [Formula \(B.11\)](#) can be used to calculate N_p :

$$N_p = (N_a + 2) + 2\sqrt{1 + N_a} \quad (\text{B.11})$$

When $N_a = 0$, N_p is 4, and when $N_a = 1$, N_p is 5,83.

NOTE: Higher values of N_a and N_p can be selected if there concerns with false positives being caused by a “bleed through” of particles in undamaged filter media.

Trong khi quét, nếu thấy bất cứ dấu hiệu nào của sự rò rỉ thì ta cần giữ đầu dò tại vị trí đó. Vị trí bị rò rỉ nên được xác định thông qua vị trí của đầu dò.

Một vị trí rò rỉ vượt quá giá trị 0.01% so với nồng độ tại upstream được xem là vượt quá nồng độ lớn nhất cho phép. Tuy nhiên, đối với hệ thống bộ lọc với hiệu suất tổng thể tại MPPS 99.95 % hoặc nhỏ hơn 99.995 thì tiêu chuẩn để chấp thuận là 0.1 (Lọc H13).

Nếu hệ thống bộ lọc với hiệu suất tổng thể thấp hơn 99.95 % tại MPPS được test thì tiêu chuẩn được chấp thuận nên là sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.7.3.5 Số lượng hạt dự kiến

Số lượng hạt đếm chấp nhận được trong suốt quá trình quét (Giai đoạn 1) là N_a và nên chọn là 0 hoặc 1.

Giới hạn tin cậy thấp hơn sẽ xác định N_a thông qua [Formula \(B.10\)](#).

$$N_a = N_p - 2\sqrt{N_p} \quad (\text{B.10})$$

Trong đó N_p là tổng số hạt (particles) trung bình dự kiến cụ thể với rò rỉ được chỉ định.

Đó là giá trị N_p được nói đến trong [Formula \(B.9\)](#) trước, và [Formula \(B.11\)](#) có thể được dùng để tính N_p :

$$N_p = (N_a + 2) + 2\sqrt{1 + N_a} \quad (\text{B.11})$$

Khi $N_a = 0$ thì N_p là 4, và khi $N_a = 1$ thì N_p là 5.83.

Ghi chú: có thể chọn giá trị N_a và N_p cao hơn nếu quan ngại đến việc máy dò vẫn đếm hạt trong trường hợp phân tử hạt này không phải mẫu thử - hiện tượng false positive.

B.7.3.6 Choice of upstream aerosol challenge

An artificially generated polydisperse aerosol should be introduced into the upstream airflow to achieve the required homogeneous challenge concentration. The count median particle diameter for this production method is typically between 0,1 µm to 0,5 µm with a geometric standard deviation of up to 1,7. The median particle diameter for this production method is typically between 0,3 µm and 0,7 µm with a geometric standard deviation of up to 1,7.

Alternatively, microspheres with an appropriate diameter can be used and an aerosol challenge. Where an artificial aerosol cannot be introduced, atmospheric aerosol should be used as the upstream aerosol challenge.

NOTE: A guide to aerosol source substances is given in [C.8.4](#)

B.7.3.7 Concentration of upstream aerosol challenge and its verification

The concentration of the aerosol challenge upstream of the filter should be sufficiently high to achieve acceptable practical scan rates according to [B.7.3.3](#). The concentration of aerosol challenge upstream of the filter is determined with [Formular \(B.12\)](#):

$$C_c \geq N_p \times S_r / (Q_{VS} \times D_p \times P_I) \quad (B.12)$$

Where:

C_c is the challenge aerosol concentration upstream of the filter, in particles/m³;

D_p is the probe dimension parallel to the scan direction, in cm;

P_I is the maximum permitted penetration of the filter installation to be tested at 0,3 µm;

B.7.3.6 Lựa chọn sol khí cấp vào upstream

Sol khí nhân tạo được tạo ra nên được phân tán vào dòng khí tại upstream để đạt được nồng độ yêu cầu đồng nhất. Kích thước hạt trung bình tính toán cho phương pháp tạo hạt này thường là từ 0.1 µm đến 0.5 µm với sai số hình học lên đến 1.7. Kích thước hạt trung bình cho phương pháp tạo hạt này thường là từ 0.3 µm đến 0.7 µm với sai số hình học lên đến 1.7

Một sự thay thế khác, các vi hạt với đường kính thích hợp có thể được sử dụng như là chất test. Khi mà không thể sử dụng sol khí nhân tạo thì các vi hạt trong khí quyển có thể đóng vai trò làm chất test đưa vào tại upstream.

Ghi chú: một hướng dẫn về các chất test được đưa ra tại mục [C.8.4](#)

B.7.3.7 Nồng độ chất test đưa vào tại upstream và cách xác định

Nồng độ chất test đưa vào upstream của bộ lọc nên đủ cao để tốc độ scan đạt giá trị chấp nhận được như đã nói ở mục [B.7.3.3](#). Nồng độ chất test đưa vào upstream của bộ lọc được xác định theo [Formular \(B.12\)](#):

$$C_c \geq N_p \times S_r / (Q_{VS} \times D_p \times P_I) \quad (B.12)$$

Trong đó:

C_c là nồng độ chất test đưa vào upstream của bộ lọc, được tính bằng số hạt/m³;

D_p là kích thước đầu dò cạnh song song với hướng scan, được tính bằng cm;

P_I là nồng độ lớn nhất được chấp thuận của việc lắp đặt bộ lọc được test với hạt 0.3 µm;

Q_{Vs} is the actual sample flow rate of the measuring apparatus, in m^3/s ;

S_r is the probe traverse scan rate, in cm/s ;

Based on the recommend probe size and scan rate as stated in [B.7.3.2](#) and [B.7.3.3](#), the concentration of aerosol the challenge upstream of the filter can be selected from [Figure B.2](#):

Q_{Vs} là lưu lượng thực tế của dòng khí test mà thiết bị đo đặc được, tính bằng m^3/s ;

S_r tốc độ đầu dò di chuyển, tính bằng cm/s ;

Dựa vào kích thước đầu dò được đưa ra và tốc độ di chuyển đầu dò trong mục [B.7.3.2](#) và [B.7.3.3](#), nồng độ của chất test đưa vào upstream của bộ lọc có thể được tra theo [Figure B.2](#):

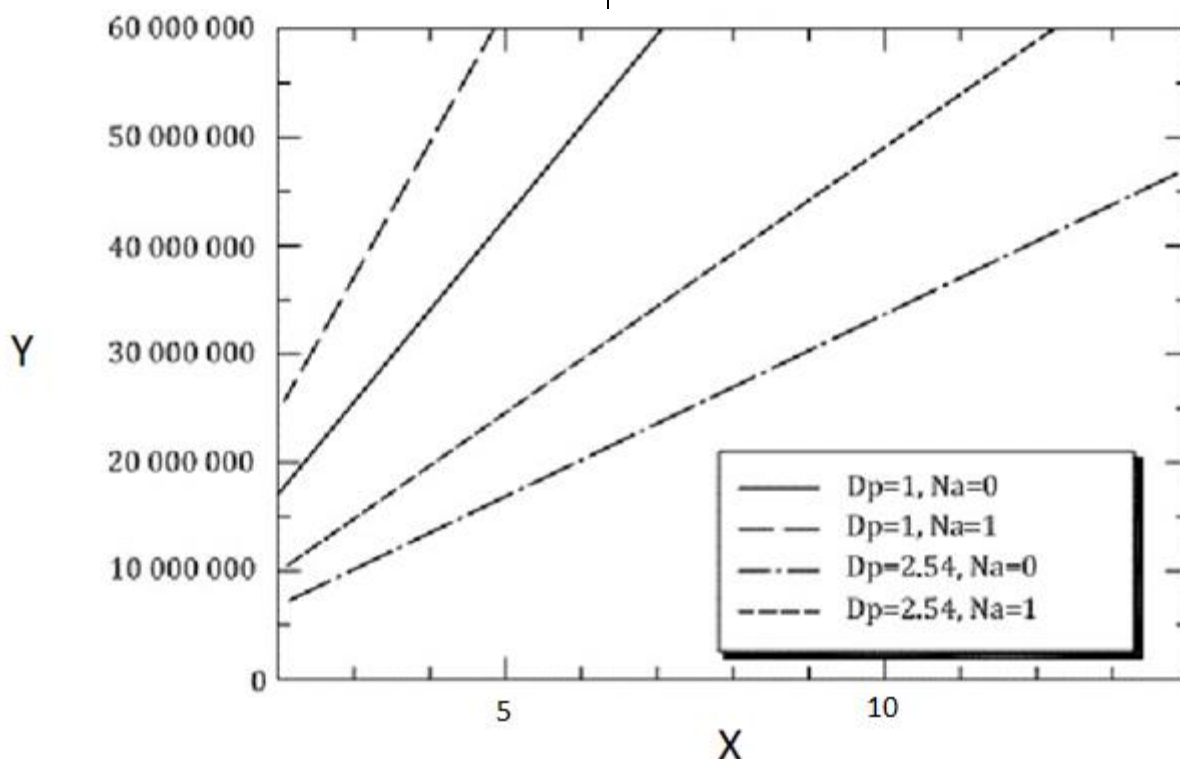


Figure B.2 — Challenge aerosol concentration, C_c for various probe traverse scan rate, S_r
(Nồng độ chất test, tốc độ di chuyển đầu dò)

X probe traverse scan rate, S_r in cm/s

Y challenge aerosol concentration, C_c in particles/ m^3

In most cases, generated aerosol should be added to the upstream aerosol challenge to reach the necessary high challenge

X tốc độ di chuyển đầu dò, S_r tính bằng cm/s

Y Nồng độ chất test, C_c tính bằng số hạt/ m^3

Trong hầu hết các trường hợp, chất test được tạo ra nên được thêm vào upstream để đạt được nồng độ cao cần thiết. Để xác minh được điều này thì cần

concentration. To verify such high concentrations, a dilution system can be required to avoid exceeding the concentration tolerance of the LSAPC (coincidence error).

Challenge aerosol concentrations can be adjusted by changing the probe scan rate by use of [Formular \(B.9\)](#)

Appropriate measurements should be taken for verification of the homogenous mixing of the added aerosol to the supply airflow. The first time a system is tested, it should be determined that sufficient aerosol mixing is taking place, For such validation, all injection and sampling points should be defined and recorded.

The upstream aerosol concentration measurements taken immediately upstream of the filters should not vary more than $\pm 15\%$ in time from the average measured value. Concentrations lower than the average will reduce the sensitivity of the test to small leaks, while higher concentrations increase the sensitivity to small leaks. Further details as to how to conduct the air-aerosol mixing test should be agreed between customer and supplier.

When upstream aerosol concentrations vary over the time, these measurements should be continued during scanning for leaks in order to gain data for calculations with sequential downstream counts.

B.7.3.8 Procedure for installed filter system leakage test, stage 1 scan test

B.7.3.8.1 General

Prior to performing this procedure, the airflow velocity test (See [B.2](#)) should be carried out. Where installations are operated at different airflow velocities, the highest level should be selected for the filter system leakage scan test.

một hệ thống pha loãng tránh việc vượt quá sai số nồng độ của máy LSAPC (sai số trùng lặp).

Nồng độ chất test có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ đầu dò – sử dụng [Formular \(B.9\)](#)

Các phép đo phù hợp nên được đưa ra cho việc xác minh hỗn hợp chất test và dòng không khí cấp vào là đồng nhất. Lần đầu tiên hệ thống được test thì nó nên được xác minh rằng sự hòa trộn chất test một cách hợp lý đang diễn ra. Để xác nhận điều này thì tất cả các lần phun chất test và các điểm lấy mẫu nên được xác định và ghi lại.

Các phép đo nồng độ chất test đưa vào upstream của bộ lọc ngay tức thì không nên thay đổi quá mức $\pm 15\%$ theo thời gian so với giá trị đo trung bình. Nồng độ quá thấp so với giá trị trung bình sẽ làm giảm độ nhạy của việc kiểm tra các rò rỉ nhỏ, trong khi nồng độ cao hơn sẽ làm tăng độ nhạy quá mức với các môi rò rỉ nhỏ. Chi tiết hơn nữa thì cách xác định sự hòa trộn chất test nên được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Khi nồng độ chất test tại upstream thay đổi qua thời gian, những phép đo nên được tiếp tục trong suốt quá trình scan rò rỉ để ghi nhận dữ liệu cho việc tính toán với sự đếm hạt tại downstream được liên tục.

B.7.3.8 Quy trình cho việc test rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt, quét scan giai đoạn 1

B.7.3.8.1 Tổng quan

Trước khi thực hiện quy trình này thì vận tốc gió cần được kiểm tra (xem mục [B.2](#)). Nơi lắp đặt có nhiều vận tốc gió hoạt động khác nhau thì chúng ta chọn mức lớn nhất để test rò rỉ hệ thống lọc. Việc test được thực hiện thông qua việc đưa vào

The test is performed by introducing the specific challenge aerosol upstream of the filter(s) and searching for leaks by scanning the downstream side of the filter(s) and the grid or mounting frame system with the LSAPC probe as follows:

- a) measurements of the aerosol upstream of the filters according to [B.7.3.7](#) should be taken first to verify the aerosol concentration;
- b) the probe should then be traversed at a scan rate not exceeding the value for S_r stated in [B.7.3.3](#) using slightly overlapping strokes. The probe should be held in a distance of approximately 3 cm from the downstream filter face or the frame structure;
- c) scanning should be performed over the entire downstream face of each filter, the perimeter of each filter, the seal between the filter frame and the grid structure, including its joints;
- d) measurements of the aerosol upstream of the filters should be repeated at reasonable time intervals between and after scanning for leaks; to confirm the stability of the challenge aerosol concentration (see [B.7.3.7](#)).

B.7.3.8.2 Measuring parameters for two scanning types

Generally, LSAPCs are designed to count particles in a specific volume of sampled air. Many LSAPCs are not capable of outputting the data of particle counts during very short periods in continuous measurement.

Thus, the conditions for $N_a = 0$ or $N_a = 1$ (N_a is acceptable count for given test conditions) should be chosen in the installed filter system leakage scan test with the LSAPC.

upstream của các bộ lọc một chất test cụ thể nào đó và tìm kiếm những mối rò rỉ thông qua việc quét scan tại mặt downstream của các bộ lọc và khung grid (Camgrid hoặc Airgrid, ...) hoặc là các hệ thống khung hộp giữ lọc khác với đầu dò máy LSAPC như sau:

- a) các phép đo chất test tại upstream của bộ lọc theo mục [B.7.3.7](#) nên được thực hiện đầu tiên để xác minh nồng độ của chất test;
- b) đầu dò nên được di chuyển tại tốc độ không vượt quá giá trị S_r , trong phần [B.7.3.3](#) đã đề cập đến việc các đầu dò khi di chuyển thì đè lên nhau một khoảng rất nhỏ. Đầu dò nên được giữ ở khoảng cách xấp xỉ 3 cm so với bề mặt lọc tại downstream hoặc là cấu trúc khung;
- c) việc scan nên được thực hiện trên toàn bộ bề mặt downstream của mỗi bộ lọc, toàn chu vi xung quanh của mỗi bộ lọc, phần seal giữa khung lọc và cấu kiện cố định lọc, bao gồm tất cả những mối nối của nó;
- d) các phép đo của chất test tại upstream nên được lặp lại với những khoảng thời gian hợp lý giữa và sau những lần test rò rỉ; để xác minh sự ổn định nồng độ chất test (xem mục [B.7.3.7](#)).

B.7.3.8.2 Các thông số đo cho hai kiểu scan

Nhìn chung, LSAPCs được thiết kế để đếm hạt trong một lưu lượng cụ thể của dòng khí mẫu. Rất nhiều LSAPC không có khả năng xuất dữ liệu của việc đếm hạt trong khoảng thời gian rất ngắn trong khi phép đo vẫn đang tiếp tục diễn ra.

Do vậy, các điều kiện cho $N_a = 0$ hoặc $N_a = 1$ (N_a là số lượng hạt đếm được chấp nhận trong những điều kiện test được ghi nhận) nên được chọn cho quá trình test rò rỉ hệ thống lọc đã lắp với máy LSAPC.

Choosing this condition, leakage is verified with each count during the test, or with the period between counts.

If the apparatus is equipped to emit a sound for each count, leakage can be verified using this sound.

If the apparatus can output the counts during very short periods in continuous measurement, any N_a is applicable. Absence of a leak is verified if the observed count is equal to or less than N_a at the time (D_p / S_r).

For reasonable test conditions, the following two scanning types can be selected:

a) Scanning type (a): Choosing $N_a = 0$ for 0,3 μm particles;

- suitable when the frequency of stationary re-measuring is predicted to be very small;
- type (a) test requires lower concentration for upstream than type (b);
- absence of a leak is verified if the count is 0; the scanning test can be continued.

b) Scanning type (b): Choosing $N_a = 1$ for 0,3 μm particles;

- suitable when predicted that stationary re-measuring may be necessary;
- type (b) test requires higher concentration for upstream than type (a), however the influence of LSAPC count error is reduced;

Chọn điều kiện này, việc rò rỉ được xác định với mỗi lần đếm trong suốt quá trình test, hoặc với những khoảng thời gian giữa những lần đếm.

Nếu những thiết bị được trang bị để phát ra âm thanh cho mỗi lần đếm, rò rỉ có thể được xác nhận thông qua âm thanh này.

Nếu những thiết bị không thể xuất những lần đếm trong những khoảng thời gian rất ngắn trong khi phép đo vẫn đang tiếp tục thì bất kể giá trị nào của N_a cũng có thể được ứng dụng. Sự không nhận thấy rò rỉ được xác minh nếu số lượng hạt quan sát được bằng hoặc ít hơn N_a tại thời gian (D_p / S_r).

Đối với những điều kiện test hợp lý thì ta chọn kiểu scan hợp lý trong hai kiểu dưới đây:

a) Scan kiểu (a): Chọn $N_a = 0$ đối với hạt 0.3 μm ;

- thích hợp khi tần số phép đo lại – giữ nguyên vị trí đầu dò được dự đoán là rất nhỏ;
- kiểu test (a) thì yêu cầu nồng độ chất test tại upstream ít hơn kiểu test (b);
- không có rò rỉ được xác minh nếu số hạt đếm được bằng 0; việc scan có thể được tiếp tục.

b) Scan kiểu (b): Choosing $N_a = 1$ đối với hạt 0,3 μm ;

- thích hợp khi bạn dự đoán được tăng việc đo đạc lại – giữ nguyên đầu dò có thể là cần thiết;
- kiểu test (b) thì cần nồng độ chất test tại upstream cao hơn so với kiểu (a), tuy nhiên sự ảnh hưởng của máy LSAPC đến việc lỗi trong khi đếm được giảm xuống;

- if the observed count is 0 or 1, absence of a leak is verified. The scanning test can be continued.

B.7.3.9 Procedure for stationary re-measuring

B.7.3.9.1 General

The observation of a particle count larger than N_a indicates the potential presence of a leak, and the location should be checked by stationary re-measuring.

B.7.3.9.2 Detection of leakage by stationary re-measuring

a) Observed counts smaller than N_{ar} [particles]: the observed counts for T_r , equal to or smaller than N_{ar} confirm an absence of leaks.

b) Observed counts larger than N_{ar} [particles]: if the observed count exceeds N_{ar} stationary re-measuring may be considered. If the observed count still exceeds N_{ar} the filter should be considered to have a leak.

B.7.3.9.3 Determination of measuring parameters for Stationary re-measuring

Recommended sustained residence time, T_r , is 10s.

The number of particle counts that characterizes the designated leak, N_{pr} , and acceptable count at stationary re-measuring, N_{ar} , are calculated with [Formulas \(B.13\)](#) and [\(B.14\)](#)

$$N_{pr} = C_c \times P_I \times Q_{VS} \times T_r \quad (\text{B.13})$$

$$N_{ar} = N_{pr} - 2\sqrt{N_{pr}} \quad (\text{B.14})$$

Where

- nếu giá trị đếm quan sát được bằng 0 hoặc 1, thì không rò rỉ được xác nhận. Việc scan có thể tiếp tục.

B.7.3.9 Quy trình đo đạc lại

B.7.3.9.1 Tổng quan

Quan sát số lượng hạt đếm được lớn hơn N_a là dấu hiệu cho thấy khả năng bị rò rỉ, và vị trí rò rỉ này cần được kiểm tra theo phép đo lại – giữ nguyên đầu dò.

B.7.3.9.2 Phát hiện rò rỉ bằng phép đo lại – giữ nguyên đầu dò

a) Số lượng quan sát được nhỏ hơn N_{ar} [particles]: số lượng quan sát được trong khoảng thời gian T_r , bằng hoặc nhỏ hơn N_{ar} xác nhận rằng không có sự rò rỉ.

b) Số lượng quan sát được lớn hơn N_{ar} [particles]: nếu số lượng quan sát được vượt quá N_{ar} xem xét đo đạc lại – giữ nguyên đầu dò. Nếu số lượng quan sát được vẫn vượt quá N_{ar} lúc này bộ lọc nên được cân nhắc rằng đã có sự rò rỉ.

B.7.3.9.3 Xác định thông số đo cho phép đo lại – giữ nguyên đầu dò

T_r là thời gian giữ nguyên vị trí đầu dò tại vị trí nghi ngờ rò rỉ, đề nghị nên chọn là 10 giây.

N_{pr} là số lượng hạt đếm được đặc trưng cho khả năng rò rỉ, và N_{ar} là số lượng hạt tối đa được chấp thuận đối với phép đo lại này, chúng được tính theo [Formulas \(B.13\)](#) và [\(B.14\)](#)

$$N_{pr} = C_c \times P_I \times Q_{VS} \times T_r \quad (\text{B.13})$$

$$N_{ar} = N_{pr} - 2\sqrt{N_{pr}} \quad (\text{B.14})$$

Trong đó

C_c is the challenge aerosol concentration upstream of the filter in particles/m³;

D_p is the probe dimension parallel to the scan direction in cm.

N_{ar} is acceptable count at stationary re-measuring;

N_{pr} is the number of particle counts which characterize the designated leak;

P_l is the maximum permitted penetration of the filter installation to be tested at 0,3 μm;

Q_{Vs} is the actual sample flow rate of the measuring apparatus in m³/s;

T_r is the recommended sustained residence time(s);

B.7.3.10 Example of an application with evaluation

Examples of measuring parameters are shown in [Table B.3](#). These tables give example parameters for $D_p = 1$ cm and $W_p = 8$ cm with a scan rate $S_r = 5$ cm/s, and a circular probe with diameter 3,6 cm and a scan rate $S_r = 12$ cm/s.

C_c là nồng độ chất test tại upstream của bộ lọc và được tính bằng số hạt/m³;

D_p là kích thước của đầu dò cạnh song song với hướng quét, được tính bằng cm.

N_{ar} là số lượng hạt tối đa được chấp thuận áp dụng cho phép đo lại;

N_{pr} là số lượng hạt dự kiến đặc trưng cho khả năng rò rỉ tại vị trí chỉ định;

P_l là rò rỉ lớn nhất chấp thuận của bộ lọc đã lắp khi test với hạt 0,3 μm (ví dụ 0,001);

Q_{Vs} là lưu lượng thực tế đo được bằng thiết bị và tính bằng m³/s;

T_r là thời gian mà chúng ta giữ nguyên đầu dò cho phép đo lại tại vị trí nghi ngờ rò rỉ, tính bằng giây;

B.7.3.10 Ví dụ một ứng dụng kèm đánh giá

Ví dụ về những thông số đo được trình bày tại [Table B.3](#). Bảng này đưa ra các thông số ví dụ cho trường hợp $D_p = 1$ cm và $W_p = 8$ cm với tốc độ quét đầu dò là $S_r = 5$ cm/s, và một đầu dò hình tròn với đường kính là 3,6 cm và tốc độ quét là $S_r = 12$ cm/s.

Table B.3 – Example of an application with evaluation (Ví dụ một ứng dụng kèm đánh giá)

Measuring parameters (Thông số phép đo)		Rectangular probe (1 cm x 8 cm) (Đầu dò hình chữ nhật)		Circular probe (diameter 3,6 cm) (Đầu dò hình tròn)	
Scanning type (kiểu scan)		type (a)	type (b)	type (a)	type (b)
P_l	Maximum allowable penetration of the filter system to be tested (rò rỉ lớn nhất được chấp nhận của hệ thống lọc được test)	0, 000 1(0,01%)		0, 000 1(0,01%)	
D_p	Nominal probe dimension parallel to the scan direction [cm] (kích thước đầu dò danh nghĩa – cạnh song song với hướng quét-scan)	1		2,54	
S_r	Probe traverse scan rate [cm/s] (tốc độ di chuyển đầu dò)	5		12	
Q_{Vs}	Sample flow rate of the measuring apparatus [m ³ /s] (lưu lượng dòng khí test đo bởi thiết bị)	0,000 472		0,000 472	
N_p	Expected number of particle counts that characterizes the designated leak corresponding to N_a [counts] — Stage 1 (số lượng hạt đếm dự tính tại vị trí rò rỉ chỉ định cụ thể tương ứng với N_a ; tính bằng công thức)	4,0	5,83	4,0	5,83
N_a	Acceptable count during T_s at scan test [counts] — Stage 1 (số lượng hạt tối đa được chấp thuận trong suốt thời gian T_s)	0	1	0	1
C_c	Challenge aerosol concentration upstream of the filter [particles/m ³] (nồng độ chất test đưa vào tại upstream của bộ lọc)	423 728 814	617 584 746	400 373 682	583 544 642
N_{pr}	Expected number of particle counts during $T_r = 10$ s in the sustained residence time that characterizes the designated leak corresponding to N_{ar} [counts] — Stage 2 (số lượng hạt dự tính trong suốt khoảng thời gian $T_s = 10$ s trong lúc giữ đầu dò tại vị trí rò rỉ cụ thể tương ứng với N_{ar} ; tính bằng công thức)	200,00	291,50	188,98	275,43
N_{ar}	Acceptable count during $T_r = 10$ s in the sustained residence time [counts] — Stage 2 (rounded) (số lượng hạt tối đa được chấp thuận trong suốt khoảng thời gian $T_r = 10$ s trong lúc giữ nguyên đầu dò)	171,72 (171)	257,35 (257)	161,48 (161)	242,24 (242)

B.7.4 Procedure for overall leak test of filters mounted in ducts or air-handling units (AHUs)

This procedure may be used for evaluating the overall leakage of duct-mounted filters. This procedure may also be used to determine overall leakage of multistage filter arrays without individual stage tests. It is important to be aware that this procedure is significantly less sensitive at finding leaks than the method described in [B.7.2](#) and [B.7.3](#). The overall leakage test result is affected by the total airflow volume in the system, as the airflow volume increases more dilution of the leak occurs. Therefore, this test method should be used where duct-mounted filter installations serve less critical cleanroom areas and where scan testing of those same filter installations is not practical. If critical, the scan method should be adopted.

NOTE 1: This test is not designed to cover exhaust HEPA filter systems.

The test is performed by introducing the challenge aerosol upstream of the filters installed remotely to the cleanroom or clean zone. The upstream particle concentration is first measured. The particle concentration of the filtered air is then measured, and compared to the upstream concentration to determine the total leakage or penetration of the filter installation ^[19].

The airflow velocity test (see [B.2](#)) for initial qualification should be done prior to performing this test. Measurements of the upstream aerosol concentration according to [B.7.2.6](#) (aerosol photometer method) or [B.7.3.7](#) (LSAPC method) should be taken first to verify the aerosol concentration and homogeneity.

B.7.4 Quy trình kiểm tra rò rỉ tổng thể của các bộ lọc lắp trên đường ống gió hoặc lắp trong thiết bị xử lý không khí – AHU

Quy trình này có thể được sử dụng để đánh giá rò rỉ tổng thể các bộ lọc được lắp trên đường ống gió. Quy trình này có thể cũng được dùng để xác định rò rỉ tổng thể của tổ hợp các bộ lọc mà không cần phải test từng cái lọc. Cần nhận thức được điều quan trọng này: khi sử dụng quy trình này thì độ nhạy phát hiện rò rỉ là ít hơn đáng kể so với phương pháp đã mô tả ở mục [B.7.2](#) và [B.7.3](#). Kết quả kiểm tra rò rỉ tổng thể bị ảnh hưởng bởi tổng lưu lượng của cả hệ thống, nghĩa là lưu lượng dòng khí tăng lên thì khả năng rò rỉ xảy ra nhiều hơn. Do vậy, phương pháp này nên được sử dụng cho những nơi lắp đặt bộ lọc gần trên đường ống gió có vai trò ít quan trọng hơn những khu vực phòng sạch và việc quét các bộ lọc đó là không thực tế. Nếu quan trọng, thì phương pháp scan nên được áp dụng.

Ghi chú 1: Phương pháp test này không được thiết kế để áp dụng cho hệ thống lọc HEPA gió thải.

Quy trình kiểm tra được thực hiện bằng cách đưa chất test tại upstream của các bộ lọc trên đường ống tới phòng sạch hoặc vùng sạch. Nồng độ chất test của không khí được lọc sau đó được đo đạt, và so sánh với nồng độ tại upstream để xác định tổng nồng độ rò rỉ của việc lắp đặt bộ lọc ^[19].

Việc kiểm tra nhận định ban đầu về vận tốc của dòng khí (xem [B.2](#)) nên được thực hiện trước khi test rò rỉ. Các phép đo nồng độ tại upstream theo mục [B.7.2.6](#) (phương pháp quang học sol khí) hoặc theo mục [B.7.3.7](#) (phương pháp đếm hạt LSAPC) nên được thực hiện đầu tiên để xác nhận nồng độ chất test và độ đồng nhất.

Phép đo nồng độ chất test tại downstream nên được thực hiện tại vị trí mà hỗn hợp dòng khí test là

Measurement of downstream aerosol concentration should be carried out at locations where homogeneous mixing has occurred. If homogeneous mixing does not occur, a series of measurements should be taken at equally spaced locations in an agreed plane, between 30 cm and 100 cm downstream of the filter. This is a grid sampling method and the location and number of measurements should be agreed between the customer and the supplier.

Measurements of the total aerosol challenge or particle concentrations upstream of the filters should be repeated at reasonable time intervals to confirm stability of the challenge aerosol source (see [B.7.2.6](#) and [B.7.3.7](#)).

Using a photometer, from the measured total challenge or concentration, the local penetration is measured as percentage penetration for each downstream location measurement. Using a LSAPC, from the measured particle challenge concentration, the local percentage penetrations should be calculated for each downstream location measurement for the particle size used. Each downstream percentage concentration should be lower than the percentage concentration specified, or as agreed between customer and supplier.

Repairs or rectification of leaks may be made according to [B.7.6](#) or by procedures agreed between the customer and the supplier.

NOTE 2 For applications, where ducted filters are required to be leak tested by scanning, the methods are described in [B.7.2](#) and [B.7.3](#).

B.7.5 Apparatus and materials for installed filter system leakage tests

tương đối đồng nhất. Nếu không xảy ra sự đồng nhất khi hòa trộn dòng khí với chất test thì cần thực hiện hàng loạt các phép đo tại những vị trí có khoảng cách tương đương nằm trong mặt phẳng chỉ định, từ 30 đến 100 cm so với bề mặt lọc tại downstream. Đây là phương pháp lấy mẫu theo dạng lưới và vị trí cũng như số lượng các phép đo nên được sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Các phép đo đặc nồng độ chất test đối với máy quang học hoặc đo nồng độ hạt tại upstream của các bộ lọc nên được lặp lại trong những khoảng thời gian hợp lý để xác nhận tính ổn định của nồng độ các chất test cấp tại upstream (xem mục [B.7.2.6](#) và [B.7.3.7](#)).

Đối với sử dụng máy đo quang học, từ tổng nồng độ chất test đo được tại upstream, ta xác định rò rỉ cục bộ theo % cho mỗi phép đo tại downstream. Đối với sử dụng máy đếm hạt LSAPC, thì từ nồng độ hạt được đo đạt tại upstream, tỉ lệ rò rỉ cục bộ theo % có thể được tính toán cho mỗi phép đo tại mỗi vị trí ở downstream đối với kích thước hạt được sử dụng. Mỗi nồng độ % tại downstream nên thấp hơn một giá trị nồng độ % cụ thể được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Các sửa chữa hoặc điều chỉnh lại các rò rỉ có thể tuân theo mục [B.7.6](#) hoặc theo quy trình được sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Ghi chú 2: Đối những ứng dụng các bộ lọc được lắp trên đường ống gió yêu cầu phải quét-scan màn lọc để kiểm tra rò rỉ thì thực hiện theo các phương pháp đã được mô tả tại mục [B.7.2](#) và [B.7.3](#).

B.7.5 Các thiết bị và vật tư sử dụng cho việc kiểm tra rò rỉ hệ thống bộ lọc đã lắp đặt

B.7.5.1 Aerosol photometer (see [C.8.1](#)), limited to use in instances where the background counts or concentrations are less than 10 % of that which characterizes a designated leak

B.7.5.2 Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC) (see [C.8.2](#)), limited to use in instances where the background counts or concentrations are less than 10 % of that which characterizes a designated leak.

B.7.5.3 Suitable pneumatic or thermal aerosol generator(s) to provide appropriate challenge aerosol concentration in the appropriate size range (see [C.8.3](#)).

B.7.5.4 Aerosol dilution system (see [C.5.4](#))

B.7.5.5 Aerosol source substances (see [C.8.4](#)).

Apparatus specified in [B.7.5.1](#) to [B.7.5.3](#) should have a valid calibration certificate.

B.7.6 Repairs and repair procedures

Leakage repair should only be acceptable by agreement between the customer and the supplier. The method of repair should take into account any instructions from the apparatus manufacturer, or the customer.

In selecting materials for repair, outgassing and molecular deposition on products and processes should be considered.

Detected leakage in filters, the sealant or the grid structure should be repaired.

Repairs to filter or the grid support structure may be made using procedures agreed between the customer and supplier.

B.7.5.1 Máy quang kế sol khí (xem [C.8.1](#)), giới hạn sử dụng trong trường hợp nồng độ hoặc số lượng nền nhỏ hơn 10% so với mức đặc trưng cho một rò rỉ được chỉ định

B.7.5.2 Máy đếm hạt tán xạ ánh sáng (LSAPC) (xem [C.8.2](#)), giới hạn sử dụng trong trường hợp nồng độ hoặc số lượng nền nhỏ hơn 10% so với mức đặc trưng cho một rò rỉ được chỉ định

B.7.5.3 Các máy tạo chất sol khí kiểu nhiệt hoặc khí nén thích hợp cung cấp nồng độ chất test thích hợp với kích thước thích hợp (xem [C.8.3](#)).

B.7.5.4 Hệ thống pha loãng chất test (xem [C.5.4](#))

B.7.5.5 Các chất dùng để test (xem [C.8.4](#)).

Các thiết bị quy định trong mục [B.7.5.1](#) đến [B.7.5.3](#) cần có chứng nhận hiệu chỉnh còn hạn

B.7.6 Sửa chữa và quy trình

Việc sửa chữa nên được thực hiện chỉ khi có sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Phương pháp sửa chữa phải tính đến các hướng dẫn từ nhà sản xuất thiết bị, hoặc từ khách hàng.

Cần nhắc trong việc lựa chọn nguyên liệu dùng để sửa chữa, những chất có thể thoát ra và bám trên sản phẩm hay quá trình sản xuất.

Rò rỉ bị phát hiện trên các bộ lọc, seal giữa lọc và khung giữ hoặc cấu trúc khung giữ lọc cần được sửa chữa.

Quy trình sửa chữa vị trí rò rỉ trên bộ lọc hoặc cấu trúc khung giữ lọc cần được sự đồng ý giữa khách hàng và nhà cung cấp.

After the repair has been completed and a suitable cure time has been allowed, the leak site should be rescanned for leaks using the defined method.

B.7.7 Test reports

By agreement between the customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) test method: aerosol photometer or light-scattering airborne-particle counter (LSAPC);
- b) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- c) specification of the filter;
- d) any special condition or departures or both from this test method and any special procedures agreed between the customer and the supplier;
- e) measured upstream aerosol concentrations with their sample point locations and the corresponding time of measurement;
- f) sample flow rate; and for LSAPC measurements, the particle size range;
- g) calculated average upstream aerosol concentration and its distribution;
- h) calculated acceptance criteria applied for the downstream measurements;
- i) result of the downstream measurement for each clearly identified filter, area section or measuring location;
- j) final result of the test for each defined location;

Sau khi việc sửa chữa được hoàn thành và sau khoảng thời gian sửa chữa hợp lý thì cần phải tiến hành quét-scan lại vùng rò rỉ bằng phương pháp đã xác định.

B.7.7 Phiếu báo cáo kết quả test

Thông qua thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, thông tin và dữ liệu dưới đây cần được ghi lại giống như đã mô tả ở [Clause 5](#):

- a) phương pháp test: máy quang kế sol khí hoặc máy đếm hạt tán xạ ánh sáng (LSAPC);
- b) ký hiệu mã thiết bị dùng để đo đạc và trạng thái hiệu chỉnh của thiết bị;
- c) thông số cụ thể của bộ lọc;
- d) bất cứ điều kiện đặc biệt nào hoặc sự sai số hoặc cả hai từ phương pháp test và bất cứ những quy trình đặc biệt nào đã được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp;
- e) nồng độ chất test tại upstream với những vị trí lấy mẫu và thời gian đo đạc tương ứng;
- f) lưu lượng dòng khí test; đối với phép đo LSAPC thì cần xác định thêm vùng kích thước của hạt;
- g) nồng độ trung bình chất test được tính toán và sự phân bố của dòng khí;
- h) tiêu chuẩn tính toán được chấp thuận áp dụng cho các phép đo tại downstream;
- i) kết quả đo đạt tại downstream cho mỗi bộ lọc được ký hiệu rõ ràng, từng vùng từng khu vực hoặc vị trí đo đạt;
- j) kết quả cuối cùng của việc kiểm tra rò rỉ cho mỗi vị trí được xác định;

k) if there is no leakage, then test passed. Otherwise if there is leakage then report leak location, repair action and result of re-testing the location.

B.8 Containment leak test

B.8.1 General

This test is performed to determine if there is intrusion of contaminated air into the clean zones from surrounding non-controlled areas and to check pressurized ceiling systems for leaks.

B.8.2 Procedures for containment leak test

B.8.2.1 Light-scattering airborne-particle counter (ISAPC) method

Measure the particle concentration outside the cleanroom enclosure immediately adjacent to the surface or doorway to be evaluated. This concentration should be greater than the cleanroom concentration by a factor of 10^3 , and equal to at least $(3,5 \times 10^6)$ particles/ m^3 at the particle size to be measured. If the concentration is less, generate an aerosol to increase the concentration.

To check for leakage through construction joints, cracks or service conduits, scan inside the enclosure at a distance of not more than 5 cm from the joint, seal or mating surfaces to be tested at a scan rate of approximately 5 cm/s.

To check for intrusion at open doorways, flow visualization methods are recommended.

Record and report all readings greater than 10^2 times the measured external aerosol particle concentration at the appropriate particle size.

k) không có rò rỉ nào, việc test đã đạt. Ngược lại nếu có rò rỉ thì báo cáo về vị trí rò rỉ, việc tiến hành sửa chữa và kết quả của việc test lại.

B.8. Kiểm tra rò rỉ phòng

B.8.1 Tổng quan

Việc kiểm tra này được thực hiện nhằm xác định liệu có sự xâm nhập của không khí bẩn xung quanh chưa qua xử lý vào phòng sạch, vùng sạch hay không? và để kiểm tra hệ thống trần điều áp có bị rò rỉ hay không?

B.8.2 Quy trình kiểm tra rò rỉ phòng

B.8.2.1 Phương pháp đếm hạt tán xạ ánh sáng (ISAPC)

Đánh giá việc đo đạt nồng độ hạt tại khu vực bên ngoài bao quanh phòng sạch liền kề với bề mặt hoặc cửa ra vào. Nồng độ này phải lớn hơn nồng độ hạt ở trong phòng sạch gấp 10^3 lần, và nó ít nhất phải bằng $(3,5 \times 10^6)$ hạt/ m^3 ở kích thước hạt cần đo. Nếu nồng độ này ít hơn, thì cần tạo thêm để tăng nồng độ.

Để kiểm tra rò rỉ những chỗ kết nối của hệ thống kiến trúc phòng, những chỗ nứt hoặc các đường ống dẫn dịch vụ, quét kiểm tra rò rỉ tại khu vực xung quanh các mối nối, seal hoặc các bề mặt giao nhau một khoảng không quá 5 cm, tốc độ quét-scan thì chọn xấp xỉ khoảng 5 cm/s.

Để kiểm tra xem có sự xâm nhập tại cửa ra vào hay không, thì cần nhắc đến các phương pháp trực quan quan sát dòng không khí.

Ghi lại và báo cáo tất cả các giá trị đo (tại mỗi nối, seal, ...) lớn hơn 100 lần nồng độ hạt chỗ bình thường được đo đạt tại kích thước hạt hợp lý.

NOTE: The number and location of test points for this measurement are as agreed between customer and supplier.

B.8.2.2 Aerosol photometer method

Produce an aerosol outside the cleanroom or device in accordance with [B.7.2.2](#) in concentration high enough to cause the aerosol photometer to exceed 0,1%.

A reading in excess of 0,01 % indicates a leak.

To check for leakage through the construction joints, cracks or seams scan inside the enclosure at distance of not more than 5 cm from the joint, or seal surface to be tested, at a scan rate of approximately 5 cm/s.

To check for intrusion at open doorways, measure the concentration inside the enclosure at a distance of 0,3 m to 1 m from the open door.

Record and report all readings in excess of 0,01 % of the photometer scale.

B.8.3 Apparatus for containment leak test

B.8.3.1 Artificially generated aerosol source, as described in [B.7.5](#), with a valid calibration certificate;

B.8.3.2 Light-scattering airborne-particle Counter (LSAPC), as specified in [C.8.2](#). (or **photometer**, as specified in [C.8.1](#)) with a valid calibration certificate and a lower particle size discrimination capability of 0,5 µm or smaller.

B.8.4 Test reports

Ghi chú: số lượng và vị trí điểm kiểm tra rò rỉ cho phương pháp này được sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.8.2.2 Phương pháp quang kế sol khí

Sản xuất sol khí bên ngoài phòng sạch hoặc thiết bị phù hợp trong mục [B.7.2.2](#) sao cho nồng độ chất test đủ cao để làm cho quang kế sol khí vượt quá 0,1%.

Giá trị đo đặc (các điểm đo trong phòng) nếu vượt quá 0,01 % thì coi như có dấu hiệu của rò rỉ.

Kể kiểm tra xem liệu rằng có sự rò rỉ qua các mối nối kiến trúc phòng, những đường nứt hoặc đường nối, thì quét rò rỉ-scan xung quanh những vị trí nối, seal bề mặt với khoảng cách không xa hơn 5 cm, và tốc độ quét nên xấp xỉ khoảng 5 cm/s.

Để kiểm tra liệu rằng có sự xâm nhập tại các cửa ra vào, thì ta đo nồng độ trong phòng tại khu vực xung quanh các cửa tại khoảng cách 0.3 m đến 1 m.

Ghi lại và báo cáo tất cả các giá trị đo vượt quá 0,01 % của thang đo máy quang kế.

B.8.3 Thiết bị cho việc kiểm tra rò rỉ phòng

B.8.3.1 Nguồn chất test được sản xuất nhân tạo, như đã được mô tả tại mục [B.7.5](#), với chứng nhận hiệu chỉnh còn hạn;

B.8.3.2 Máy đếm hạt tán xạ ánh sáng (LSAPC), như đã mô tả trong mục [C.8.2](#). (hoặc **quang kế**, như được mô tả tại mục [C.8.1](#)) với chứng nhận hiệu chỉnh còn hạn và khả năng phân biệt cỡ hạt nhỏ hơn 0.5 µm hoặc nhỏ hơn nữa.

B.8.4 Bản báo cáo kiểm tra rò rỉ

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- b) data collection technique;
- c) measuring point locations;
- d) occupancy state(s);
- d) result of measurement.

B.9 Electrostatic and ion generator tests

B.9.1 General

This test consists of two parts. One is the electrostatic test and the other is the ion generator (ionizer) test. The purpose of the electrostatic test is to evaluate the level of electrostatic charge voltage on work and product surfaces, and the dissipation rate of electrostatic voltage of the floor, workbench top or other cleanroom or clean zone component. The static-dissipative property is evaluated by measuring surface resistance and leakage resistance on the surfaces. The ion generator test is performed to evaluate the performance of ion generators by measuring the discharge time of initially charged monitors, and by determining the offset voltage of isolated monitoring plates. The results of each measurement indicate the efficiency of eliminating (or neutralizing) static charges and the imbalance between the amount of generated positive and negative ions.

B.9.2 Procedures for electrostatic and ion generator tests

Thông qua sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, thì bản báo cáo nên ghi lại các thông tin dữ liệu sau – giống như đã được mô tả tại [Clause 5](#):

- a) mã ký hiệu loại thiết bị đo được sử dụng và trạng thái hiệu chỉnh còn hạn hay không;
- b) kỹ thuật đo đạt, ghi dữ liệu;
- c) những vị trí điểm đo đạt;
- d) thông số phòng sạch (cấp ISO, ...);
- d) kết quả đo đạt.

B.9 Kiểm tra tĩnh điện và ion hóa

B.9.1 Tổng quan

Việc kiểm tra này bao gồm hai phần. Một là kiểm tra tĩnh điện và hai là kiểm tra ion hóa. Mục đích của việc kiểm tra tĩnh điện là để đánh giá mức điện áp tĩnh điện tích tụ trên các bề mặt sản phẩm hay các bề mặt làm việc, và tốc độ xả điện áp của sàn, phía trên bàn ghế làm việc hoặc các thành phần khác của phòng sạch hoặc vùng sạch. Tính chất xả tĩnh điện được đánh giá bằng phép đo điện trở trên bề mặt và điện trở thoát trên bề mặt. Việc kiểm tra ion hóa được thực hiện nhằm để đánh giá hiệu suất của việc ion hóa thông qua phép đo thời gian xả điện của tám giám sát nạp tĩnh điện ban đầu và xác định điện áp bù các tám giám sát cô lập. Các kết quả của mỗi phép đo cho biết hiệu quả của việc loại bỏ (hoặc trung hòa) các điện tích tĩnh điện và sự mất cân bằng giữa lượng ion âm và dương được tạo ra.

B.9.2 Quy trình kiểm tra tĩnh điện và ion hóa

B.9.2.1 Procedure for electrostatic test**B.9.2.1.1 Measurement of surface voltage level**

The presence of positive or negative electrostatic charges on work and product surfaces is measured using an electrostatic voltmeter or fieldmeter.

Adjust output of the electrostatic voltmeter or fieldmeter to zero by presenting the probe to face a grounded metal plate. The probe should be held such that the sensing aperture is parallel to the plate at a distance according to the manufacturer's instructions. The metal plate utilized for the zero adjustment should be of sufficient surface area for the required probe aperture size and proper probe-to-surface spacing.

To measure the surface voltage, place and hold the probe near the object surface whose charge is to be measured. The probe should be held in the same manner as for the zero adjustment. For a valid measurement, the surface area of an object should be sufficiently large, compared with the probe aperture size and probe-to-surface spacing.

Record the readout of the electrostatic voltmeter.

The measuring point or object selected for measurement should be determined by agreement between the customer and supplier.

B.9.2.1.2 Measurement of the static-dissipative property

The static-dissipative property is evaluated by measuring surface resistance (resistance between different positions on the surface) and the leakage resistance (resistance between the

B.9.2.1 Quy trình kiểm tra tĩnh điện**B.9.2.1.1 Phép đo mức điện áp bề mặt**

Sự hiện diện của các điện tích tĩnh điện dương hoặc âm trên bề mặt sản phẩm và bề mặt làm việc được đo bằng vôn kế hoặc đồng hồ đo tĩnh điện.

Điều chỉnh đầu ra của vôn kế hoặc đồng hồ đo tĩnh điện về 0 bằng cách đưa đầu dò đối diện với một tấm kim loại được nối đất. Đầu dò phải được giữ sao cho cảm biến song song với tấm và ở một khoảng cách theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Tấm kim loại được sử dụng để điều chỉnh về mức 0 phải có đủ điện tích bề mặt phù hợp yêu cầu kích thước khẩu độ đầu dò và khoảng cách giữa đầu dò với bề mặt thích hợp.

Để đo điện áp bề mặt, đặt và giữ đầu dò gần bề mặt vật thể cần đo điện tích. Đầu dò phải được giữ theo cách tương tự như đối với lúc điều chỉnh đầu ra bằng 0. Để có phép đo hợp lệ, diện tích bề mặt của vật thể phải đủ lớn, tương thích với kích thước khẩu độ đầu dò và khoảng cách giữa đầu dò với bề mặt.

Ghi lại số đọc của vôn kế tĩnh điện.

Điểm đo hoặc đối tượng được chọn để đo phải được xác định theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.9.2.1.2 Phép đo tính chất xả tĩnh điện

Tính chất xả tĩnh điện được đánh giá bằng cách đo điện trở bề mặt (điện trở giữa các vị trí khác nhau trên bề mặt) và điện trở thoát (điện trở giữa bề mặt và đất). Các giá trị này được đo bằng máy đo điện trở cao.

surface and ground). These values are measured using a high-resistance meter.

Surface or leakage resistance is measured using electrodes that have appropriate weight and dimensions. These electrodes should be set at the correct distance from the surface during the measurement of surface resistance.

Specific details of the test conditions should be agreed between customer and supplier.

B.9.2.2 Procedure for ion generator test

B.9.2.2.1 General

The purpose of this test is to evaluate performance of bipolar ion generators. The test consists of measurements of both discharge time and offset voltage. The measurement of discharge time is performed to evaluate the efficiency of eliminating static charges using ion generators. Measurement of offset voltage is performed to evaluate imbalance of positive and negative ions in the ionized airflow from ion generators. An imbalance of ions can result in undesirable residual voltage.

These measurements are performed using conductive monitoring plates, an electrostatic voltmeter, and a timer and power source. (Sometimes apparatus consisting of those parts is known as a charged plate monitor.)

B.9.2.2.2 Measurement of discharge time

This measurement is performed using monitoring plates that are (isolated conductive plates) of known capacitance (e.g. 20 pF). Initially the monitoring plate is charged to a known positive or negative voltage from a power source.

Điện trở bề mặt hoặc điện trở thoát được đo bằng cách sử dụng các điện cực có trọng lượng và kích thước thích hợp. Các điện cực này nên được đặt ở khoảng cách chính xác so với bề mặt trong quá trình đo điện trở bề mặt.

Các chi tiết cụ thể về điều kiện kiểm tra thử nghiệm phải được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.9.2.2 Quy trình kiểm tra tạo ion

B.9.2.2.1 Tổng quan

Mục đích của việc kiểm tra thử nghiệm này là để đánh giá hiệu suất tạo ion lưỡng cực. Thử nghiệm bao gồm các phép đo của cả thời gian phóng điện và điện áp bù. Phép đo thời gian phóng điện được thực hiện để đánh giá hiệu quả loại bỏ các điện tích tĩnh bằng máy phát ion. Đo điện áp bù được thực hiện để đánh giá sự mất cân bằng của các ion dương và âm trong luồng không khí ion hóa từ máy phát ion. Sự mất cân bằng của các ion có thể dẫn đến điện áp dư không mong muốn.

Các phép đo này được thực hiện bằng cách sử dụng các tấm giám sát dẫn điện, một vôn kế tĩnh điện, một bộ đếm thời gian và nguồn điện. (Đôi khi thiết bị bao gồm các bộ phận đó được gọi là màn hình tích điện.)

B.9.2.2.2 Đo đạt thời gian phóng điện

Phép đo đạt này được thực hiện bằng cách sử dụng các tấm giám sát (tấm dẫn điện cách ly) có điện dung đã biết (ví dụ: 20 pF). Ban đầu tấm giám sát được sạc cho một điện áp dương hoặc âm đã biết từ nguồn điện.

The change of static charge on the plate is measured while exposing the plate to the airflow that is ionized by the bipolar ion generators being evaluated. The change in plate voltage over time should be measured using an electrostatic voltmeter and a timer.

Discharge time is defined as the time that is necessary for the static voltage on the plate to be reduced to 10 % of the initial voltage condition.

Discharge time should be measured for both negative and positive charged plates.

Test point locations and results for acceptance criteria should be agreed between customer and supplier.

B.9.2.2.3 Measurement of offset voltage

Offset voltage is measured using a charged plate monitor mounted on an isolator. The charge on the isolated plate is monitored by an electrostatic voltmeter.

Initially, the plate should be grounded to remove any residual charge, and it should be confirmed that voltage on the plate is zero.

The offset voltage is measured by exposing the plate to the ionized airflow until the voltmeter readout becomes stable.

The acceptable offset voltage of an ion generator depends upon the electrostatic charge sensitivity of objects in the work area. The acceptable offset voltage should be determined by agreement between customer and supplier.

B.9.3 Apparatus for electrostatic and ion generator tests

Sự thay đổi của điện tích tĩnh điện trên tấm được đo trong khi tấm tiếp xúc với luồng không khí bị ion hóa bởi bộ tạo ion lưỡng cực đang được đánh giá. Đo sự thay đổi điện áp của tấm theo thời gian bằng vôn kế tĩnh điện và bộ đếm thời gian.

Thời gian phóng điện được định nghĩa là thời gian cần thiết để điện áp tĩnh điện trên tấm giảm sút xuống 10% so với điện áp ban đầu.

Thời gian phóng điện nên được đo trong cả hai trường hợp tấm tích điện âm và dương.

Các vị trí đo và các kết quả được xem là đạt nên được đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.9.2.2.3 Đo điện áp bù

Điện áp bù được đo bằng màn hình tích điện gắn trên bộ cách ly. Điện tích trên tấm cô lập được theo dõi bằng vôn kế tĩnh điện.

Ban đầu, tấm nên được nối đất để loại bỏ phần điện tích còn lại, và cần xác nhận rằng điện áp trên tấm bằng không.

Điện áp bù được đo bằng cách để tấm tiếp xúc với luồng không khí ion hóa cho đến khi chỉ số vôn kế trở nên ổn định.

Điện áp bù được chấp nhận của việc ion hóa phụ thuộc vào độ nhạy điện tích của các vật thể trong khu vực làm việc. Điện áp bù được chấp nhận phải được xác định theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.9.3 Các thiết bị đo tĩnh điện và ion hóa

B.9.3.1 Electrostatic voltmeter or electrostatic field meter, for measurement of the surface electrostatic voltage level for the electrostatic test;

B.9.3.2 High resistance ohm meter, for measurement of the static-dissipative property for electrostatic test;

B.9.3.3 electrostatic voltmeter, or electrostatic field meter and conductive monitoring plate, or charged plate monitor for the ion generator test.

This apparatus is described in [C.10](#). The apparatus should have a valid calibration certificate.

B.9.4 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) type of tests and measurements, and measuring conditions;
- b) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- c) temperature, humidity and other environmental data if relevant;
- d) measuring point locations;
- e) occupancy state(s);
- f) result of measurement;
- g) other data relevant for measurement.

B.9.3.1 máy đo điện áp tĩnh điện hoặc máy đo trường tĩnh điện, dùng cho phép đo mức điện áp tĩnh điện bề mặt trong việc kiểm tra tĩnh điện;

B.9.3.2 máy đo ohm trở kháng cao, dùng cho phép đo tính chất xả tĩnh điện trong việc kiểm tra tĩnh điện;

B.9.3.3 máy đo điện áp tĩnh điện, hoặc máy đo trường điện từ và tấm giám sát dẫn điện, hoặc tấm tích điện giám sát dùng cho việc kiểm tra ion hóa.

Những thiết bị này được mô tả trong [C.10](#). Những thiết bị cần có chứng nhận hiệu chỉnh còn hạn.

B.9.4 Báo cáo thử nghiệm

Thông qua thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, những dữ liệu và thông tin sau nên được ghi lại như đã được mô tả tại [Clause 5](#):

- a) kiểu kiểm tra thử nghiệm và kiểu phép đo đạt, các điều kiện đo đạt;
- b) mã ký hiệu các thiết bị đo được sử dụng và trạng thái hiệu chỉnh của các thiết bị;
- c) nhiệt độ, độ ẩm và các thông số dữ liệu môi trường khác nếu liên quan;
- d) các vị trí đo;
- e) trạng thái khu vực sạch (hoàn công, ...);
- f) kết quả đo;
- g) các dữ liệu khác liên quan đến phép đo đạt.

B. 10 Particle deposition test

B. 10.1 General

This test describes procedures and apparatus for measuring the particle deposition of particles that deposit from the air onto product or other critical work surface in a cleanroom or clean zone. The number of particles that deposit onto a given test surface area such as a witness plate, in a given time, are sized and counted using optical microscopes, electron microscopes, surface scanning apparatus, or real-time particle deposition rate detection device to obtain the particle deposition rate data. Particle deposition rate data should be reported in terms of mass, particle area or number of particles per unit surface area per unit of time.

B.10.2 Procedure for particle deposition test

B.10.2.1 Collection of particles on witness plates

The witness plate, which should be at the same electrical potential as the test surface, is placed in the same plane, and adjacent to the at-risk surface during the operational state. The at-risk surface is at the location of interest. The following procedures and methods should be followed when manipulating and collecting particles on witness plates or another test surface:

- a) verify that all cleanroom ventilation systems are functioning correctly, in accordance with operational requirements;
- b) identify each witness plate and clean to reduce the surface particle concentration to the lowest possible level. Determine the background concentration of particles on each witness plate before exposure;

B. 10 Kiểm tra lắng đọng hạt

B. 10.1 Tổng quan

Việc kiểm tra thử nghiệm này mô tả các quy trình và thiết bị để đo đạt sự lắng đọng của các hạt từ không khí lên sản phẩm hoặc bề mặt làm việc quan trọng khác trong phòng sạch hoặc vùng sạch. Số lượng các hạt lắng đọng trên một diện tích bề mặt thử nghiệm nhất định như tấm mô phỏng, trong một thời gian nhất định, được định kích thước và đếm bằng kính hiển vi quang học, kính hiển vi điện tử, thiết bị quét bề mặt hoặc thiết bị phát hiện mức lắng đọng hạt trong thời gian thực để thu được dữ liệu mức lắng đọng hạt. Dữ liệu tốc độ lắng đọng của hạt nên được báo cáo về khối lượng, diện tích hạt hoặc số lượng hạt trên một đơn vị diện tích bề mặt trong một đơn vị thời gian.

B.10.2 Quy trình kiểm tra lắng đọng hạt

B.10.2.1 Thu thập hạt trên tấm mô phỏng

Tấm mô phỏng phải có cùng điện thế với bề mặt thử nghiệm, được đặt trên cùng một mặt phẳng và tiếp giáp với bề mặt rủi ro trong trạng thái hoạt động. Bề mặt rủi ro là các bề mặt tại các vị trí mà chúng ta quan tâm. Các quy trình và phương pháp sau đây nên được tuân thủ khi thao tác và thu thập các hạt trên tấm mô phỏng hoặc bề mặt thử nghiệm khác:

- a) xác minh rằng tất cả các hệ thống thông gió trong phòng sạch đang hoạt động chính xác, phù hợp với các yêu cầu vận hành;
- b) xác định từng tấm mô phỏng và làm sạch để giảm nồng độ hạt bề mặt xuống mức thấp nhất có thể. Xác định nồng độ nền của các hạt trên mỗi tấm mô phỏng trước khi tiếp xúc;



c) maintain 10 % of the witness plates as controls. These should be handled in exactly the same manner as the test witness plates;

d) transport all witness plates to the test locations in such a manner as to prevent particle contamination from the air or by surface contact;

e) expose the test witness plate adjacent to an at-risk surface in the cleanroom, such as where the product is exposed to airborne contamination;

f) determine the time intervals for exposure of the test witness plates based upon the cleanroom air cleanliness and the particle counting apparatus. The exposure time should be from approximately one hour to the length of time necessary to obtain sufficient particle deposition to provide statistically valid data;

g) expose the witness plates during the operational state; it may be necessary to expose them during several manufacturing sessions to ensure that the plates are not used in unoccupied clean conditions where no product is exposed;

h) cover and collect the exposed witness plates after exposure and store in closed containers to protect from further contamination.

B.10.2.2 Counting and sizing collected particles

Counting and sizing of particles collected on test surfaces should be carried out to obtain reproducible data that can be used to determine the cleanliness of the location being tested.

c) duy trì 10% số tấm mô phỏng làm đối chứng. Chúng phải được xử lý theo cách giống hệt như các tấm mô phỏng thử nghiệm;

d) vận chuyển tất cả các tấm mô phỏng đến vị trí thử nghiệm sao cho ngăn ngừa sự nhiễm bẩn hạt từ không khí hoặc do tiếp xúc bề mặt;

e) để tấm mô phỏng thử nghiệm tiếp giáp với bề mặt rủi ro trong phòng sạch, chẳng hạn như nơi sản phẩm tiếp xúc với nguồn ô nhiễm trong không khí;

f) xác định khoảng thời gian tiếp xúc của các tấm mô phỏng thử nghiệm dựa trên độ sạch của không khí trong phòng sạch và thiết bị đếm hạt. Thời gian tiếp xúc phải từ khoảng một giờ hoặc kéo dài thêm nếu cần thiết để có đủ lượng hạt lắng đọng cung cấp dữ liệu có giá trị phục vụ thống kê;

g) để lộ các tấm mô phỏng trong khi phòng sạch đang trong trạng thái hoạt động; có thể cần phải phơi chúng trong một vài lần sản xuất để đảm bảo rằng các tấm không được sử dụng trong điều kiện sạch sẽ không có người sử dụng, nơi không có sản phẩm nào được tiếp xúc;

h) đậy kín và thu thập các tấm mô phỏng đã phơi nhiễm hạt và bảo quản trong các vật chứa đóng kín để tránh bị nhiễm bẩn thêm.

B.10.2.2 Đếm và định cỡ các hạt thu thập

Nên thực hiện việc đếm và định cỡ các hạt thu thập trên bề mặt thử nghiệm để thu được dữ liệu sử dụng trong việc xác định độ sạch của vị trí được thử nghiệm.



When using a witness plate, the number of particles and their sizes can be determined by one of the following means:

- a) optical light microscope with a calibrated linear or circular graticulate;
- b) electron microscope with a calibrated grating with known line spacing;
- c) surface scanner using size calibration information supplied by the manufacturer.

When using a witness plate, the PDR can be calculated as follows:

- a) count and size the particles on the measurement area of the witness plates, including the control plates and categorize them in appropriate particle size ranges, based on the cumulative particle diameters;
- b) subtract the values of the initial cleanliness of the witness plate from each test result;
- c) calculate the net concentration in a given unit of measurement of surface area, and calculate the number that will deposit in a given time. When appropriate measurement units are used, this calculation yields a PDR in terms of the number of particles deposited per square metre per second.

Where multiple test results are obtained, record the mean PDR value at each location and, if appropriate, its standard deviation.

B.10.3 Apparatus for particle deposition test

Various apparatus may be used for counting and sizing particles that have settled onto a test surface. These fall into the following categories:

Khi sử dụng tấm mô phỏng, số lượng các hạt và kích thước của chúng có thể được xác định bằng một trong các phương tiện sau:

- a) kính hiển vi ánh sáng quang học với hiệu chỉnh tuyến tính hoặc vân tròn;
- b) kính hiển vi điện tử với cách tử đã được hiệu chuẩn với khoảng cách dòng đã biết;
- c) máy quét bề mặt sử dụng thông tin hiệu chuẩn kích thước do nhà sản xuất cung cấp.

Khi sử dụng tấm mô phỏng, PDR có thể được tính như sau:

- a) đếm và định cỡ các hạt trên vùng đo của các tấm mô phỏng, bao gồm cả các tấm mô phỏng đối chứng và phân loại chúng trong các dải cỡ hạt thích hợp, dựa trên đường kính hạt tích lũy;
- b) lấy kết quả thử nghiệm trừ đi giá trị độ sạch ban đầu của tấm mô phỏng;
- c) tính toán nồng độ thực trên một đơn vị diện tích bề mặt nhất định, và tính số lượng lắng đọng trong một thời gian nhất định. Khi các đơn vị đo lường thích hợp được sử dụng thì phép tính này sẽ cho ra PDR với đơn vị là số lượng các hạt lắng đọng trên một mét vuông mỗi giây.

Khi thu được nhiều kết quả thử nghiệm tại một vị trí thì ghi lại giá trị PDR trung bình và độ lệch chuẩn của nó nếu cần.

B.10.3 Các thiết bị kiểm tra lắng đọng hạt

Có thể sử dụng nhiều thiết bị khác nhau để đếm và định cỡ các hạt đã lắng đọng trên bề mặt thử nghiệm. Chúng rơi vào các loại sau:

- a) light microscopes (particles larger than or equal to 2 μm);
- b) electron microscopes (particles larger than or equal to 0,02 μm);
- c) wafer surface scanner (particles larger than or equal to 0,01 μm);
- d) PDR detection device (particles larger or equal to 5 μm);
- e) real-time PDR measurement device (particles larger than 15 μm).

When choosing the counting and sizing apparatus, consideration should be given to the suitability to detect particles in the relevant size range. Other factors to be considered include the time required for sample collection and analysis. The apparatus used should have a valid calibration certificate.

B.10.4 Determination of sampling time and surface area

The lower the PDR, the larger the required exposed surface area, A , and exposure time, T . The product of $A \times T$ should be large enough to allow accurate determination of the PDR. A value of 20 is suggested for use with the largest particle of interest [see [Formula \(B.15\)](#)]:

$$A \times T \geq 20 \quad (\text{B.15})$$

Where

A is the area of exposed surface;

T is exposure time.

- a) kính hiển vi ánh sáng (các hạt lớn hơn hoặc bằng 2 μm);
- b) kính hiển vi điện tử (các hạt lớn hơn hoặc bằng 0,02 μm);
- c) máy quét bề mặt wafer (các hạt lớn hơn hoặc bằng 0,01 μm);
- d) Thiết bị phát hiện PDR (các hạt lớn hơn hoặc bằng 5 μm);
- e) thiết bị đo PDR thời gian thực (các hạt lớn hơn 15 μm).

Khi lựa chọn thiết bị đếm và định cỡ, cần xem xét chọn thiết bị phù hợp để phát hiện các hạt trong dải kích thước liên quan. Các yếu tố khác cần được xem xét bao gồm thời gian cần thiết để thu thập và phân tích mẫu. Thiết bị được sử dụng phải có chứng nhận hiệu chuẩn còn hạn.

B.10.4 Xác định thời gian lấy mẫu và diện tích bề mặt

PDR càng thấp, diện tích bề mặt tiếp xúc cần thiết A và thời gian phơi sáng T càng lớn. Tích số của $A \times T$ phải đủ lớn để có thể xác định chính xác PDR. Đề xuất sử dụng giá trị 20 đối với hạt quan tâm (hạt lắng đọng) lớn nhất [xem [Formula \(B.15\)](#)]:

$$A \times T \geq 20 \quad (\text{B.15})$$

Trong đó:

A diện tích bề mặt tiếp xúc;

T là thời gian tiếp xúc.

B.10.5 Test reports

By agreement between customer and supplier, the following information and data should be recorded:

- a) type of tests and measurements, measuring conditions; and occupancy state;
- b) type designations of each measuring apparatus used and its calibration status;
- c) measuring point locations;
- d) result of measurement.

B.11 Segregation test**B. 11.1 General**

This test describes the procedures and apparatus required for assessment of the protective effect of a specific segregating airflow. Testing can be either across a doorway or across the perimeter of an area with a higher classification or a specific purpose different than the surrounding area. The test is performed by generating an airborne aerosol in the lesser classified area, measuring this as the reference concentration and counting the particle concentration just across the perimeter in the protected area. The test can be performed at various selected locations along the perimeter under assessment.

This test should be preceded by a classification of air by particles test in the surroundings as well as the protected area to determine the baseline particle concentration level. The challenging particle concentration should be of sufficient level to be able to assess the protection factor.

B.10.5 Báo cáo thử nghiệm

Thông qua thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, những thông tin dữ liệu dưới đây nên được ghi lại:

- a) kiểu kiểm tra và kiểu các phép đo, các điều kiện đo đạc; trạng thái khu vực sạch;
- b) mã ký hiệu của mỗi thiết bị được sử dụng và trạng thái hiệu chỉnh của các thiết bị đó;
- c) các vị trí đo;
- d) kết quả đo.

B.11 Kiểm tra ngăn cách**B. 11.1 Tổng quan**

Việc kiểm tra thử nghiệm này mô tả các quy trình và thiết bị cần thiết để đánh giá tác dụng bảo vệ các luồng không khí riêng biệt cụ thể. Việc kiểm tra có thể thực hiện qua ô cửa hoặc qua chu vi của khu vực có phân loại cấp độ sạch cao hơn hay khu vực có mục đích cụ thể khác với khu vực xung quanh. Thử nghiệm được thực hiện bằng cách tạo ra một lượng sol khí test trong khu vực được phân loại thấp hơn và đo nồng độ chuẩn, sau đó đếm nồng độ hạt trên chu vi thuộc khu vực được bảo vệ (hay khu vực có cấp độ sạch cao hơn). Thử nghiệm có thể được thực hiện tại các địa điểm khác nhau được lựa chọn dọc theo chu vi khu vực đang đánh giá.

Trước khi thực hiện việc kiểm tra thử nghiệm ngăn cách thì chúng ta cần phải phân loại không khí bằng việc kiểm tra nồng độ hạt của khu vực xung quanh cũng như là khu vực cần bảo vệ (khu vực có cấp độ sạch cao hơn). Nồng độ hạt dùng để test phải đủ cao để có thể đánh giá được hiệu quả ngăn cách hay yếu tố bảo vệ khu vực được ngăn cách.

NOTE Airflow direction test and visualization can be performed to identify the perimeter of the protected area.

B.11.2 Procedure

B.11.2.1 Generation of reference concentration

To challenge the protective airflow in the surroundings, a sufficient number of particles should be generated. Recommended test aerosol particles are described in [C.5.3](#). The mean particle size should be 0.5 μm and greater unless an alternative size is agreed between customer and supplier.

In order to be sufficient, the following should be considered:

- a) verify that all cleanroom systems are functioning correctly, in accordance with an agreed occupancy state;
- b) to establish the challenging concentration, the protective effect to be verified should be used to calculate the number of challenging particles based on the anticipated particle concentration within the protected zone. This anticipated concentration should at least be 10 times the baseline count in the point to be verified.

B.11.2.2 Equipment geometry

Test equipment geometry should be determined. The probe(s) in the protected area should not be more than 0,1 m from the determined air barrier. The challenge concentration probe in the lesser classified area should not be more than 1 m from the determined air barrier (between aerosol generator and air barrier). The aerosol generator should be positioned approximately

Ghi chú: Có thể thực hiện việc kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan luồng khí để xác định chu vi của khu vực được bảo vệ.

B.11.2 Quy trình

B.11.2.1 Tạo nồng độ hạt tham khảo

Để kiểm tra thử nghiệm dòng khí được bảo vệ khỏi môi trường xung quanh thì cần phải tạo ra đủ số lượng hạt. Đề xuất về hạt sol khí thử nghiệm được mô tả trong mục [C.5.3](#). Kích thước hạt trung bình nên chọn 0.5 μm hoặc lớn hơn, hoặc có thể chọn kích thước khác tùy thuộc thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Để tạo ra nồng độ cần thiết, cần xem xét những điều sau:

- a) xác minh rằng tất cả các hệ thống phòng sạch đang hoạt động chính xác, phù hợp với trạng thái khu vực sạch đã thỏa thuận trước;
- b) để thiết lập nồng độ thử thách, hiệu quả bảo vệ ngăn cách được xác định nên được sử dụng để tính toán số lượng hạt thử thách dựa trên nồng độ hạt dự đoán trong vùng được bảo vệ. Nồng độ dự đoán này ít nhất phải gấp 10 lần số lượng nền (tức nồng độ hiện tại của vùng sạch) tại điểm cần xác minh.

B.11.2.2 Hình dạng thiết bị

Hình dạng thiết bị thử nghiệm cần được xác định. các đầu dò trong khu vực được bảo vệ không được cách hàng rào không khí quá 0,1 m. Đầu dò nồng độ hạt thử thách trong khu vực được phân loại thấp hơn không được cách hàng rào không khí (giữa máy tạo aerosol và màng chắn không khí) quá 1 m. Máy tạo sol khí nên được đặt cách đầu dò nồng độ thử thách khoảng 1 m đến 1,5 m.

1 m to 1,5 m from the challenge concentration probe.

NOTE The number of locations where the protected effect is determined depends of the perimeter, the form of the protected area and agreement between the customer and supplier.

B.11.2.3 Procedure of measurement

a) The sample times should be determined based on ISO-14644-1:2015, A.4.4.

b) Begin the generation of particles in the lesser classified side of the air barrier assuring that the momentum of the challenge leaving the test apparatus does not overpower the air barrier.

c) Record particle concentration in the lesser classified area at each probe(s). A minimum of three 1-minute measurements should be taken.

NOTE A dilution device can be required when measuring the high concentration.

d) record the particle concentration in the protected area at each probe(s). A minimum of three 1-minute measurements should be taken.

B.11.2.4 Calculating the protection index

The protection index is calculated with [Formula \(B.16\)](#):

$$PI_X = -\log (C_X/C_{Ref}) \quad (B.16)$$

Where

C_{Ref} is the reference particle concentration, expressed in p/m³, for particles $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (challenge concentration) of the nearest reference particle counter, (guidance value: $> 5 \times 10^6/\text{m}^3$).

Ghi chú: Số lượng vị trí xác định hiệu quả bảo vệ phụ thuộc vào chu vi, hình thức của khu vực được bảo vệ và thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.11.2.3 Quy trình đo đạt

a) thời gian lấy mẫu nên được xác định dựa vào tiêu chuẩn ISO-14644-1:2015, A.4.4.

b) bắt đầu tạo hạt bên trong vùng có cấp độ sạch thấp hơn của hàng rào không khí (ngăn cách khu vực cần bảo vệ) đảm bảo động lượng của các hạt được tạo ra không vượt qua được hàng rào không khí.

c) Ghi lại nồng độ hạt trong khu vực được phân loại thấp hơn tại mỗi đầu dò. Nên thực hiện tối thiểu ba phép đo trong 1 phút.

Ghi chú: khi đo được nồng độ cao thì cần nhắc dụng thiết bị pha loãng.

d) ghi lại nồng độ hạt trong khu vực được bảo vệ tại mỗi đầu dò. Nên thực hiện tối thiểu ba lần đo trong 1 phút.

B.11.2.4 Tính toán chỉ số bảo vệ

Chỉ số bảo vệ được tính toán theo [Formula \(B.16\)](#):

$$PI_X = -\log (C_X/C_{Ref}) \quad (B.16)$$

Trong đó:

C_{Ref} là nồng độ hạt tham khảo, được tính bằng số hạt/m³, đối với hạt $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (nồng độ thử thách) của máy đếm hạt tham chiếu gần nhất, (giá trị tư vấn: $> 5 \times 10^6/\text{m}^3$).

C_X là nồng độ hạt trung bình tại điểm đo x, tính bằng số hạt/m³, đối với hạt $0.5 \mu\text{m}$;

C_x is the average particle concentration at measuring point x, expressed in p/m^3 , for particles $0,5 \mu m$;

PI_x is the protection index;

B.11.3 Test reports

By agreement between the customer and supplier, the following information and data should be recorded as described in [Clause 5](#):

- a) designation of the type of each measuring apparatus used and its calibration status;
- b) data collection technique;
- c) measuring point locations;
- d) occupancy state(s);
- e) result of measurement.

PI_x là chỉ số bảo vệ;

B.11.3 Báo cáo thử nghiệm

Thông qua thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, những thông tin dữ liệu dưới đây nên được ghi lại giống như đã mô tả trong [Clause 5](#):

- a) mã ký hiệu của các thiết bị được sử dụng và trạng thái hiệu chỉnh thiết bị;
- b) kỹ thuật thu thập dữ liệu;
- c) các vị trí điểm đo;
- d) các trạng thái khu vực sạch (nghỉ, vận hành, ...);
- e) Kết quả đo.

Annex C (informative)

Test apparatus

C.1 General

Annex C describes the measuring apparatus that should be used for the recommended tests given in this document.

Data given in [Tables C.1](#) to [C.9](#) indicate the minimum necessary requirements for each item of apparatus. Items are listed and numbered to correspond with [Annex B](#). Those responsible for planning tests can refer to [Annex C](#) for the selection of test apparatus and to for a checklist of recommended tests of an installation and the sequence in which to carry them out. Measuring apparatus should be chosen subject to agreement between the customer and supplier.

This annex does not prevent the use of improved apparatus as it becomes available. Alternative test apparatus can be appropriate and may be used subject to agreement between customer and supplier.

Test apparatus should be selected with measurement limits and range that are appropriate for its application. The apparatus should also be calibrated with calibration points covering the range of its intended use. All test apparatus sensitivity (3.1.7) should be 1.

Minimum requirements for test apparatus are given in this annex with a requirement specified for maximum permissible error. Below is an explanation of how the maximum permissible error for an air velocity meter can be estimated.

Phụ lục C (cung cấp thông tin)

Thiết bị test

C.1 Tổng quan

Phụ lục C mô tả các thiết bị đo nên được sử dụng để đo đạt theo các phương pháp đưa ra trong tài liệu này.

Dữ liệu đã đưa ra trong [Tables C.1](#) đến [C.9](#) chỉ định những yêu cầu tối thiểu cho mỗi mục thông số của các thiết bị. Những mục này được liệt kê và đánh số tương ứng với phụ lục [Annex B](#). Những người chịu trách nhiệm lập kế hoạch thử nghiệm có thể tham khảo [Annex C](#) về việc lựa chọn thiết bị thử nghiệm và danh sách kiểm tra các thử nghiệm khuyến nghị của việc lắp đặt và trình tự thực hiện chúng. Thiết bị đo phải được lựa chọn theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Phụ lục này cho phép việc sử dụng thiết bị được cải tiến nếu có. Thiết bị thử nghiệm thay thế thích hợp có thể được sử dụng phụ thuộc vào sự đồng ý thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Thiết bị đo đạt kiểm tra phải được lựa chọn với các giới hạn và dải đo phù hợp với ứng dụng. Thiết bị cũng phải được hiệu chỉnh sao cho các điểm hiệu chỉnh bao được phạm vi mục đích sử dụng. Tất cả độ nhảy của thiết bị thử nghiệm (3.1.7) phải là 1.

Những yêu cầu tối thiểu về thiết bị đo đạt được nêu trong phụ lục này, bao gồm quy định về sai số cho phép lớn nhất. Dưới đây là giải thích về cách ước tính sai số tối đa cho phép đối với máy đo tốc độ không khí.

There are at least three contributions to the maximum permissible error:

- the expanded calibration uncertainty (given in the calibration certificate);
- the sum of the random errors' absolute values (after correcting for systematic errors, random error ^[29] still remain. Each of these give rise to variations in repeated observations of the quantity to be measured);
- yearly drift.

For the purpose of this example, the expanded calibration uncertainty has been given as 0,025 m/s; the sum of the random errors is 0,03 m/s and the yearly drift is 0,005 m/s.

Adding these three contributions gives 0,06 m/s. Assuming the errors are symmetric around 0, this gives the values for the limits of error (maximum permissible errors) of $\pm 0,06$ m/s.

NOTE This value of 0,06 m/s is not an uncertainty. Instead, the limits of error indicate the interval inside which the measurement error is permitted to be ^[29].

C.2 Air pressure difference test

C.2.1 General

The minimum requirements for the air pressure difference test apparatus are given in [Table C.1](#).

Có ít nhất ba yếu tố tác động đến sai số tối đa cho phép:

- hiệu chuẩn mở rộng không chắc chắn, không xác định (được nêu trong chứng chỉ hiệu chỉnh);
- tổng các giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên (sau khi hiệu chỉnh các sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên ^[29] vẫn còn. Mỗi giá trị này làm phát sinh sự thay đổi trong các quan sát lặp lại của đại lượng được đo);
- sai số theo thời gian – độ trôi hàng năm.

Ví dụ hiệu chuẩn mở rộng không chắc chắn được đưa ra là 0,025 m/s; tổng các sai số ngẫu nhiên là 0,03 m/s và độ trôi hàng năm là 0,005 m/s.

Cộng ba yếu tố trên ta được 0,06 m/s. Giả sử các sai số là đối xứng xung quanh 0, từ đây suy ra giá trị giới hạn sai số (sai số lớn nhất cho phép) là $\pm 0,06$ m / s.

Ghi chú: Giá trị 0,06 m/s này không phải là độ không đảm bảo đo. Thay vào đó, các giới hạn của sai số chỉ ra khoảng bên trong sai số phép đo được chấp thuận theo tài liệu ^[29].

C.2 Kiểm tra chênh áp

C.2.1 Tổng quan

Những yêu cầu tối thiểu về thiết bị phục vụ kiểm tra chênh áp không khí được đưa ra trong [Table C.1](#).

Table C.1 – Air pressure difference test apparatus
(Các thiết bị kiểm tra chênh áp không khí)

Item Mục	Minimum requirements Những yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	N/A Không có
Resolution Độ phân giải	0,5 Pa (0 Pa-49,9 Pa) 1,0 Pa (250 pa)
Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	The greater of 2 Pa or 5 % of reading (Mechanical gauges can be used for continuous monitoring reference but not for testing due to potential errors) Lớn hơn 2 Pa hoặc 5% số đọc (Đồng hồ cơ có thể được sử dụng để tham khảo trong việc giám sát liên tục nhưng không nên dùng để kiểm tra thử nghiệm do các lỗi tiềm ẩn)

C.2.2 Electronic manometer, to display or output the value of the air pressure difference between a cleanroom or clean zone and its surroundings by detecting the change of electrostatic capacitance or electronic resistance due to the displacement of a diaphragm.

C.2.3 Inclined manometer, to measure the air pressure difference between two points, by detecting with the eye amplitude inclined scales which indicate the small pressure head (height) in a gauge tube filled with liquid such as water or alcohol. Care shall be taken when using this type of measuring device. It should be level and used in a fixed position.

C.2.4 Mechanical differential pressure gauge, to measure the air pressure difference between two areas by detecting the movement distance of a needle connected with a mechanical gear or magnetic linkage to the displacement of a diaphragm. Care shall be taken when using this type of measuring device. It should be level and used in a fixed position.

C.2.2 Áp kế điện tử, để hiển thị hoặc xuất giá trị chênh lệch áp suất không khí giữa phòng sạch hoặc vùng sạch và môi trường xung quanh bằng cách phát hiện sự thay đổi của điện dung tĩnh điện hoặc điện trở do sự dịch chuyển của màng ngăn.

C.2.3 Áp kế nghiêng, để đo chênh lệch áp suất không khí giữa hai điểm, bằng cách quan sát thang đo là ống chứa đầy chất lỏng như nước hoặc cồn, hai đầu được nối với hai vị trí đo, hai vị trí này tác động lên chất lỏng trong ống gây nên sự chênh lệch cột áp tương ứng. Phải cẩn thận khi sử dụng loại thiết bị đo này. Nó phải để trên mặt bằng phẳng và được sử dụng ở một vị trí cố định.

C.2.4 Đồng hồ đo chênh áp loại cơ, để đo chênh lệch áp suất không khí giữa hai khu vực bằng cách phát hiện khoảng cách chuyển động của kim được kết nối với bánh răng cơ khí hoặc liên kết từ tính đến sự dịch chuyển của màng ngăn. Phải cẩn thận khi sử dụng loại thiết bị đo này. Nó phải để trên mặt bằng phẳng và được sử dụng ở một vị trí cố định.

Careful consideration should be given to selecting the appropriate gauge range when using this apparatus.

Cần xem xét cẩn thận để chọn dải đo thích hợp khi sử dụng thiết bị này.

C.3 Airflow test

C.3 Kiểm tra dòng khí

C.3.1 Air velocity meter

C.3.1 Máy đo tốc độ không khí

C.3.1.1 General

C.3.1.1 Tổng quan

The minimum requirements for the air velocity test apparatus are given in [Table C.2](#).

Những yêu cầu tối thiểu cho thiết bị đo vận tốc không khí được đưa ra tại [Table C.2](#).

Table C.2 – Air velocity test apparatus

(Thiết bị kiểm tra tốc độ không khí)

Item (mục)	Minimum requirements (những yêu cầu tối thiểu)
Measuring limits (Giới hạn đo)	N/A
Resolution (độ phân giải)	0,01 m/s (0,20 m/s-0,99 m/s) 0,1 m/s ($\geq 1,00$ m/s)
Maximum permissible error (sai số tối đa cho phép)	0,1 m/s (0,20 m/s-1,00 m/s) 10% of reading ($\geq 1,00$ m/s)

C.3.1.2 Thermal anemometer, to calculate air velocity by measurement of the heating power necessary to maintain the electrically heated sensor, exposed to the airflow, at a fixed temperature.

C.3.1.2 Máy đo gió kiểu nhiệt, dùng để tính toán tốc độ không khí bằng phép đo năng lượng nhiệt cần thiết để duy trì cảm biến được làm nóng bằng điện, tiếp xúc với không khí, tại một nhiệt độ cố định.

C.3.1.3 Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent, to measure air velocity by sensing the shift of sound frequency (or acoustic velocity) between separated points in the measured airflow.

C.3.1.3 Máy đo gió siêu âm 03 chiều, hoặc tương đương, để đo đặc tốc độ gió thông qua cảm nhận sự thay đổi của tần số âm thanh (hoặc vận tốc âm thanh) giữa các điểm riêng biệt trong dòng không khí được đo.

C.3.1.4 Vane-type anemometer, to measure air velocity by counting the revolution rate of the vanes in the airflow.

C.3.1.5 Pitot-static tubes and manometer, to measure air velocity from the difference of total and static pressures at a position in the airflow.

C.3.1.6 Tube array, to measure air velocity from the difference of total and static pressures at a position in the airflow. Averaging airflow grids use multiple tube arrays to simultaneously measure airflow on a grid and provide an average velocity, using an electrical multi-meter manometer.

C.3.2 Airflow meter

C.3.2.1 General

The minimum requirements for the air volume flow rate test apparatus are given in [Table C.3](#).

C.3.1.4 Máy đo gió kiểu van, để đo đặc tốc độ gió bằng việc đếm số vòng quay của van trong luồng không khí.

C.3.1.5 Ống Pitot-static và áp kế, để đo đặc vận tốc gió từ sự chênh lệch giữa áp suất tổng và áp suất tĩnh tại một vị trí trong luồng không khí.

C.3.1.6 Sử dụng nhiều ống đo Tube-array, để đo đặc tốc độ gió thông qua đo chênh lệch áp suất tổng và áp suất tĩnh tại một vị trí của luồng không khí. Sử dụng nhiều ống để đo đồng thời dòng không khí trên một ô lưới và cho ra tốc độ trung bình, sử dụng một áp kế đa năng sử dụng điện.

C.3.2 Máy đo lưu lượng

C.3.2.1 Tổng quan

Những yêu cầu tối thiểu áp dụng cho thiết bị đo lưu lượng được đưa ra trong [Table C.3](#).

Table C.3 – Air volume flow rate test apparatus

(thiết bị kiểm tra lưu lượng dòng khí)

Item (mục)	Minimum requirements (yêu cầu tối thiểu)
Measuring limits (giới hạn phép đo)	N/A
Resolution (độ phân giải)	0,001 m ³ /s
Maximum permissible error (sai số tối đa cho phép)	0,01 m ³ /s (0 m ³ /s–0,1 m ³ /s) 10% of reading (>0,1 m ³ /s)

C.3.2.2 Airflow capture hood with measuring device, to measure air volume flow rate from an area over which there can be variations in airflow, providing an integrated air volume from that area. The total airflow is collected and concentrated so that the velocity at the

C.3.2.2 Chụp bắt gió với thiết bị đo, để đo lưu lượng gió tại một tiết diện mà luồng khí có thể thay đổi, cung cấp luồng không khí được tích tụ lại từ tiết diện đó. Tổng lưu lượng khí được gom tập trung lại do vậy vận tốc tại điểm đo sẽ đại diện

measuring point represents the cross-sectional average velocity from the total area.

C.3.2.3 Orifice meter, refer to ISO 5167-2 [\[22\]](#).

C.3.2.4 Venturi meter, refer to ISO 5167-4 [\[23\]](#).

C.4 Airflow direction test and visualization

C.4.1 Apparatus, materials and accessories for airflow direction test and visualization, see [Tables B.1](#) and [B.2](#).

C.4.2 Thermal anemometer, see [C.3.1.1](#)

C.4.3 Three-dimensional ultrasonic anemometer, or equivalent, see [C.3.1.2](#).

C.4.4 Aerosol generator

C.4.4.1 General

Aerosol generators for tracers in flow visualization may also be referred to [B.3.4](#). Some application examples, such as particle generators and ultrasonic nebulizers are given below.

C.4.4.2 Ultrasonic nebulizer, to generate aerosols (mist), employing focused sound waves to aerosolize a liquid (e.g. DI water) into fine droplets.

C.4.4.3 Fog generator, to generate aerosols (mists). A thermally produced aerosol of DI water/glycols/alcohols.

cho vận tốc trung bình của mặt cắt tiết diện tổng ban đầu.

C.3.2.3 Orifice meter, tham khảo ISO 5167-2 [\[22\]](#).

C.3.2.4 Venturi meter, tham khảo ISO 5167-4 [\[23\]](#).

C.4 Kiểm tra hướng luồng không khí và trực quan

C.4.1 Thiết bị, vật liệu và phụ kiện cho việc kiểm tra hướng luồng khí và trực quan, xem [Tables B.1](#) và [B.2](#).

C.4.2 Máy đo gió kiểu nhiệt, xem [C.3.1.1](#)

C.4.3 Máy đo gió siêu âm ba chiều, hoặc tương đương, xem [C.3.1.2](#).

C.4.4 Máy tạo hạt

C.4.4.1 Tổng quan

Máy tạo hạt phục vụ việc đánh dấu trực quan hóa luồng khí có thể tham khảo tại mục [B.3.4](#). Một vài ví dụ ứng dụng dưới đây như là máy tạo hạt và ống phun siêu âm.

C.4.4.2 Máy phun sương siêu âm, để tạo ra các sol khí dạng sương mù, sử dụng sóng âm tập trung để làm hóa hơi chất lỏng (ví dụ: nước khử ion) thành các giọt nhỏ bay vào không khí.

C.4.4.3 Máy tạo sương mù, để tạo ra sol khí dạng sương mù. Sol khí được sản xuất theo nguyên lý nhiệt từ nước khử ion / glycol / rượu.

C.5 Recovery test

C.5.1 Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC), capable of counting and sizing single airborne particles and reporting size data in terms of equivalent optical diameter. Refer to ISO 14644-1 ^[1]

C.5.2 Aerosol generator, capable of generating particles within the size range $0,1\ \mu\text{m}$ - $1,0\ \mu\text{m}$ at a constant concentration, which may be generated by thermal, hydraulic, pneumatic, acoustic, chemical or electrostatic method.

C.5.3 Test aerosol source substances. Typically, the following substances are used to generate test aerosols, liquid or solid test aerosol for generating by spraying or atomizing into the atmosphere:

- a) poly-alpha olefin (PAO) oil, 4 centistokes PAO;
- b) dioctyl sebacate (DOS);
- c) di-2-ethyl hexyl sebacate (DEHS);
- d) dioctyl (2-ethyl hexyl) phthalate (DOP ¹⁾) (e.g. CAS No. 117-81-7 ²⁾);
- e) food quality mineral oil (e.g. CAS No. 8042-47-5);
- f) paraffin oil (e.g. CAS No. 64742-46-7);
- g) microspheres with a n appropriate diameter.

If the required concentration can be achieved, atmospheric aerosol may also be used.

C.5 Kiểm tra khả năng phục hồi độ sạch

C.5.1 Máy đếm hạt tán xạ ánh sáng (LSAPC), có khả năng đếm và định cỡ phân tử khí đơn lẻ và xuất dữ liệu cỡ hạt theo đường kính quan học tương đương.

Tham khảo ISO 14644-1 ^[1]

C.5.2 Máy tạo hạt, khả năng tạo hạt với kích thước hạt trong khoảng $0,1\ \mu\text{m}$ - $1,0\ \mu\text{m}$ tại một nồng độ không đổi, điều này có thể được tạo ra thông qua các phương pháp như nhiệt, thủy lực, khí nén, âm thanh, hóa học hoặc tĩnh điện.

C.5.3 Chất test. Thông thường, những chất dưới đây được dùng để tạo ra sol khí test, chất test dạng lỏng hoặc rắn được tạo ra bằng cách phun hoặc nguyên tử hóa vào không khí:

- a) dầu gốc tổng hợp (PAO), độ nhớt 4 centistokes PAO;
- b) hợp chất hữu cơ dioctyl sebacate (DOS);
- c) di-2-ethyl hexyl sebacate (DEHS);
- d) dioctyl (2-ethyl hexyl) phthalate (DOP ¹⁾) (vd: CAS No. 117-81-7 ²⁾);
- e) dầu khoáng chất lượng thực phẩm (vd: CAS No. 8042-47-5);
- f) dầu paraffin (vd: CAS No. 64742-46-7);
- g) vi hạt có đường kính thích hợp.

Cũng có thể dùng bình phun khói nếu có thể đạt được nồng độ yêu cầu .

C.5.4 Dilution System, equipment, in which the aerosol is mixed with clean air in a known volumetric ratio to reduce concentration.

C.6 Temperature test

The temperature test should be performed using a sensor that has accuracy as defined in ISO 7726, [28] for example:

- a) expansion thermometers;
 - 1) liquid expansion thermometer;
 - 2) solid expansion thermometer;
- b) electrical thermometers;
 - 1) variable resistance thermometer, including:
 - platinum resistor;
 - thermistor.
 - 2) thermometer based on the generation of an electromotive force (thermocouple);
- c) thermomanometers (variation in the pressure of a liquid as a function of temperature).
 - 1) In certain countries, the use of DOP for filter testing is discouraged on safety grounds.
 - 2) CAS No., Chemical Abstract Service Registry Number; substances have been registered in Chemical Abstract, issued by American Chemical Society [14].

C.5.4 Hệ thống pha loãng, thiết bị, dùng để hòa trộn chất test với dòng không khí với một tỷ lệ thể tích đã biết để giảm nồng độ.

C.6 Kiểm tra nhiệt độ

Để kiểm tra nhiệt độ thì nên sử dụng một cảm biến có độ chính xác như được xác định trong tiêu chuẩn ISO 7726, [28] ví dụ:

- a) nhiệt kế giãn nở;
 - 1) nhiệt kế giãn nở chất lỏng;
 - 2) nhiệt kế giãn nở chất rắn;
- b) nhiệt kế điện;
 - 1) nhiệt kế biến trở, bao gồm:
 - điện trở bạch kim;
 - nhiệt điện trở.
 - 2) nhiệt kế dựa trên suất điện động (cặp nhiệt điện);
- c) Nhiệt áp kế (sự biến thiên áp suất của một chất lỏng như một hàm của nhiệt độ).
 - 1) Ở một số quốc gia, việc sử dụng DOP để kiểm tra bộ lọc không được khuyến khích vì lý do an toàn.
 - 2) CAS No., Chemical Abstract Service Registry Number; các chất đã được đăng ký trong Chemical Abstract, ban hành bởi Hiệp hội Hóa học Hoa Kỳ [14].

The minimum measurement resolution requirement for the apparatus is 20 % of the allowable temperature range for the difference between the set point temperature and the permissible range of variation allowed from that set point.

NOTE The requirement of range, accuracy, etc., depends on the purpose of the cleanroom or clean zone. ISO 7726 ^[28] is for a general purpose.

C.7 Humidity test

Humidity tests should be performed using a sensor that has accuracy appropriate to the measurement as stated in ISO 7726 ^[28].

Typical sensors are:

- a) dewpoint hygrometers (e.g. psychrometer);
- b) electrical conductivity variation hygrometer;
 - 1) lithium chloride hygrometer;
 - 2) capacitance hygrometer.

The minimum measurement resolution for the apparatus should be 20 % of the allowable relative humidity range for the difference between the set point humidity and the permissible range of variation allowed from that set point.

NOTE The requirement of range, accuracy, etc., depends on the purpose of the cleanroom or clean zone. ISO 7726 is for a general purpose.

C.8 Installed filter system leakage test

C.8.1 Aerosol photometer, to measure the mass concentration of aerosols in milligrams per cubic meter (mg/m³). The aerosol photometer uses a forward scattered-light optical chamber

Yêu cầu độ phân giải phép đo tối thiểu của các thiết bị là 20% so với dải nhiệt độ cho phép. Dải nhiệt độ cho phép này là sự thay đổi nhiệt độ điểm cài đặt trong một dải nhiệt độ cho phép.

Ghi chú: Yêu cầu về khoảng đo, độ chính xác, ... phụ thuộc vào mục đích sử dụng của phòng sạch hoặc vùng sạch. ISO 7726 ^[28] dành cho mục đích chung.

C.7 Kiểm tra độ ẩm

Việc kiểm tra độ ẩm nên được thực hiện với việc sử dụng cảm biến có độ chính xác phù hợp với phép đo như đã nêu trong ISO 7726 ^[28].

Các cảm biến điển hình:

- a) ẩm kế điểm đọng sương;
- b) ẩm kế biến thiên dẫn điện;
 - 1) ẩm kế liti clorua;
 - 2) ẩm kế điện dung.

Độ phân giải phép đo tối thiểu của thiết bị nên là 20% so với khoảng độ ẩm tương đối cho phép. Khoảng này là khoảng thay đổi cho phép của điểm cài đặt.

Ghi chú: Yêu cầu về khoảng đo, độ chính xác, ... phụ thuộc vào mục đích sử dụng của phòng sạch hoặc vùng sạch. ISO 7726 dành cho mục đích chung.

C.8 Kiểm tra rò rỉ hệ thống lọc đã lắp

C.8.1 Quang kế sol khí, dùng để đo lượng nồng độ chất test tính bằng miligam trên một mét khối thể tích (mg/m³). Quang kế sol khí sử dụng một cái buồng phân tán ánh sáng về phía trước. Thiết

to make this measurement. This apparatus may be used to measure filter leak penetration directly.

The minimum requirements for the aerosol photometer are given in [Table C.4](#).

bị này có thể được sử dụng để trực tiếp đo rò rỉ của bộ lọc.

Những yêu cầu tối thiểu cho thiết bị quang kế sol khí được đưa ra trong [Table C.4](#).

**Table C.4 – Aerosol photometer
(Máy quang kế sol khí)**

Item (mục)	Minimum requirements (những yêu cầu tối thiểu)
Measuring limits (Giới hạn phép đo)	0,000 1 mg/m ³ to 100 mg/m ³
Resolution (Độ phân giải)	0,000 1
Maximum permissible error (sai số lớn nhất cho phép)	10 % for the selected range

Sample probe tubing dimensions (length and internal diameter) should comply with manufacturer's recommendations.

NOTE Sample probe inlet dimensions are detailed in [B.7.2.2](#).

C.8.2 Light-scattering airborne-particle counter (LSAPC), see [C.5.1](#).

C.8.3 Aerosol generator, see [C.5.2](#)

C.8.4 Test aerosol source substances, see [C.5.3](#)

C.8.5 Dilution system, equipment, see [C.5.4](#).

C.9 Containment leak test

C.9.1 Light-scattering airborne-particle counter, see [C.5.1](#).

Nên tuân theo các khuyến cáo của nhà sản xuất về kích thước của ống dò mẫu (kích thước bên trong cũng như chiều dài)

Ghi chú: Kích thước đầu vào của đầu dò chi tiết xem mục [B.7.2.2](#).

C.8.2 Máy đếm hạt tán xạ không khí (LSAPC), xem mục [C.5.1](#).

C.8.3 Máy tạo hạt, xem mục [C.5.2](#)

C.8.4 Chất test, xem mục [C.5.3](#)

C.8.5 Hệ thống pha loãng, thiết bị, xem [C.5.4](#).

C.9 Kiểm tra rò rỉ khu vực phòng sạch

C.9.1 Máy đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng, xem [C.5.1](#).

C.9.2 Aerosol generator, see [C.5.2](#).

C.9.3 Aerosol source substances, see [C.5.3](#).

C.9.4 Dilution system, see [C.5.4](#)

C.9.5 Aerosol photometer, see [C.8.1](#).

C.10 Electrostatic and ion generator test

C.10.1 Electrostatic voltmeter, to measure the average voltage (potential) in a small area by sensing the intensity of the electrical field at an electrode inside a probe through a small aperture in the probe.

The minimum requirements for an electrostatic voltmeter are given in [Table C.5](#).

C.9.2 Máy tạo sol khí, xem [C.5.2](#).

C.9.3 Các nguồn chất test, xem [C.5.3](#).

C.9.4 Hệ thống pha loãng, xem [C.5.4](#)

C.9.5 Quang học sol khí, xem [C.8.1](#).

C.10 Electrostatic and ion generator test

C.10.1 Vôn kế điện, để đo điện áp trung bình (điện thế) trong một khu vực nhỏ bằng cách cảm nhận cường độ điện trường tại một điện cực bên trong một đầu dò thông qua một lỗ nhỏ tại đầu dò.

Những yêu cầu tối thiểu đối với vôn kế điện được đưa ra trong [Table C.5](#).

Table C.5 – Specification for electrostatic voltmeter

Item Mục	Minimum requirements Yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	$\pm (1-20)$ kV
Resolution Độ phân giải	10 V (1 kV-20 kV)
Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	10 % of reading

C.10.2 High resistance ohm-meter, to measure the resistance of insulation materials and components by sensing leakage current from a device applying high voltage to a device under test.

The minimum requirements for the high resistance ohm-meter are given in [Table C.6](#)

C.10.2 Điện trở kế trở kháng cao, để đo điện trở của vật liệu cách điện và các bộ phận bằng cách cảm nhận dòng điện rò từ thiết bị đặt điện áp cao đến thiết bị được thử nghiệm.

Những yêu cầu tối thiểu đối với điện trở kế trở kháng cao được đưa ra trong [Table C.6](#)

Table C.6 – Specification for high resistance ohm-meter

Item Mục	Minimum requirements Yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	1 000 Ω to 20 G Ω
Resolution Độ phân giải	0.01 M Ω
Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	5 % of each full scale
Test voltage Điện áp kiểm tra	DC 100 V to 1 000 V

C.10.3 Charged plate monitor; to measure the neutralizing properties of an ionizer or ionization system.

The minimum requirements for the charged plate monitor are given in [Table C.7](#).

C.10.3 Màn tích điện; để đo đạt tính chất trung hòa điện của bộ ion hóa hoặc hệ thống ion hóa.

Những yêu cầu tối thiểu đối với màn tích điện được đưa ra trong [Table C.7](#).

Table C.7 – Specification for charged plate monitor

Item Mục	Minimum requirements Yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	± 5 kV
Resolution Độ phân giải	0,1 V (< 100 V) 1,0 V (> 99V)
Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	5 % of full scale

C.11 Particle deposition test

C.11.1 Witness plate material. Depending on particle size to be detected and means of measurement the following may be used:

- micro-porous membrane filters;
- double-sided adhesive tape;
- petri dishes;

C.11 Kiểm tra lắng đọng hạt

C.11.1 Vật liệu tấm mô phỏng. Dựa vào kích thước hạt cần đo và phương án đo đạt mà có thể chọn theo các vật liệu sau:

- tấm màng lọc vi xốp;
- băng dính hai mặt;
- đĩa lấy mẫu;

- d) petri dishes containing a contrasting colour (black) polymer, such as polyester resin;
- e) photographic film (sheet);
- f) microscope slides (plain or with evaporated metal film coating);
- g) glass or metal mirror plates;
- h) semiconductor wafer blanks;
- i) glass photo mask substrates;
- j) transparent plastic plate.

The surface smoothness of the witness plate should be appropriate for the size of the particles that are counted to ensure that the particles are easily visible. The selected witness plate material should be electrostatic neutral. The means of measurement employed should be capable of resolving and measuring the smallest particle size to be enumerated. Witness plates that need to be transparent should be free of defects.

Particle deposition can be determined by measuring the area coverage of deposited particles or by counting (and sizing) of particles deposited on the witness plate during exposure. Particle deposition measurement can be divided into particle sizes within the air cleanliness level range (0,1 μm to 5,0 μm) and macro particles (larger than or equal to 5 μm).

- d) đĩa lấy mẫu chứa polyme màu tương phản (màu đen), chẳng hạn như nhựa polyester;
- e) film chụp ảnh (dạng tấm);
- f) lam kính hiển vi (trơn hoặc được phủ lớp kim loại bay hơi);
- g) tấm gương thủy tinh hoặc kim loại;
- h) phôi bán dẫn wafer;
- i) tấm nền thủy tinh;
- j) nhựa trong suốt.

Độ nhẵn bề mặt của tấm mô phỏng phải phù hợp với kích thước của các hạt được đếm để đảm bảo rằng các hạt có thể nhìn thấy dễ dàng. Vật liệu tấm mô phỏng được chọn phải là vật liệu trung hòa điện. Các phương tiện đo được sử dụng phải có khả năng phân tích và đo kích thước hạt nhỏ nhất được liệt kê. Các tấm làm chứng cần phải trong suốt và không có lỗi.

Sự lắng đọng của hạt có thể được xác định bằng cách đo đạt tại vùng bao phủ các hạt lắng đọng hoặc bằng cách đếm (và định cỡ) các hạt lắng đọng trên tấm mô phỏng trong quá trình tiếp xúc. Phép đo lắng đọng hạt có thể được chia thành các cỡ hạt trong phạm vi cấp độ sạch của không khí (0,1 μm đến 5,0 μm) và các hạt cỡ lớn (lớn hơn hoặc bằng 5 μm).

Table C.8 – Particle deposition measurement by surface analyser

Item Mục	Minimum requirements Yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	Surface number concentration: $1/\text{cm}^2$ to $10^6/\text{cm}^2$ Particle Size: 0,1 μm to 5 μm
Resolution Độ phân giải	Particle size: 0,1 μm

Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	Particle size: 1 μm
---	--------------------------------

Table C.9 -Particle deposition measurement macro particles test apparatus

Item Mục	Minimum requirements Yêu cầu tối thiểu
Measuring limits Giới hạn phép đo	Area coverage: 1 m^2/m^2 to 5 000 $10^{-6} \text{m}^2/\text{m}^2$ Particle Size: ≥ 5 to $\geq 2500 \mu\text{m}$
Resolution Độ phân giải	Area coverage: 10 $10^{-6} \text{m}^2/\text{m}^2$ Particle size: 10 μm
Maximum permissible error Sai số tối đa cho phép	Area coverage: 20 $10^{-6} \text{m}^2/\text{m}^2$ Particle size: 20 μm

C.11.2 Wafer surface scanner, to measure particles using a laser scanner and microscopic or electromicroscopic imaging devices to size the detected particles.

C.11.3 Particle fallout aerosol photometer, to measure total scattered light from particles sediment upon dark glass collection plates, and reports these data in terms of a sedimentation factor that is related to the concentration of sediment particles that would deposit upon critical surfaces.

Calibration is carried out by fluorescent particles 4 μm and 10 μm or polystyrene microsphere of 90 μm and 45 μm nominal. Measured area is $< 2 \text{cm}^2$.

C.11.4 Surface particle counter, to measure the number (and size) of single particles deposited on a surface by scattered light.

Measured area is 0,2 cm^2 to 3 cm^2 . Measured area can be increased by scanning. Size resolution is 0,1 μm to 25 μm depending on selected optical system.

C.11.5 Particle deposition meter, to determine the number of particles and their size on a glass

C.11.2 Máy quét bề mặt Wafer, để đo các hạt bằng cách sử dụng máy quét laze và các thiết bị hiển thị hình ảnh hiển vi hoặc vi điện tử để xác định kích thước các hạt.

C.11.3 Quang kế sol khí phóng xạ hạt, để đo tổng lượng ánh sáng tán xạ từ các hạt lắng đọng trên đĩa thu thủy tinh tối, và báo cáo những dữ liệu này trong các mục của yếu tố lắng đọng có liên quan đến nồng độ hạt lắng đọng trên các bề mặt quan trọng.

Thực hiện hiệu chỉnh bằng các hạt huỳnh quang 4 μm và 10 μm hoặc vi cầu polystyrene có kích thước danh nghĩa 90 μm và 45 μm . Diện tích đo được là $< 2 \text{cm}^2$.

C.11.4 Máy đếm hạt bề mặt, để đo số lượng (và kích thước) của các hạt đơn lẻ lắng đọng trên bề mặt bởi ánh sáng tán xạ.

Diện tích đo được là 0,2 cm^2 đến 3 cm^2 . Có thể tăng diện tích đo bằng cách quét. Độ phân giải kích thước 0,1 μm đến 25 μm tùy thuộc vào hệ thống quang học đã chọn.

C.11.5 Máy đo độ lắng đọng hạt, để xác định số lượng và kích thước hạt trên tấm kính mô phỏng.

witness plate. The glass is illuminated from below. A coordinate table is used to scan a relevant area. Vision software can be used to determine the particle size distribution. From the particle size distribution, the measuring surface and the exposure time, the particle deposition rate can be determined.

C.11.6 Optical particle deposition monitor

An optical system detects particles on an inclined surface by examining the change of the interference pattern of an extended laser beam. Measuring surfaces from 10 cm² to 100 cm² can be achieved. An example of a commercial apparatus has a detection surface of 60 cm². Particles 220 µm can be detected. The particle deposition result is given on the projected horizontal surface.

C.12 Segregation test

C.12.1 Light-scattering airborne-particle counter, see [C.5.1](#).

C.12.2 Aerosol generator, see [C.5.2](#).

C.12.3 Aerosol source substances, see [C.5.3](#).

C.12.4 Dilution system, see [C.5.4](#)

Kính được chiếu sáng từ bên dưới. Một bảng tọa độ được sử dụng để quét khu vực liên quan. Phần mềm trực quan hóa có thể được sử dụng để xác định sự phân bố kích thước hạt. Từ sự phân bố kích thước hạt, bề mặt đo và thời gian tiếp xúc, có thể xác định mức lắng đọng của hạt.

C.11.6 Giám sát lắng đọng hạt quang học

Một hệ thống quang học phát hiện các hạt trên bề mặt nghiêng bằng cách kiểm tra giám sát sự thay đổi đồ thị giao thoa của một chùm tia laser mở rộng. Có thể đo được các bề mặt từ 10 cm² đến 100 cm². Ví dụ về thiết bị thương mại có bề mặt đo là 60 cm². Các hạt 220 µm có thể được phát hiện. Kết quả lắng đọng của hạt được đưa ra trên bề mặt nằm ngang được chiếu.

C.12 Kiểm tra ngăn cách

C.12.1 Đếm hạt không khí tán xạ ánh sáng, xem [C.5.1](#).

C.12.2 Tạo sol khí, xem [C.5.2](#).

C.12.3 Các nguồn chất test, xem [C.5.3](#).

C.12.4 Hệ thống pha loãng, xem [C.5.4](#)



Bibliography

- [1] ISO 14644-1:2015, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*
- [2] ISO 14644-2, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 2: Monitoring to provide evidence of cleanroom performance related to air cleanliness by particle concentration*
- [3] ISO 14644-4, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 4: Design, construction and start-up*
- [4] ISO 14644-7:2004, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 7: Separative devices (clean air hoods, gloveboxes, isolators and mini-environments)*
- [5] ISO 14644-8, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 8: Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC)*
- [6] ISO 14644-9, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration*
- [7] ISO 14644-10, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 10: Classification of surface cleanliness by chemical concentration*
- [8] ISO 14644-12, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 12: Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration*
- [9] ASME N510-1989, *Testing of Nuclear Air-Treatment Systems*
- [10] ASTM F24-00, *Standard Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces*
- [11] ASTM F50-92, *Standard Practice for Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust Controlled Areas and Clean Rooms using Instrument Capable of Detecting Single Sub-Micrometre and Larger Particles*
- [12] ASTM F312-97, *Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters*
- [13] ASTM F1471-93, *Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Air-Filter System*
- [14] Chemical Abstracts Service Registry, Columbus, Ohio, US: American Chemical Society



- [15] EN 1822-2, *High efficiency air filters (HEPA and ULPA) — Part 2 Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics*
- [16] EN 1822-4, *High efficiency air filters (HEPA and ULPA) — Part 4: Determining leakage of filter element (scan method)*
- [17] IEST-RP-CCOO1 6:2016, *HEPA and ULPA Filters*
- [18] IEST-RP-CC006 3:2004, *Testing cleanrooms*
- [19] IEST-RP-CC007 3:2016, *Testing ULPA Filters*
- [20] IEST-RP-CC0214:2016, *Testing HEPA and ULPA Filter Media*
- [21] IEST-RP-CC034 4:2016, *HEPA and ULPA Filter Leak Tests*
- [22] ISO 5167-2, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 2: Orifice plates*
- [23] ISO 5167-4, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes*
- [24] ISO 5167-5, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 5: Cone meters*
- [25] No JACA 24:1989, *Standardization and Evaluation of Clean Room Facilities*
- [26] JIS B 9921, *Light scattering automatic particle counter, Japanese Industrial Standards Committee*
- [27] SEMI E14-93, *Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool*
- [28] ISO 7726, *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*
- [29] Evaluation of measurement data — Guide to the expression of the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:200, corrected version 2010, (GUM)