НЮАНСЫ И ТОНКОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ DOP-ТЕСТА И ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

NUANCES AND PECULIARITIES OF DOP-TESTING AND DIFFERENTIAL PRESSURE MEASUREMENT

А.Б.Фадеев, начальник проектного отдела, (ORCID: 0000-0002-8188-5079), А.К.Рыбаков*, начальник испытательной лаборатории, (ORCID: 0000-0002-2463-0491), М.К.Ветрянщиков*, инженер-конструктор, (ORCID: 0000-0002-0195-8750), А.В.Господинов*, генеральный директор, (ORCID: 0000-0003-1945-2886) / asep5858815@gmail.com*

A.B.Fadeev, Head of Design Department, A.K.Rybakov*, Head of Testing Laboratory, M.K.Vetryanschikov*, Design Engineer, A.V.Gospodinov*, General Director*

DOI: 10.22184/1993-8578.2021.14.7-8.406.411

Получено: 16.11.2021 г.

В данной работе рассмотрены технические аспекты измерения перепадов давления ΔP, целостности и герметичности установки HEPA-фильтров (DOP-тест), а также процедура аттестации чистых помещений, в которой предусмотрен ряд измерений важных параметров, предусмотренных государственными стандартами, таких как концентрация аэрозольных частиц, температура, влажность, уровень шума, перепады давления и др. Особое внимание уделено проверке целостности и герметичности HEPA-фильтров.

This paper deals with technical aspects of differential pressure measurements, integrity and tightness of HEPA-filter installations (DOP test), and also describes the clean room certification procedures, which include a number of important parameters measurements required by national standards such as particulate matter concentration, temperature, humidity, noise level, differential pressure and others. Particular attention is paid to checking the integrity and tightness of the HEPA-filters.

ВВЕДЕНИЕ

В чистых помещениях согласно ГОСТ 14644-4-2002 "Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды" [1] должна проводиться периодическая аттестация. При аттестации чистых помещений проводят измерения (или испытания) счетной концентрации аэрозольных частиц, температуры, влажности, уровня шума, кратности воздухообмена, перепадов давления, целостности и герметичности установки HEPA-фильтров и других параметров.

МЕТОДОЛОГИЯ

Методология аттестации чистых помещений изложена в ГОСТ 14644-3-2020 [3].

Контроль перепада давления воздуха

Целью контроля перепада давления воздуха является проверка способности чистого помещения

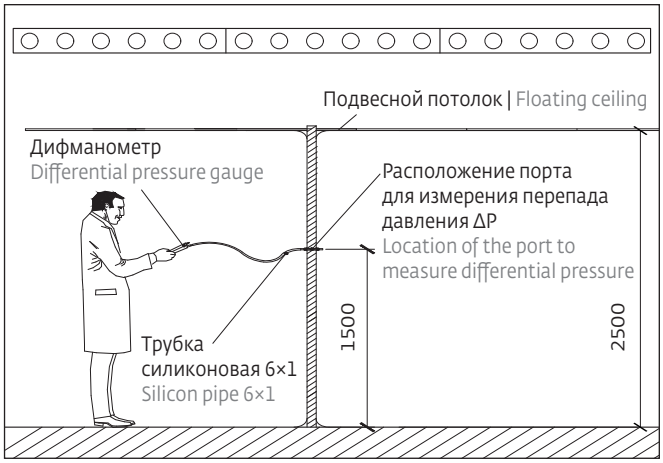

Рис.1. Порт ΔP устанавливается в сэндвич-панели на высоте 1,500 мм от пола для удобства проведения испытаний
Fig.1. The ΔP port is installed in the sandwich panel at a height of 1,500 mm from the floor for easily testing

* ООО "Валидационная лаборатория Асептика".

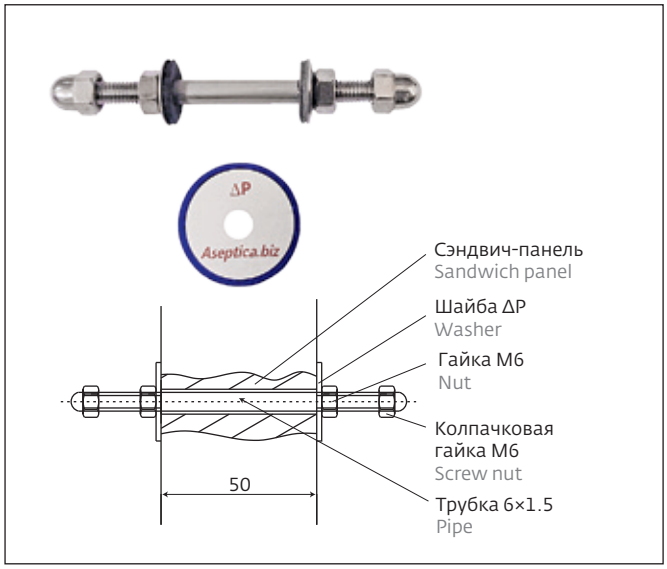

Рис.2. Порт ΔP: вверху – внешний вид устройства, внизу – чертеж
Fig.2. ΔP port: top – external view; bottom – drawing

Рис.3. Проведение испытаний: измерение перепада давления с помощью дифманометра через порт ΔP, установленный в сэндвич-панели
Fig.3. Test performance: measurement of the differential pressure using a differential pressure gauge through the ΔP port installed in the sandwich panel

поддерживать заданный перепад давления между чистым помещением и окружающей средой. Контроль перепада давления воздуха следует выполнять после того, как подтверждены критерии приемлемости для скорости потока воздуха или расхода воздуха, однородности скорости и другие параметры. Подробное описание метода контроля перепада давления воздуха дано в B.1.

INTRODUCTION

Clean rooms must be certified periodically according to GOST 14644-4-2002 "Clean rooms and related controlled environments" [1]. During clean room certification (or tests) it is necessary to measure the counting concentration of aerosol particles, temperature, humidity, noise level, air exchange ratio, pressure drop, integrity and tightness of HEPA filter installation and other parameters.

CERTIFICATION METHODS

The methodology of clean rooms certification is described in details in GOST 14644-3-2020 [3].

Differential air pressure control

The purpose of the differential air pressure control is to check the ability of the clean room to maintain the specified differential pressure between the clean room space and the ambient environment. The differential air pressure control should be carried out after acceptance criteria for air velocity or air flow rate, velocity uniformity and other parameters have been confirmed. A detailed description of the methodology for differential air pressure control is given in B.1.

Check of the installed filter system for leakage (particle slippage)

These tests are performed to confirm that the HEPA finishing system is correctly installed by checking that there are no leaks bypassing the filters in the filtration system and that the filters are free of defects (small holes and other damage to the filtering media, leaks in the frame, sealant). These tests are not performed to determine effectiveness of the filter media. Tests are carried out by injecting aerosol upstream the filter and scanning the surface of the filter and its fittings or sampling the duct downstream the filter. The methods to check for leakage are given in B.7.

Tests to measure the differential pressure ΔP

When certifying clean rooms it is not always possible to ensure correct measurement of differential pressure, as fire doors with a threshold and doors with an automatic movable rubber seal do not allow the measurement – it is not possible to pass a tube (or hose) through them. The use of a special ΔP port avoids this problem and enables practical and convenient measurements.

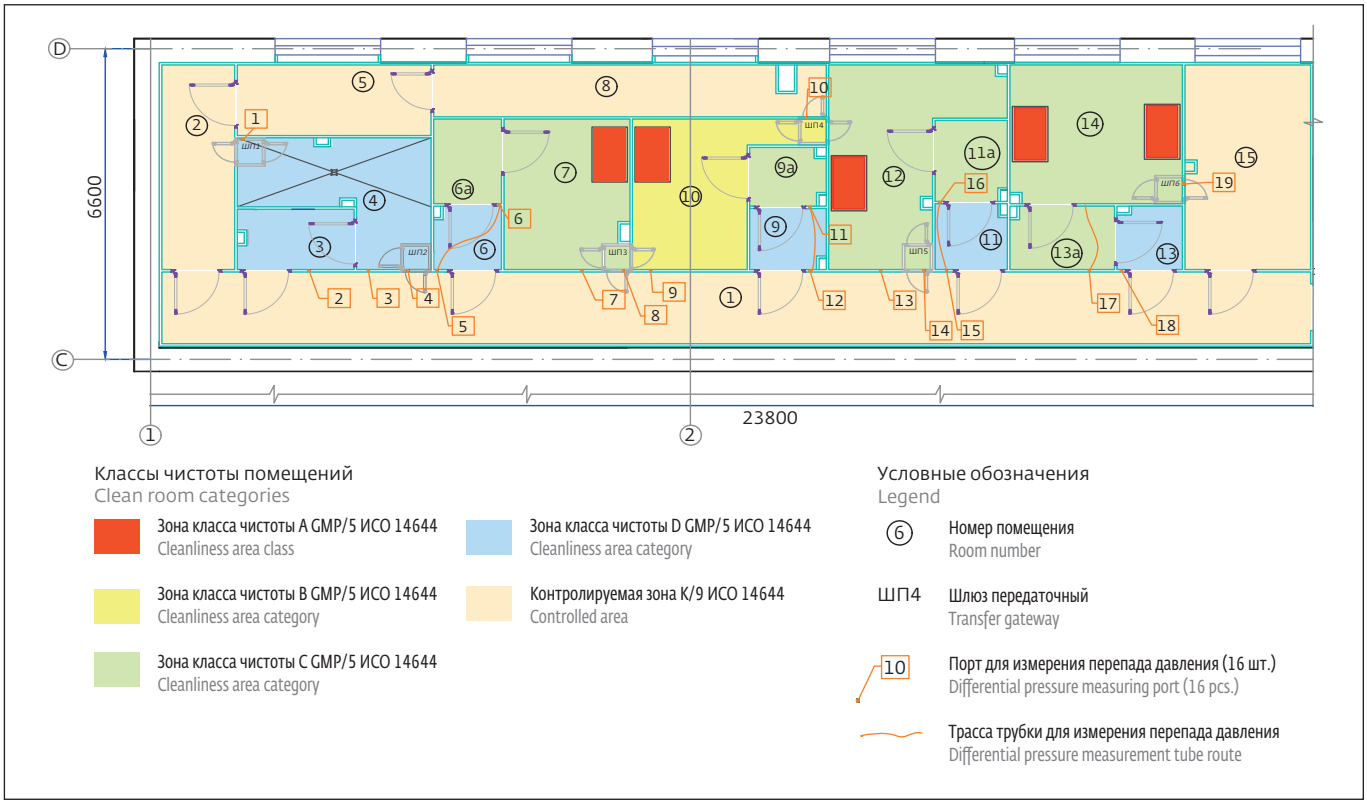

Рис.4. План этажа производства. Расположение портов ΔP для измерения перепадов давления
Fig.4. Plan of production floor. Location of ΔP ports for differential pressure measurements

Проверка установленной системы фильтрации на утечку (проскок частиц)

Данные тесты выполняются для подтверждения того, что система финишной высокоэффективной фильтрации установлена правильно путем проверки отсутствия утечек в обход фильтров в системе фильтрации и проверки того, что фильтры не

The ΔP-ports are used to measure the differential pressure between adjacent rooms, installed in the envelope of clean rooms and in transfer airlocks. A typical wall-mounted ΔP-port is shown in Fig.1.

Leakage tests of the unit and integrity of the HEPA-filters (DOP test)

The DOP IN ports are used to supply a test aerosol (dioctylsebacinate) when conducting a DOP test to check tightness of the unit and integrity of the filters. To ensure maximum mixing of the test aerosol with air, it is recommended that the DOP IN ports are positioned so that the test aerosol supply port is distanced downstream of each filter at least 7 diameters ($\ell \geq 7d$) of the air duct, which holds the filters, where the tested HEPA filters are installed (see Fig.6).

DOP OUT ports are designed to sample air for counting concentration of test aerosol upstream the filter when checking HEPA filters for tightness of installation and integrity of the HEPA filters. The ports are installed in the duct at a distance of 50–100 mm from the HEPA-filter.

CONCLUSIONS

During design and construction, it is required to take into consideration the above described units which are critically important for the certification of clean rooms on the basis of the differential pressure ΔP measurement and leakage tests of the installation as well as integrity of the HEPA-filters (DOP test). Our company [6] also develops and manufactures some other "useful little things", which will be described in the following publications. ■

Declaration of Competing Interest. *The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.*

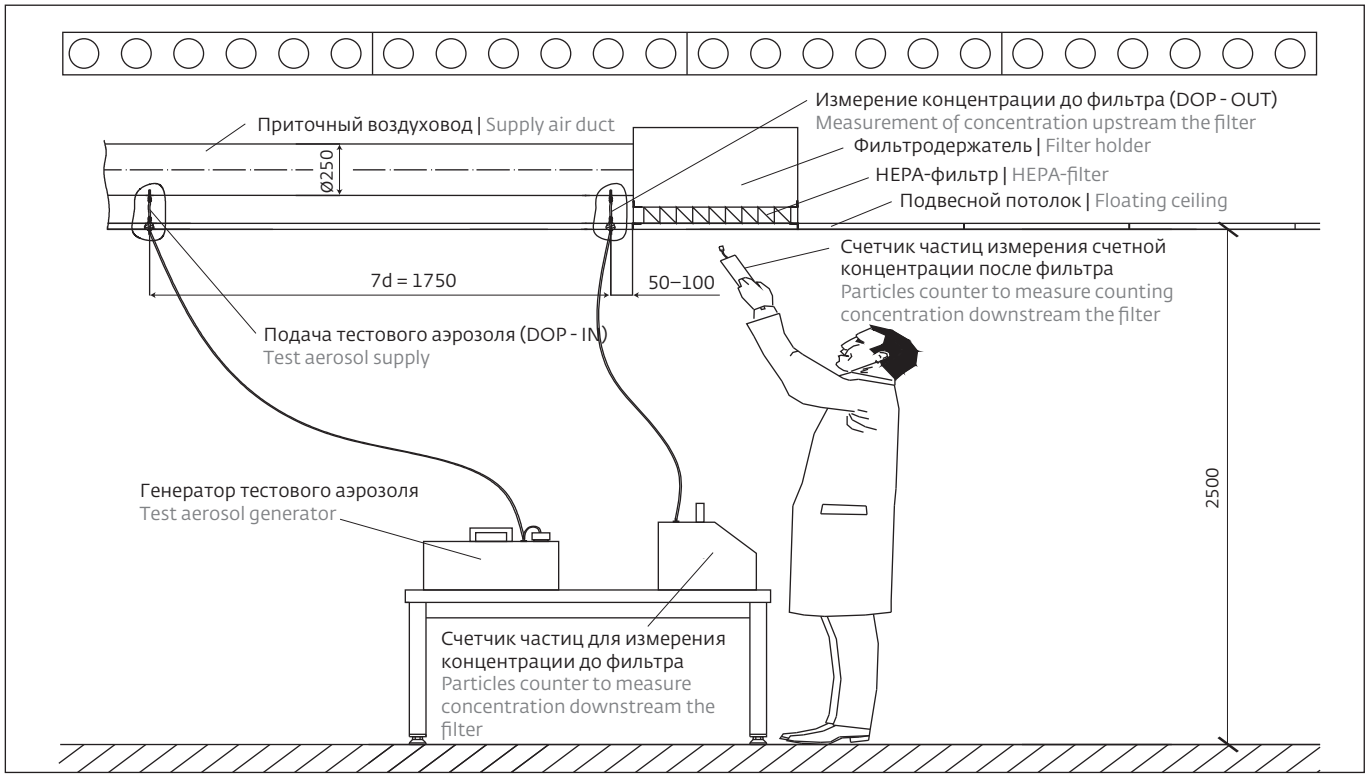

Рис.5. Схема типового варианта установки портов DOP-тест в приточном воздуховоде
Fig.5. Schematic diagram of a typical DOP-test port installation in a supply air duct

имеют дефектов (мелких отверстий и других повреждений фильтрующего материала, утечек в раме, герметике). Эти тесты не выполняются для определения эффективности фильтрующего материала. Тесты выполняются путем введения аэрозоля до фильтров и сканирования поверхности фильтров и их креплений или отбора проб в воздуховоде после фильтра. Методики контроля на утечку даны в В.7.

Проведение испытаний для измерения перепада давления ΔP

При аттестации чистых помещений не всегда возможно добиться корректного измерения перепада давления, так противопожарные двери с порогом и двери с автоматическим подвижным резиновым уплотнителем не позволяют осуществить измерение – невозможно пропустить трубку (шланг). Использование специального порта ΔP позволяет избежать этой проблемы и обеспечивает практичное и удобное проведение измерений.

ΔP – порты используются для измерения перепада давления между соседними помещениями, устанавливаются в ограждающих

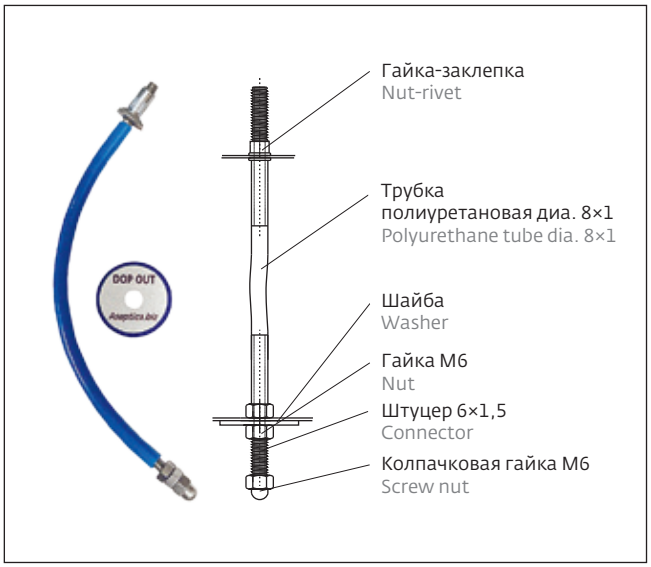

Рис.6. Порт DOP OUT: слева – внешний вид устройства; справа – чертеж
Fig.6. Port DOP OUT: top – external view; bottom – drawing

Рис.7. Проведение испытаний – проверка герметичности установки и целостности HEPA-фильтров (DOP-тест)
Fig.7. Test performance: check of tightness of the installation and integrity of the HEPA-filters (DOP-test)

конструкциях чистых помещений и в передаточных шлюзах. Схема типового варианта установки порта ΔP в стенах представлена на рис.1.

Проведение испытаний на герметичность установки и целостность HEPA-фильтров (DOP-тест)

Порты DOP IN применяются для подачи тестового аэрозоля (диоктилсебацината) при проведении

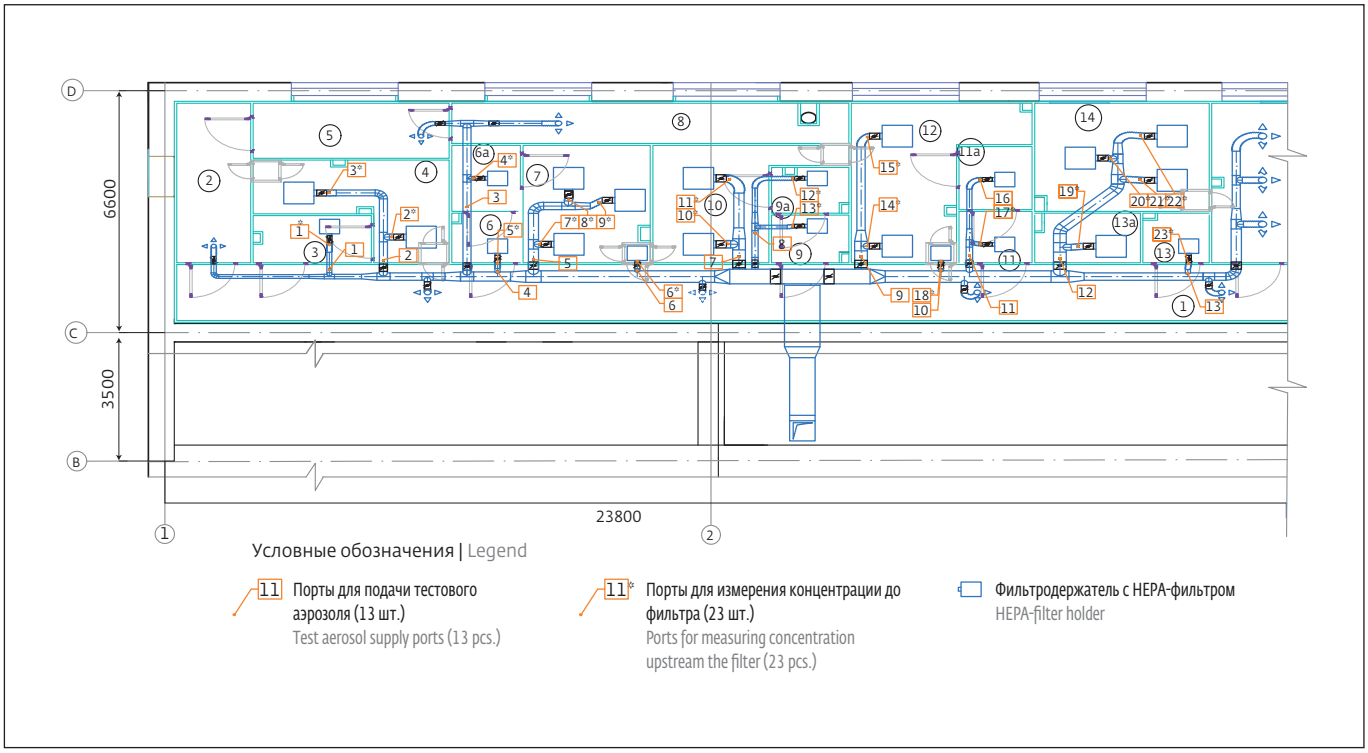

Рис.8. План этажа производства. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Расположение узлов для проведения DOP-теста
Fig.8. Plan of production floor. Ventilation and air conditioning. Location of the units for the DOP-test

DOP-теста на проверку герметичности установки и целостности фильтров. Для обеспечения максимального перемешивания тестового аэрозоля с воздухом порты DOP IN рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы порт подачи тестового аэрозоля был удален от каждого из фильтров на расстоянии не менее 7 диаметров ($\ell \geq 7d$) воздуховода, подведенного к фильтродержателям, в которых установлены испытуемые HEPA-фильтры, что показано на рис.6.

Порты DOP OUT предназначены для отбора проб воздуха на счетную концентрацию тестового аэрозоля перед фильтром при проведении проверки HEPA-фильтров на герметичность установки и целостности HEPA-фильтров. Устанавливаются в воздуховоде на расстоянии 50–100 мм от HEPA-фильтра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проектировании и строительстве необходимо учитывать описанные выше узлы, без которых, при аттестации чистых помещений, невозможно провести испытания для измерения перепада давления ΔP и испытания на герметичность установки, а также целостность HEPA-фильтров (DOP-тест). Наша компания [6] разрабатывает и производит и другие "полезные мелочи", с которыми можно будет ознакомиться в последующих публикациях.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. ГОСТ ИСО 14644-4-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха
2. ГОСТ ИСО 14644-2-2020. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. "Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ГОСТ ИСО 14644-1"
3. ГОСТ ИСО 14644-3-2020. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. "Методы испытаний"
4. РДИ 42-505-00. Порядок проведения контроля параметров воздушной среды в "чистых" помещениях и методы их измерений при производстве лекарственных средств
5. ГОСТ 51251-99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка
6. Электронный источник: https://aseptica.biz/

Декларация о конфликте интересов. *Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.*