

DOI 10.15589/jnn20150615

УДК 628.85:544.431.143

M25

DIFFERENT TYPES FILTERS VARY IONS
CONCENTRATION OF INDOOR AIRВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРОВ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ
НА АЭРОИОННЫЙ СОСТАВ ВОЗДУХА**Valery G. Marchenko**

valery.marchenko777@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5922-870X

Anatoliy E. Lagutin

ae_lagutin@meta.ua

ORCID: 0000-0003-1958-1637

Alexander I. Lipa

lipa.avok@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9584-9562

Anatoliy P. Ponomarenko

app48@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7572-5258

В. Г. Марченко¹

асп.

А. Е. Лагутин¹

д-р техн. наук, проф.

А. И. Липа²

канд. техн. наук, доц.

А. П. Пономаренко³

инж.

¹*Odessa National Academy of Food Technologies*²*SBI «Association of Engineers for ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics» — «AVOK Ukraine»*³*LTD «OLVIA»*¹*Одесская национальная академия пищевых технологий*²*ВОО «Ассоциация инженеров по вентиляции, отоплению, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизики» — «АВОК Украина»*³*ООО «ОЛВИА»*

Abstract. Incoming air has to be cleaned in the air conditioning system by the filters of different types. This mechanical processing varies air ions concentration, primarily negative ions. However, nowadays in the research works [1, 2, 3] there is not any consensus on that problem. Therefore, we have reviewed this question more deeply in the article. The filters of three efficiency groups (filtering ability) were selected according to European standard EN779/2012. Tested filters were placed in the outlet section of the plastic duct with the attached fan. Just behind the filters there was the small air ions counter MAC-01 (Russia). We located the bipolar effluence ions generator IWS-12D1-AE (Israel) with the productivity of $5 \cdot 10^9$ ion/sec and electrode voltage of $U = 6$ kV on 250 mm from the outlet section of the duct. Due to the ions flow distributed uniformly over the filter surface. The lab background ions concentration was $n^- = 120$ ion/cm³, $n^+ \leq 100$ ion/cm³. The data show radioactive contaminants in building materials do not influence on the background ions concentration. Consequently, we can ignore it. In the beginning of the experiment, the fan and the ionizer were functioning, but filters were not placed in the duct. Owing to the step, we have determined ions concentration in front of the filters: $n^- = 58.6 \cdot 10^3$ ion/cm³ and $n^+ = 14.2 \cdot 10^3$ ion/cm³. Then the filters were changed in turn during the experiments and we have carried out the measurements behind them. Having analyzed the experimental data, we are able to conclude: – Air ionizers must be the last unit for the air processing and they have to be placed after filters. Researching results show that any type filters catch above 90% of negative and positive ions. – The only explanation of ions concentrations increase after the filter (if we observe such thing) is due to high emanation of radioactive contaminants in building materials. This process is observed in the tight spaces, especially without the ventilation systems [1, 2, 4].

Keywords: ionization; filters.

Аннотация. Проведен анализ влияния фильтров различной степени очистки на концентрацию аэроионов. Дана рекомендация в отношении места установки в СКВ устройств искусственной ионизации приточного воздуха. Установлено, что фильтры любой степени очистки улавливают свыше 90 % ионов как отрицательно, так и положительного заряда. Возможное увеличение концентрации ионов после фильтра (если такое наблюдается) объясняется высокой степенью эманации радиоактивных веществ из ограждающих конструкций зданий.

Ключевые слова: ионизация; фильтры.

Анотація. Проведено аналіз впливу фільтрів різного ступеня очищення на концентрацію аероіонів. Дана рекомендація щодо місця установки у СКП пристроїв штучної іонізації припливного повітря. Встановлено, що фільтри будь-якого ступеня очищення вловлюють понад 90% іонів як негативного, так і позитивного заряду. Можливе збільшення концентрації іонів після фільтра (якщо таке спостерігається) пояснюється високим ступенем еманції радіоактивних речовин з огорожувальних конструкцій будівель.

Ключові слова: іонізація; фільтри.

REFERENCES

- [1] *Istochniki i deystvie ioniziruyushchey radiatsii* [Sources and Effects of Ionizing Radiation] *Doklad Nauchnogo komiteta OON po deystviyu atomnoy radiatsii za 1977 g.* [United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation for the 1977] T. 1. New-York, 1978. 405 p.
- [2] Krisyuk E. M. *Radiatsionno-gigienicheskaya otsenka stroitelnykh materialov* [Radiation-hygienic assessment of building materials]. Leningrad, Leningrad Institute of Radiation Hygiene Publ., 1976, 17 p.
- [3] Livshits M. N., Moiseev V. M. *Elektricheskie yavleniya v aerozolyakh i ikh primeneniye* [Electrical phenomena in aerosols and their application]. Leningrad, Energiya Publ., 1965. 224 p.
- [4] Sotnikov A. G. *Proektirovaniye i raschet sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha : polnyy kompleks trebovaniy, iskhodnykh dannyykh i raschetov informatsii dlya SO, SPV, SKV, SGVS i SKhS.* [Design and calculation of ventilation and air conditioning systems: a full range of requirements, source data and calculation of information for HS, PAS, EHS, HWS, RSS.] T1. Saint Petersburg, 2013. 423 p.
- [5] Chizhevskiy A. L. *Aeroionifikatsiya v narodnom khozyaystve* [Air ionification in the national economy] GOSPLANIZDAT Publ., 1960. 759 p.
- [6] Shilkin A. A., Gubernskiy Yu. D., Mironov A. M., M. *Aeroionnyy rezhim v grazhdanskikh zdaniyakh* [Aeroions mode in civilian buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988. 168 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Приточный воздух систем вентиляции и кондиционирования перед его подачей в помещение подлежит очистке в фильтрах разной степени эффективности. Такая механическая обработка очевидно изменяет концентрацию ионов, в первую очередь отрицательных заряженных.

Однако, в работах различных авторов нет однозначного мнения относительно влияния фильтров на степень деионизации воздуха [3, 5, 6].

В связи с этим, в данной статье, сделана попытка принести некую ясность по данному вопросу.

Для исследования были отобраны фильтры трех групп эффективности (фильтрующей способности) G, H, F, в соответствии с европейским стандартом EN779/2012, табл. 1.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [5] Чижевским А. Л. проведена серия экспериментов с ватными дисками диаметром 5 мм и различной толщины (от 12 мм и более). Из результатов опытов видно, что даже высокие концентрации легких аероионов ($n^- = 4,2 \cdot 10^6$ ион/см³ и $n^+ = 4,07 \cdot 10^6$ ион/см³), полученных в воздухе путем истечения постоянного тока высокого напряжения с пучка острий, не пробивают себе путь через ватный фильтр. Слой ваты в 4 мм пропускает менее 0,1 первоначального числа ионов. Слой ваты в 12 мм поглощает все легкие аероионы обеих полярностей (рис. 1).

Опыты с еще более спрессованной ватой показали, что слой ваты в 2,5 мм задерживает все легкие аероионы. Для задержки в ватном фильтре тяжелых аероионов понадобилась большая толщина фильтра. Тяжелые аероионы свободнее проходят через фильтр, чем легкие аероионы. Только сильно спрессованный слой ваты в 8–10 мм задерживает все тяжелые и сверхтяжелые аероионы.

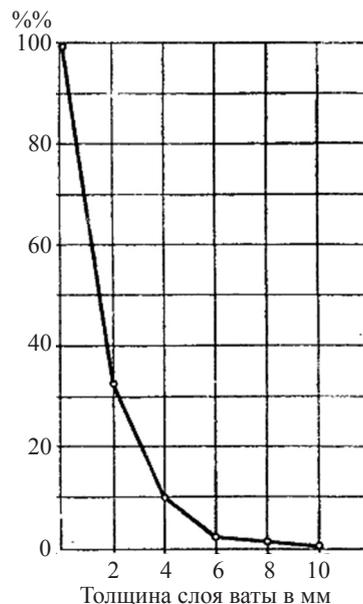


Рис. 1. Поглинання ватним фільтром аероіонів обоєх полярностей. При товщині фільтра, рівної 6 мм, число аероіонів падає практично до нуля. Ватний фільтр товщиною в 8–10 мм поглинає всі аероіони

Тот же феномен [5] полного отсутствия аэроионов был обнаружен в металлической и герметизированной камере объемом 120 м^3 , несмотря на чрезвычайно сильную вентиляцию воздуха, пропущенного через угольный фильтр. Этот фильтр задерживал все легкие, тяжелые и сверхтяжелые аэроионы наружного воздуха.

Опыты [3] Лившица М. Н., показали, что после фильтров из ткани ФПП-15, аэроионы отрицательно знака не были обнаружены.

С другой стороны работы [6] Кириллова В. Ф. демонстрируют обратную картину. Изучая влияние интенсивности ионообразования на концентрацию легких аэроионов, он провел эксперимент в помещении объемом 220 м^3 , в котором была смонтирована установка с рециркуляцией воздуха. Перед опытом на воздухозаборные отверстия накладывался тот же материал ФПП-15. Воздухопроизводительность установки — $3800 \text{ м}^3/\text{ч}$ обеспечивала кратность воздухообмена $17,3 \text{ ч}^{-1}$.

Через 50 мин после включения системы рециркуляции концентрация легких аэроионов повысилась

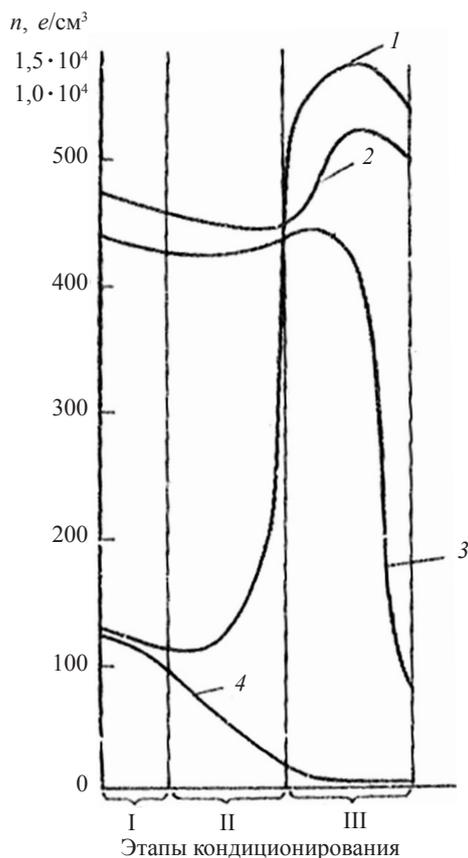


Рис. 2. Концентрация аэроионов в современных зданиях на различных этапах кондиционирования воздуха:

I — подача атмосферного воздуха; II — после прохождения воздуха через фильтры тонкой очистки; III — после камеры орошения; 1 — легкие отрицательные аэроионы; 2 — легкие положительные аэроионы; 3 — аэроионы окиси азота; 4 — аэроионы озона

по сравнению с начальной в 1,7 раза. Как объясняет автор — это уменьшение было вызвано тем, что в результате фильтрации воздуха через ткань ФПП-15 резко повысилась степень его чистоты за счет уменьшения числа тяжелых аэроионов и незаряженных ядер конденсации. Одновременно значительная величина естественного ионообразования за счет ионизирующего излучения следов радиоактивных веществ строительных материалов обусловила рост концентрации легких аэроионов.

В трудах [6] Шилкина А. А. утверждается, что при работе кондиционера с фильтром концентрация тяжелых положительных аэроионов, спустя 30 мин после начала кондиционирования, составляла $510 \text{ ион}/\text{см}^3$, то без него к той же минуте — $800 \text{ ион}/\text{см}^3$. Так же автор предоставляет график (рис. 2), на котором линией 1 показано увеличение концентрации легких отрицательных ионов после фильтра.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ — изучить изменение аэроионного состава атмосферного воздуха при его обработке фильтрами различной степени очистки.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей работе, для проведения исследования был изготовлен экспериментальный стенд, который представлял собой вентилятор с прикрепленной к нему пластиковой трубой длиной 500 мм и диаметром 100 мм (рис. 3).

На выходном сечении канала размещался фильтр, сразу за которым был установлен малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01 (ООО «НТМ-Защита», РФ), характеризующийся диапазоном измерения концентрации положительных и отрицательных ионов $10^2 \dots 10^6 \text{ см}^{-3}$ и пределами допускаемой погрешности: $\pm 50\%$ в поддиапазоне от 100 до 700 см^{-3} ; $\pm 40\%$ в поддиапазоне от 700 до 10^6 см^{-3} . Для получения достоверных данных фиксируемая величина концентрации аэроионов определялась как среднее значение по 10...15 показаниям прибора для каждой полярности.

В начале на вход в вентилятор подавался атмосферный воздух. Но концентрация легких отрицательных ионов в нем была ничтожно малой $n^- \leq 100 \text{ ион}/\text{см}^3$.

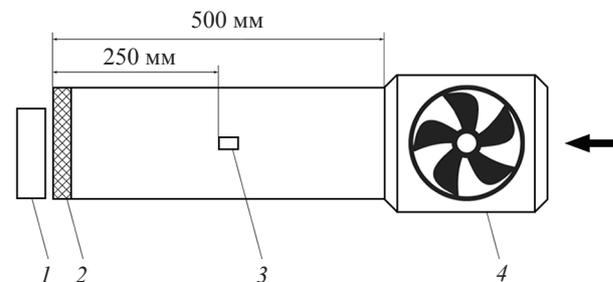


Рис. 3. Схема стенда для исследования фильтров:

1 — счетчик аэроионов; 2 — фильтр; 3 — ионизатор; 4 — замер параметров воздуха; 5 — вентилятор

Поэтому было принято решение установить внутри трубы после вентилятора биполярный ионизатор эффлювиального типа IWS-12D1-AE (Filtair, Israel), производительностью $5 \cdot 10^9$ ион/с и напряжением на электродах $U = 6$ кВ. Это обеспечило постоянную концентрацию ионов обоих знаков до фильтра, а расположение ионизатора на расстоянии 250 мм от выходного сечения канала позволило равномерно распределять поток ионов по поверхности фильтра.

Так же внутри трубы проводился замер температуры, влажности и скорости воздуха, которые составили $t = 23$ °С, $\varphi = 60\%$, $v = 8$ м/с.

В помещении, где находился стенд, был проведен замер фоновой концентрации ионов: $n^+ = 120$ ион/см³, $n^- \leq 100$ ион/см³. Данная концентрация говорит о том, что влияние радиоактивных примесей в строительных материалах помещения не существенна и ей можно пренебречь.

На первых этапах эксперимента работали вентилятор и ионизатор, но фильтры не устанавливались. Данная процедура позволила определить концентрацию ионов непосредственно перед фильтром, которая составила: $n^- = 58,6 \cdot 10^3$ ион/см³ и $n^+ = 14,2 \cdot 10^3$ ион/см³.

На следующем шаге поочередно устанавливались фильтры, а за ними проводились замеры ионов обоих знаков. Теперь, приняв концентрацию ионов до филь-

тра за 100% определяется процент улавливания для каждого фильтра, табл. 1.

Проанализировав данные экспериментов, можно сделать вывод, что современные фильтры улавливают более 90% легких ионов обоих знаков.

ВЫВОДЫ. Ионизаторы воздуха должны быть последними в цепи устройств обработки приточного воздуха, т. е. располагаться после конечных фильтров тонкой очистки. Результаты исследования свидетельствуют о том, что фильтры любой степени очистки улавливают свыше 90% ионов как отрицательного, так и положительного заряда. При этом следует отметить, что фильтры грубой очистки G2...G4 задерживают на 5...6,5 % больше положительных ионов, чем отрицательных. Возможно, такая тенденция вызвана эффектом, который наблюдал Кириллов В. Ф. — резкое повышение степени чистоты воздуха за счет уменьшения числа тяжелых аэроионов и незаряженных ядер конденсации. Однако, этот эффект не наблюдается в фильтрах класса F и H.

Пока что единственное объяснение увеличения концентрации ионов после фильтра (если такое наблюдается) — это ионизирующее излучение в следствии высокой степени эманации радиоактивных веществ из ограждающих конструкций зданий. Что наблюдалось в герметичных помещениях, особенно без системы вентиляции [1, 2, 4].

Таблица 1. Результаты исследования влияния фильтров различной степени очистки на концентрацию аэроионов

Тип фильтра	Материал фильтра	Размер частиц, μm	Толщина фильтра, мм	Измерения после фильтра		Процент улавливания	
				ионизатор IWS-12D1-AE			
				n^- , ион/см ³	n^+ , ион/см ³	n^- , %	n^+ , %
G2	Полиэстер	5	5	6239	621	89,4	95,7
G3			3	5794	496	90,1	96,5
G4			20	4372	310	92,5	97,8
H10	Стекловолокно	0,1–0,3	0,5	583	520	99,0	96,4
H12			0,5	261	295	99,6	97,9
F5	Стекловолокно	1–3	5	208	392	99,8	97,5
F6			5	198	375	99,7	97,5
F7			5	173	350	99,7	97,4
F8			5	146	347	99,6	97,3

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Источники и действие ионизирующей радиации : доклад Научного комитета ООН по действию атомной радиации за 1977 г. Т. 1. — Нью-Йорк, 1978, — 405 с.
- [2] **Крисюк, Э. М.** Радиационно-гигиеническая оценка строительных материалов / Э. М. Крисюк. — Л. : Ленинградское НИИ радиационной гигиены, 1976. — 17 с.
- [3] **Лившиц, М. Н.** Электрические явления в аэрозолях и их применение / М. Н. Лившиц, В. М. Моисеев. — Ленинград : Изд-во Энергия, 1965. — 224 с.
- [4] **Сотников, А. Г.** Проектирование и расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха : полный комплекс требований, исходных данных и расчетов информации для СО, СПВ, СКВ, СГВС и СХС. т. 1. / А. Г. Сотников. — СПб., 2013. — 423 с.

- [5] **Чижевский, А. Л.** Аэроионификация в народном хозяйстве / А. Л. Чижевский. — Издательство: ГОСПЛАНИЗДАТ, 1960. — 759 с.
- [6] **Шилкин, А. А.** Аэроионный режим в гражданских зданиях / А. А. Шилкин, Ю. Д. Губернский, А. М. Миронов. — М. : Стройиздат, 1988. — 168 с.

© В. Г. Марченко, А. Е. Лагутін, О. І. Липа, А. П. Пономаренко

Надійшла до редколегії 03.12.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. *Н. І. Радченко*