

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61L 9/18 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023100532, 12.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.01.2023Дата регистрации:
30.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.01.2023

(45) Опубликовано: 30.01.2024 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

603022, ГСП-20, г. Нижний Новгород, пр.
Гагарина, 23, ФГАОУ ВО ННГУ, отдел
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Минеев Кирилл Владимирович (RU),
Розенталь Роман Маркович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И.
Лобачевского" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2022051562 A1, 10.03.2022.Вдовина Н.В. // Механизм противодействия
био пленкообразованию микроорганизмов при
использовании микроволнового излучения
природного происхождения // Вестник
ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии,
управление, радиоэлектроника. 2015. N3. Hoff
B. W. et al. Apparatus for controlled microwave
exposure of aerosolized (см. прод.)

(54) Способ обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением и устройство для его осуществления

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к медицинской технике, а именно к устройству обеззараживания воздуха микроволновым излучением и способу обеззараживания воздуха микроволновым излучением. Устройство состоит из камеры взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, выполненной в виде прямоугольного металлического волновода, содержащего с одного торца клиновидный поглотитель микроволнового излучения, выполненный в виде согласованной нагрузки, с другого торца - возбуждающий штырь, являющийся продолжением центрального проводника коаксиальной линии и частью перехода от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу,

крестообразный направленный ответвитель. Устройство включает приточный воздуховод и вытяжной воздуховод, расположенные под углом к камере взаимодействия воздушного потока с широкополосным микроволновым излучением. Устройство имеет детекторно-измерительную секцию, содержащую интегрирующее устройство с цифровым измерителем уровня сигнала, устройство сбора данных и управления, к прямоугольному металлическому волноводу подключен генератор широкополосного микроволнового излучения, реализованный на базе микроволнового генератора белого гауссовского шума в частотном диапазоне 2÷12 ГГц и микроволнового усилителя с регулируемым коэффициентом усиления. Устройство выполнено

с возможностью подачи потока воздуха из приточного воздуховода посредством управляемого приточного вентилятора под углом к камере взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением через отверстие у возбуждающего штыря, прорезанное в широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, и вывода потока воздуха через отверстие у клиновидного поглотителя в противоположной широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, соединенное с вытяжным воздуховодом, содержащим цифровой анемометр и управляемый вытяжной вентилятор. Устройство сбора данных и управления выполнено с возможностью обрабатывания информации, получаемой с детекторно-измерительной секции и цифрового анемометра, установки спектральной плотности мощности потока электромагнитного излучения

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Bm}{m^2 \cdot Гц}$$

на выходе микроволнового усилителя путем подстройки коэффициента усиления и установки скорости продуваемого через камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением потока воздуха путем подстройки скорости вращения управляемых приточного и вытяжного вентиляторов. В торце прямоугольного металлического волновода со стороны возбуждающего штыря расположены клинья, продольные размеры которых в месте подсоединения коаксиальной линии выбраны из условия $l = 2 \div 3\lambda_B$, где λ_B - длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, а радиус отверстий металлических

сетчатых диффузоров не превышает

$$R_{ome} \leq \frac{\lambda_{B \min}}{20},$$

где $\lambda_{B \min}$ - минимальная длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, при этом

$$\lambda_{B \min} = \left(1 - \left(\frac{\lambda_{\min}}{2a} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}},$$

где $\lambda_{\min}$ - минимальная длина волны из частотного диапазона 2÷12 ГГц, a - размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода, при этом диаметры металлических сетчатых диффузоров соответствуют диаметрам приточного и вытяжного воздуховодов и не превышают размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода a . В способе подают поток воздуха с помощью управляемого приточного вентилятора через приточный воздуховод в камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, генерируют электромагнитное излучение в частотном диапазоне 2÷12 ГГц с помощью микроволнового генератора белого гауссовского шума. В способе контролируют спектральную плотность мощности потока электромагнитного излучения

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Bm}{m^2 \cdot Гц}$$

по уровню регистрируемой мощности с помощью детекторно-измерительной секции с бокового канала крестообразного направленного ответвителя. В способе выводят поток обеззараженного воздуха через вытяжной воздуховод с помощью управляемого вытяжного вентилятора. 2 н.п. ф-лы, 1 ил.

(56) (продолжение):

pathogens //Review of Scientific Instruments. - 2021. - Т. 92. - N. 1. Вдовина Н.В. // Аппаратно-программные средства снижения резистентных свойств условно-патогенных микроорганизмов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Санкт-Петербург- 2016. Лопатина О.А., Подчерняева Р.Я., Егоров В.В., Исаева Е.И., Бакланова О.В., Щетвин М.Н. Влияние слабых акустических колебаний на пролиферацию клеток, а также на репродукцию вирусов гриппа а и синтез цитокинов // Ветеринарная патология. 2010. N1 (32).

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

A61L 9/18 (2023.05)

(21)(22) Application: 2023100532, 12.01.2023

(24) Effective date for property rights:
12.01.2023Registration date:
30.01.2024

Priority:

(22) Date of filing: 12.01.2023

(45) Date of publication: 30.01.2024 Bull. № 4

Mail address:

603022, GSP-20, g. Nizhnij Novgorod, pr. Gagarina,
23, FGAOU VO NNGU, otdel intellektualnoj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Mineev Kirill Vladimirovich (RU),
Rozental Roman Markovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Natsionalnyi issledovatel'skii
Nizhegorodskii gosudarstvennyi universitet im.
N.I. Lobachevskogo» (RU)

(54) METHOD OF AIR DISINFECTION USING BROADBAND MICROWAVE RADIATION AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

(57) Abstract:

FIELD: medical equipment.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a device for air disinfection using microwave radiation and a method of air disinfection using microwave radiation. The device consists of a chamber for interaction of air flow with microwave radiation, made in the form of a rectangular metal waveguide, containing at one end a wedge-shaped absorber of microwave radiation, made in the form of a matched load, at the other end — an exciting pin, which is a continuation of the central conductor of the coaxial line and part of the transition from coaxial line to a rectangular metal waveguide, cross-shaped directional coupler. The device includes a supply air duct and an exhaust air duct located at an angle to the chamber for interaction of the air flow with broadband microwave radiation. The device has a detector-measuring section containing an integrating device with a digital signal level meter, a data collection and control device, a broadband microwave radiation generator is connected to a rectangular metal waveguide, implemented on the basis of a white Gaussian noise microwave generator in

frequency range 2÷12 GHz and microwave amplifier with adjustable gain. The device is configured to supply an air flow from the supply air duct by means of a controlled supply fan at an angle to the chamber of interaction of the air flow with microwave radiation through a hole at the exciting pin, cut in the wide wall of a rectangular metal waveguide containing a metal mesh diffuser, and to output the air flow through the hole at a wedge-shaped absorber in the opposite wide wall of a rectangular metal waveguide containing a metal mesh diffuser connected to an exhaust duct containing a digital anemometer and a controlled exhaust fan. The data collection and control device is designed to process information received from the detector-measuring section and digital anemometer, and set the power spectral density of the electromagnetic radiation flow

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{Hz}}$$

at the output of the microwave amplifier by adjusting the gain and setting the speed of the air flow

blown through the interaction chamber with microwave radiation by adjusting the rotation speed of the controlled supply and exhaust fans. At the end of the rectangular metal waveguide on the side of the exciting pin there are wedges, the longitudinal dimensions of which at the point of connection of the coaxial line are selected from the condition $l = 2 \div 3\lambda_B$, where λ_B is the length of the main wave in a rectangular metal waveguide, and the radius of the holes in metal mesh diffusers does not exceed

$$R_{\text{resp}} \leq \frac{\lambda_{B \min}}{20},$$

where $\lambda_{B \min}$ is the minimum length of the fundamental wave in a rectangular metal waveguide, while

$$\lambda_{B \min} = \left(1 - \left(\frac{\lambda_{\min}}{2a} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}},$$

where $\lambda_{\min}$ is the minimum wavelength from frequency range of 2÷12 GHz, a is the size of the wide

wall of the rectangular metal waveguide, while the diameters of the metal mesh diffusers correspond to the diameters of the supply and exhaust air ducts and do not exceed the size of the wide wall of the rectangular metal waveguide a . In the method, an air flow is supplied using a controlled supply fan through the supply air duct into the chamber for interaction of the air flow with microwave radiation, electromagnetic radiation is generated in the frequency range of 2÷12 GHz using a microwave white Gaussian noise generator. The method controls the spectral power density of the electromagnetic radiation flux

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{Hz}}$$

according to the level of recorded power using the detector-measuring section from the side channel of the cross-shaped directional coupler. In the method, a stream of disinfected air is discharged through an exhaust air duct using a controlled exhaust fan.

EFFECT: obtaining a method of air disinfection using broadband microwave radiation and a device for its implementation.

2 cl, 1 dwg

Изобретение относится к бытовой и медицинской технике, в частности к средствам стерилизации воздушных аэрозолей микроволновым электромагнитным излучением и может быть использовано для обеззараживания воздуха в помещениях различного назначения в присутствии людей и животных.

5 Электромагнитное излучение высоких частот (1 ГГц - 1 ТГц) оказывает тепловое воздействие на патогенные микроорганизмы, к которым относятся болезнетворные бактерии и вирусы. Равновесный электромагнитный нагрев при достаточной экспозиции в облучаемой зоне вызывает у микроорганизмов гипертермию, что приводит к
10 подавлению механизма их проникновения в живые клетки или к полному уничтожению [Ошурко В. Б. О механизме селективного биологического действия микроволнового и терагерцевое излучения. Наноструктуры. Математическая физика и моделирование, 2015, Т. 12, № 2, С. 65-76]. Известен нетепловой механизм деактивации патогенных микроорганизмов с характерными размерами 10-1000 нм (вирусы гриппа, коронавирусы и др.) с помощью акустических вибраций, вызываемых резонансным поглощением
15 микроволнового излучения на частотах 4-12 ГГц [Yang S.-C. et al. Efficient Structure Resonance Energy Transfer from Microwaves to Confined Acoustic Vibrations in Viruses. Sci. Rep. 5, 18030 (2015)]. Данный механизм в отличие от простого электромагнитного нагрева требует гораздо меньшей мощности облучения, но в большинстве случаев не может быть реализован при безопасных для человека напряженностях
20 электромагнитного поля.

Существуют способы и устройства для микроволновой стерилизации и пастеризации сельскохозяйственных культур и готовых продуктов питания [US 2016/0029685 A1 (Tang J., Liu F. Microwave Sterilization or Pasteurization), 2016-02-04; RU 2640288 C1 (Пахомов В. И. и др. Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием
25 СВЧ-энергии), 27.12.2017, Бюллетень №36], устройства для дезинфекции и стерилизации медицинского оборудования и эпидемиологически опасных отходов [RU 2480242 C1 (Ялда К. Д. и др. Система обеззараживания медицинских и биологических опасных и потенциально опасных отходов с помощью микроволнового излучения), 27.04.2013, Бюллетень № 12; US 005223231 A (Drake R.C. Apparatus for Sterilizing Medical Waste by
30 Microwave Autoclaving), 1991-12-06], использующие тепловой нагрев микроволновым излучением на дискретных частотах в диапазоне единиц и десятков ГГц. Указанные изобретения предназначены только для работы с твердыми и жидкими веществами и не позволяют производить стерилизацию аэрозолей внутри объема своих камер.

Известен способ воздействия на вирусы мощными электромагнитными импульсами
35 наносекундной длительности, основной спектр которых лежит в микроволновом диапазоне [Гуляев Ю. В. и др. Использование мощных электромагнитных импульсов для воздействия на бактерии и вирусы. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки, 2020, Т. 493, № 1, С. 15-17]. При воздействии электромагнитного импульса на среду с электрофизическими неоднородностями на границах раздела
40 возникают заряды, которые провоцируют сложные физические явления, приводящие к модификации среды. Благодаря наличию характерных нановыступов у патогенных микроорганизмов, напряженность поля вблизи таких выступов увеличивается, что приводит к их повреждению при более низких значениях напряженности внешнего поля. Данный способ является аналогом к указанному изобретению.

45 Существуют устройства, обеспечивающие облучение широкополосным микроволновым сигналом аэрозоля, содержащего патогенные микроорганизмы [Enderich D. A. et al. Nonlinear transmission line-driven apparatus for short-pulse microwave exposure of aerosolized pathogens. Rev. Sci. Instrum. 92, 064712 (2021); Hoff B. W. et al. Apparatus for

controlled microwave exposure of aerosolized pathogens. Rev. Sci. Instrum. 92, 014707 (2021)]. Данные устройства включают в себя генератор импульсного сигнала, камеру взаимодействия сверхвысокочастотного (СВЧ) поля с потоком аэрозоля, содержащим патогенные микроорганизмы, согласованную нагрузку для рассеивания электромагнитной энергии, направленные ответвители с детекторной секцией для регистрации мощности электромагнитного излучения. Их схемотехнические и принципиальные отличия заключаются в способе генерации микроволновых импульсов. В первом устройстве используется гиромагнитная нелинейная линия передачи, модулированная импульсами высокого напряжения (30 кВ), позволяющая осуществлять генерацию ультракоротких импульсов наносекундной длительности (2-3 нс) с эффективной шириной спектра, лежащей в диапазоне от 1 до 5 ГГц. Данное устройство является аналогом к указанному изобретению. Во втором устройстве используются импульсы микросекундной длительности с центральными частотами 2.8 ГГц, 4.0 ГГц, 5.6 ГГц и 7.5 ГГц. В качестве импульсного генератора СВЧ сигнала с достаточной мощностью в импульсе используется связка СВЧ генератора непрерывного сигнала, модулятора и широкополосного усилителя, реализованного на лампе бегущей волны. Рассмотренный способ облучения микроволновым сигналом продуваемого потока аэрозоля и устройство для его реализации приняты за прототип.

Перечисленные выше аналоги и прототип не могут обеспечить нетепловой механизм одновременного уничтожения различных штаммов патогенных микроорганизмов в аэрозоле на частотах 2-12 ГГц ввиду резкого спада мощности при отстройке от центральной частоты более чем на 1 ГГц.

Использование вместо генератора коротких СВЧ импульсов генератора непрерывного шумового сигнала с последующим усилением позволит реализовать необходимую экспозицию микроволновым электромагнитным излучением продуваемого потока воздуха во всей полосе частот акустических вибраций патогенных микроорганизмов, размеры которых не превышают 1 мкм.

Техническим результатом предложенного изобретения является возможность деактивации патогенных микроорганизмов, размеры которых лежат в пределах от 10 нм до 1000 нм, в потоке продуваемого воздуха с возможностью регулировки объема продуваемого воздуха при сохранении заданной эффективности.

Это достигается тем, что разработанное устройство обеззараживания воздуха микроволновым излучением, так же как и устройство-прототип состоит из камеры взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, выполненной в виде прямоугольного металлического волновода, содержащего с одного торца клиновидный поглотитель микроволнового излучения, выполненный в виде согласованной нагрузки, с другого торца - возбуждающий штырь, являющийся продолжением центрального проводника коаксиальной линии и частью перехода от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу, крестообразный направленный ответвитель. Новым является то, что устройство содержит приточный воздуховод и вытяжной воздуховод, расположенные под углом к камере взаимодействия воздушного потока с широкополосным микроволновым излучением, детекторно-измерительную секцию, содержащую интегрирующее устройство с цифровым измерителем уровня сигнала, устройство сбора данных и управления. К прямоугольному металлическому волноводу подключен генератор широкополосного микроволнового излучения, реализованный на базе микроволнового генератора белого гауссовского шума в частотном диапазоне 2÷12 ГГц и микроволнового усилителя с регулируемым коэффициентом усиления. Заявленное устройство выполнено с возможностью подачи

потока воздуха из приточного воздуховода посредством управляемого приточного вентилятора под углом к камере взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением через отверстие у возбуждающего штыря, прорезанное в широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, и вывода потока воздуха через отверстие у клиновидного поглотителя в противоположной широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, соединенное с вытяжным воздуховодом, содержащим цифровой анемометр и управляемый вытяжной вентилятор. При этом устройство сбора данных и управления выполнено с возможностью обрабатывания информации, получаемой с детекторно-измерительной секции и цифрового анемометра, установки спектральной плотности мощности потока электромагнитного излучения

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Вт}{м^2 \cdot Гц} \text{ на выходе микроволнового усилителя путем подстройки}$$

коэффициента усиления и установки скорости продуваемого через камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением потока воздуха путем подстройки скорости вращения управляемых приточного и вытяжного вентиляторов, при этом в торце прямоугольного металлического волновода со стороны возбуждающего штыря расположены клинья, продольные размеры которых в месте подсоединения коаксиальной линии выбраны из условия $l = 2 \div 3 \lambda_B$, где λ_B - длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе. А радиус отверстий металлических сетчатых диффузоров не превышает $R_{отв} \leq \frac{\lambda_{B \min}}{20}$, где $\lambda_{B \min}$ -

минимальная длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, при этом $\lambda_{B \min} = \left(1 - \left(\frac{\lambda_{\min}}{2a} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}}$, где $\lambda_{\min}$ - минимальная длина волны из частотного

диапазона $2 \div 12$ ГГц, a - размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода, при этом диаметры металлических сетчатых диффузоров соответствуют диаметрам приточного и вытяжного воздуховодов и не превышают размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода a .

Это достигается также тем, что в способе обеззараживания воздуха микроволновым излучением заявленным устройством подают поток воздуха с помощью управляемого приточного вентилятора через приточный воздуховод в камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, генерируют электромагнитное излучение в частотном диапазоне $2 \div 12$ ГГц с помощью микроволнового генератора белого гауссовского шума, при этом контролируют спектральную плотность мощности

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Вт}{м^2 \cdot Гц} \text{ по уровню регистрируемой}$$

мощности с помощью детекторно-измерительной секции с бокового канала крестообразного направленного ответвителя, выводят поток обеззараженного воздуха через вытяжной воздуховод с помощью управляемого вытяжного вентилятора.

Способ обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением и устройство для его осуществления поясняются следующим чертежом.

На фиг.1 представлена схема устройства для осуществления способа обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением.

Конструктивно устройство для осуществления способа обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением на фиг.1 содержит:

- 1 - микроволновый генератор белого гауссовского шума;
- 2 - микроволновый усилитель;
- 5 3 - прямоугольный металлический волновод;
- 4 - переход от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу;
- 5 - согласованная нагрузка;
- 6 - крестообразный направленный ответвитель;
- 7 - детекторно-измерительная секция;
- 10 8 - управляемый приточный вентилятор;
- 9 - приточный воздуховод;
- 10 - металлический сетчатый диффузор;
- 11 - цифровой анемометр;
- 12 -управляемый вытяжной вентилятор;
- 15 13 - вытяжной воздуховод;
- 14 - металлический сетчатый диффузор;
- 15 - устройство обработки и управления.

Устройство состоит из микроволнового генератора белого гауссовского шума 1, подключенного к входу микроволнового усилителя 2 с регулируемым коэффициентом

20 усиления. Выход микроволнового усилителя 2 подключен к прямоугольному металлическому волноводу 3 через переход от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу 4. Внутри прямоугольного металлического волновода 3 размещена согласованная нагрузка 5 клиновидной формы. Через отверстие связи прямоугольный металлический волновод 3 соединен с боковым каналом

25 крестообразного направленного ответвителя 6, который подключен к детекторно-измерительной секции 7. В состав устройства входят управляемый приточный вентилятор 8, расположенный в приточном воздуховоде 9, соединенном с прямоугольным металлическим волноводом 3 через металлический сетчатый диффузор 10, цифровой анемометр 11, управляемый вытяжной вентилятор 12, расположенные в вытяжном

30 воздуховоде 13, соединенном с прямоугольным металлическим волноводом 3 через металлический сетчатый диффузор 14. К устройству обработки и управления 15 подключены линии контроля частоты вращения управляемых приточного и вытяжного вентиляторов 8 и 12, линии передачи данных детекторно-измерительной секции 7 и цифрового анемометра 11, а также линия управления коэффициентом усиления

35 микроволнового усилителя 2.

Предлагаемый способ обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением с помощью предлагаемого устройства осуществляют следующим образом.

Поток воздуха, содержащий патогенные микроорганизмы, с помощью управляемого приточного вентилятора 8 через приточный воздуховод 9 подается в канал

40 прямоугольного металлического волновода 3 сечением 160×80 мм длиной от 50 см до 1 м, где взаимодействует с электромагнитным полем. Для снижения аэродинамического сопротивления приточный воздуховод 9 и вытяжной воздуховод 13 расположены под углом от 40 до 50° к широкой стенке прямоугольного металлического волновода 3, а приток и отток воздушного потока производится через сетчатые металлические

45 диффузоры 10 и 14, представляющие собой металлические перфорированные диафрагмы, радиус отверстий $R_{отв}$ которых рассчитывается из условия локализации электромагнитного поля внутри канала прямоугольного металлического волновода 3:

$$R_{ome} \leq \frac{\lambda_{B \min}}{20},$$

где $\lambda_{B \min}$ - минимальная длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, рассчитываемая по формуле:

$$\lambda_{B \min} = \left(1 - \left(\frac{\lambda_{\min}}{2a} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}},$$

где $\lambda_{\min}$ - минимальная длина волны из частотного диапазона 2÷12 ГГц,

a - размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода.

Диаметр сетчатых металлических диффузоров 10 и 14 соответствует диаметру приточного и вытяжного воздуховодов 9 и 13 и не превышает размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода $a = 160$ мм.

Микроволновое электромагнитное излучение в частотном диапазоне 2÷12 ГГц генерируется с помощью микроволнового генератора белого гауссовского шума 1, затем усиливается с помощью микроволнового усилителя 2 и подается на возбуждающий штырь перехода от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу 4, который, в свою очередь, возбуждает электромагнитные волны в прямоугольном металлическом волноводе 3 во всем диапазоне частот 2÷12 ГГц. Для обеспечения возбуждения электромагнитных волн во всем указанном диапазоне в конструкции перехода от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу в сечение прямоугольного металлического волновода помещаются клинья, продольные размеры которых в месте подсоединения коаксиальной линии выбираются из условия:

$$l = 2 \div 3 \lambda_B,$$

где λ_B - длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, а поперечные размеры клиньев подбираются так, чтобы отражения от соединения со стороны прямоугольного металлического волновода были минимальные.

Внутри прямоугольного металлического волновода 3 происходит поглощение части мощности электромагнитного излучения патогенными микроорганизмами с возбуждением в них ультразвуковых акустических вибраций за счет нетеплового взаимодействия с распространяющимися электромагнитными волнами. Мощность электромагнитного излучения устанавливают исходя из требования обеспечения среднего уровня спектральной плотности мощности потока электромагнитного излучения:

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Вт}{м^2 \cdot Гц},$$

и контролируют по уровню регистрируемой мощности, отведенной помощью крестообразного направленного ответвителя 6 в детекторно-измерительную секцию 7, содержащую интегрирующее устройство с цифровым измерителем уровня сигнала. Оставшаяся мощность электромагнитного излучения рассеивается в согласованной нагрузке 5. Согласованная нагрузка 5 выполняется клиновидной формы для снижения коэффициента отражения падающих на нее электромагнитных волн и повышения аэродинамических свойств воздушного канала внутри прямоугольного металлического волновода 3.

Обеззараженный воздух выводится через вытяжной воздуховод 13 с помощью управляемого вытяжного вентилятора 12. Для измерения скорости воздушного потока

в вытяжном воздуховоде 13 установлен цифровой анемометр 11, данные с которого поступают на устройство сбора данных и управления 15.

Для достижения заданной экспозиции микроволнового излучения патогенными микроорганизмами устройство сбора данных и управления 15 обрабатывает информацию, получаемую с детекторно-измерительной секции 7 и цифрового анемометра 11, путем подстройки коэффициента усиления устанавливает соответствующую мощность на выходе микроволнового усилителя 2 и подстройки скорости вращения управляемых приточного и вытяжного вентиляторов 8 и 12 устанавливает соответствующую скорость продуваемого через прямоугольный металлический

волновод 3 потока воздуха.

При указанной реализации заявленного способа обеззараживания воздуха широкополосным микроволновым излучением исключается негативное влияние электромагнитного поля на людей и животных ввиду его локализации только внутри объема прямоугольного металлического волновода.

(57) Формула изобретения

1. Устройство обеззараживания воздуха микроволновым излучением, состоящее из камеры взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, выполненной в виде прямоугольного металлического волновода, содержащего с одного торца клиновидный поглотитель микроволнового излучения, выполненный в виде согласованной нагрузки, с другого торца - возбуждающий штырь, являющийся продолжением центрального проводника коаксиальной линии и частью перехода от коаксиальной линии к прямоугольному металлическому волноводу, крестообразный направленный ответвитель, отличающееся тем, что содержит приточный воздуховод и вытяжной воздуховод, расположенные под углом к камере взаимодействия воздушного потока с широкополосным микроволновым излучением, детекторно-измерительную секцию, содержащую интегрирующее устройство с цифровым измерителем уровня сигнала, устройство сбора данных и управления, к прямоугольному металлическому волноводу подключен генератор широкополосного микроволнового излучения, реализованный на базе микроволнового генератора белого гауссовского шума в частотном диапазоне $2 \div 12$ ГГц и микроволнового усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, выполнено с возможностью подачи потока воздуха из приточного воздуховода посредством управляемого приточного вентилятора под углом к камере взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением через отверстие у возбуждающего штыря, прорезанное в широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, и вывода потока воздуха через отверстие у клиновидного поглотителя в противоположной широкой стенке прямоугольного металлического волновода, содержащее металлический сетчатый диффузор, соединенное с вытяжным воздуховодом, содержащим цифровой анемометр и управляемый вытяжной вентилятор, а устройство сбора данных и управления выполнено с возможностью обработки информации, получаемой с детекторно-измерительной секции и цифрового анемометра, установки спектральной плотности мощности потока электромагнитного излучения

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Bm}{m^2 \cdot Гц}$$

на выходе микроволнового усилителя путем подстройки коэффициента усиления и установки скорости продуваемого через камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением потока воздуха путем подстройки скорости вращения

управляемых приточного и вытяжного вентиляторов, при этом в торце прямоугольного металлического волновода со стороны возбуждающего штыря расположены клинья, продольные размеры которых в месте подсоединения коаксиальной линии выбраны из условия

$$l = 2 \div 3 \lambda_B,$$

где λ_B - длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, а радиус отверстий металлических сетчатых диффузоров не превышает

$$R_{отв} \leq \frac{\lambda_{B \min}}{20},$$

где $\lambda_{B \min}$ - минимальная длина основной волны в прямоугольном металлическом волноводе, при этом

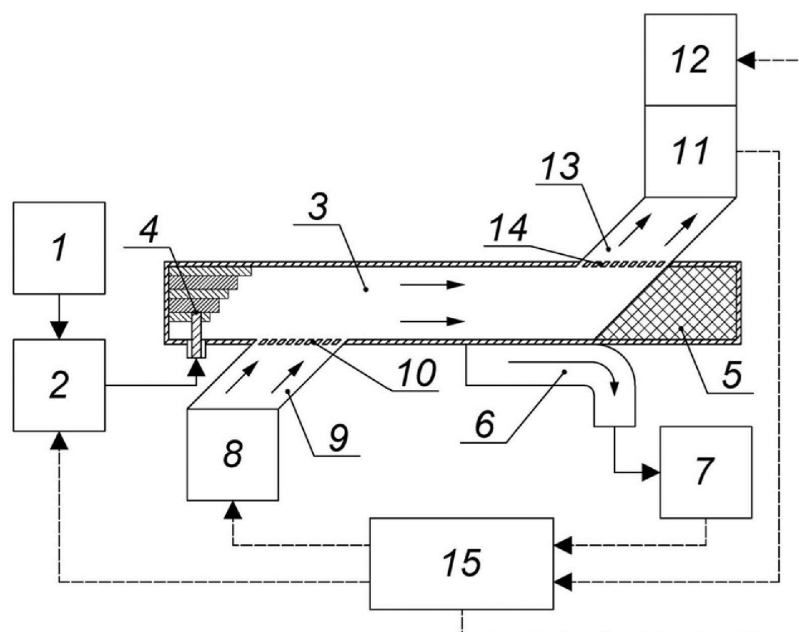
$$\lambda_{B \min} = \left(1 - \left(\frac{\lambda_{\min}}{2a} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}},$$

где $\lambda_{\min}$ - минимальная длина волны из частотного диапазона 2÷12 ГГц, a - размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода, при этом диаметры металлических сетчатых диффузоров соответствуют диаметрам приточного и вытяжного воздухопроводов и не превышают размер широкой стенки прямоугольного металлического волновода a .

2. Способ обеззараживания воздуха микроволновым излучением устройством по п.1, в котором подают поток воздуха с помощью управляемого приточного вентилятора через приточный воздухопровод в камеру взаимодействия воздушного потока с микроволновым излучением, генерируют электромагнитное излучение в частотном диапазоне 2÷12 ГГц с помощью микроволнового генератора белого гауссовского шума, при этом контролируют спектральную плотность мощности потока электромагнитного излучения

$$I(f) \geq 5 \cdot 10^{-7} \frac{Вт}{м^2 \cdot Гц}$$

по уровню регистрируемой мощности с помощью детекторно-измерительной секции с бокового канала крестообразного направленного ответвителя, выводят поток обеззараженного воздуха через вытяжной воздухопровод с помощью управляемого вытяжного вентилятора.



ФИГ. 1