

Г. А. *МУН¹, В. ЕВСТИФЕЕВ², С. Т. БАЙПАКБАЕВА³, И. Э. СУЛЕЙМЕНОВ⁴

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы,

²Алматинский университет энергетики и связи, Алматы,

³ТОО «QAZTEX Innovations» г. Алматы, Казахстан

⁴Национальная инженерная академия РК

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Предложен новый подход к разработке средств противодействия распространению вирусных инфекций, основанный на использовании сверхвысокочастотных электромагнитных полей. Подход обеспечивает очистку потока воздуха от любых поляризуемых примесей, в том числе вирусов, за счет возникновения ненулевой силы, действующей на поляризуемую частицу в неоднородном электрическом поле. Устройство, реализующее предложенный подход, может представлять собой, например, открытую фидерную систему, через которую прокачивается дезинфицируемый воздух, предназначенный для комплектации различных систем индивидуальной бактериологической защиты, основанной на принципе создания воздушной завесы. Преимуществом данного подхода является минимальное аэродинамическое сопротивление очистного контура, а также отсутствие необходимости использовать расходные материалы, сменные фильтры и т.д. Как показывают события начала 2020 г., ориентация на использование традиционных средств бактериологической защиты в условиях возникновения угрозы эпидемии/пандемии и сопутствующей паники приводит к существенным затруднениям в снабжении населения указанными средствами.

Ключевые слова: коронавирус COVID-19, бактериологическая защита, неоднородные электромагнитные поля, дезинфекция воздуха, СВЧ-излучение, информационная война.

Мақалада қысқа толқынды электромагниттік өрістерді қолдануға негізделген вирустық инфекциялардың таралуына қарсы тұру үшін жаңа тәсіл ұсынылады. Яғни бұл тәсіл біртектес емес электр өрісінде поляризацияланатын бөлшекке әсер ететін нөлдік емес күш пайда болуы арқылы байланысты ауа ағынын кез-келген поляризацияланатын қоспалардан тазартуды қамтамасыз етеді. Ұсынылған тәсілді жүзеге асыратын құрылғы, мысалы, ауа пердесін құру қаидасы негізінде әр түрлі бактериологиялық қорғаныс жүйелерін құруға арналған зарарсыздандырылған ауаны сораптын ашық фидер жүйесі болуы мүмкін. Бұл тәсілдің артықшылығы - өңдеу тізбегінің минималды аэродинамикалық сүйреуі, сонымен қатар шығын материалдарын, яғни ауыстырылатын сүзгілерді және т.б. қосалқы құралдардың қажетсізділігі. 2020 жылдың басындағы оқиғаларды қарастыратын болсақ, эпидемиялық / пандемиялық қауіппен байланысты дүрбелең жағдайда айтылып отырған бактериологиялық қорғаныс құралдарын халыққа қамтамасыздандыру қиындығы айтарлықтай деңгейде екені құпия емес.

Түйін сөздер: COVID-19 коронавирусы, бактериологиялық қорғаныс, біртекті емес электромагниттік өрістер, ауаны дезинфекциялау, микротолқынды радиация, ақпараттық соғыс.

A new approach to the development of means of counteracting the spread of viral infections, based on the use of microwave electromagnetic fields, is proposed. The approach provides the cleaning of the air flow from any polarizable impurities, including viruses, due to the occurrence of a non-zero force acting on the polarizable particle in an inhomogeneous electric field. A device that implements the proposed approach may, for example, be an open feeder system through which disinfectable air is pumped, designed to complete various individual bacteriological protection systems based on the principle of creating an air curtain. The advantage of this approach is the minimal aerodynamic drag of the treatment circuit, as well as the absence of the need to use consumables, replaceable filters, etc. As the events of the beginning

of 2020 show, the orientation towards the use of traditional bacteriological protection means in the face of an epidemic / pandemic threat and associated panic leads to significant difficulties in supplying the population with these funds.

Key words: COVID-19 coronavirus, bacteriological protection, inhomogeneous electromagnetic fields, air disinfection, microwave radiation, information war.

Создание средств защиты от вирусов мутагенного происхождения, в частности, от коронавируса COVID-19 представляет собой более чем актуальную задачу. Разумеется, нужно отдавать себе отчет в том, что касательно данного вопроса существуют самые различные мнения. Многие представители медицинского сообщества делают акцент на том, что от хорошо известных заболеваний (таких как грипп) умирает значительно больше людей, чем от вновь обнаруженных типов вируса.

В этом контексте часто вспоминают ситуацию, сложившуюся вокруг *Grippus avium* (птичий грипп) или *Swine influenza* (свиной грипп). Всё это, разумеется, так, но нужно понимать, что в современных условиях коронавирус одновременно становится и потенциально опасным с точки зрения эпидемиологической обстановки, и как элемент «информационного оружия». Далеко не случайно на совещании, состоявшемся 4 марта 2020 года, Президент Российской Федерации В.В. Путин сделал акцент на информационных вбросах, связанных с данной проблемой. Тем самым задача по созданию эффективных индивидуальных средств защиты становится важной не только с точки зрения обеспечения здоровья населения, но и с точки зрения информационной безопасности постсоветских государств.

Действительно, если население будет твердо уверено, что оно обладает средствами индивидуальной защиты, намного более эффективными нежели любые маски, то любые информационные атаки, связанные с проблемой COVID-19, будут куда менее эффективны. Нужно также отдавать себе отчет в том, что вне зависимости от конкретной медицинской статистики коронавирус COVID-19 уже оказал более чем заметное влияние на мировую экономику. Тем самым создание заведомо эффективных средств защиты одновременно имеет и санитарное, и социальное, и экономическое значение.

Подчеркнем, что существующие средства индивидуальной защиты от вирусных инфекций в основном представлены масками-респираторами различных конструкций. В патентной литературе имеются сведения о некоторых их усовершенствованиях [1], в частности, связанных с созданием воздушной завесы в промежутке между покрытиями маски [2].

Однако все эти средства являются недостаточно эффективными, в частности, потому, что подавляющее большинство масок известных видов фактически являются одноразовыми: при длительном ношении они теряют способность блокировать проникновение вирусов в организм и даже, наоборот, могут стать дополнительным источником опасности. Кроме того, при масштабном использовании такого рода средств индивидуальной защиты (особенно в условиях вспышки заболеваемости) неизбежен дефицит материалов и комплектующих. С этим столкнулись уже многие страны мира, включая и Казахстан. Положение осложняется тем, что значительная часть комплектующих для изготовления масок в Казахстане завозилась с территории КНР, введшей запрет на вывоз соответствующих изделий в связи с обострением эпидемиологической обстановки.

Таким образом, задача по созданию индивидуальных средств защиты, которые не требовали бы повышенного расхода материалов, действительно является актуальной. В данной работе рассматриваются новый физический принцип очистки и обеззараживания воздуха, основанный на использовании радиочастотного излучения СВЧ-диапазона.

Принцип основан на хорошо известном из физики явлении. А именно, на поляризуемую незаряженную частицу в неоднородном электрическом поле действует ненулевая сила. Это связано с тем, что в электрическом поле поляризуемая частица приобретает дипольный момент \vec{d}

$$\vec{d} = \alpha \vec{E} , \quad (1)$$

где \vec{E} – вектор напряженности электрического поля, α – коэффициент поляризуемой.

Любой вирус по физико-химической природе представляет собой нуклеопротеидные комплексы, включающий ограниченное число молекул нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и оболочку из молекул белка. Следовательно, для оценки величины коэффициента поляризуемой можно пользоваться данными, относящимся к сопоставимым по размерам и составу интерполимерным комплексам [3].

При помещении частицы с дипольным моментом \vec{d} в неоднородное электрическое поле на нее действует сила

$$\vec{F} = (\vec{E} \nabla) \vec{d} = \alpha (\vec{E} \nabla) \vec{E} = \frac{\alpha}{2} \nabla E^2 , \quad (2)$$

Формула (2) показывает, что поляризуемые частицы будут концентрироваться в тех областях пространства, где градиент мощности будет равен нулю. Разумеется, формулы (1) и (2) записаны без учета магнитной составляющей поля, но данное уточнение не является существенным с точки зрения обсуждения базовых принципов предлагаемого подхода.

Следовательно, если тем или иным способом создавать неоднородное электрическое поле с тем, чтобы оно собирало в определенной точке пространства поляризуемые примеси, содержащиеся в воздухе, а далее обеспечивать перемещение этой точки сбора в пространстве то, можно обеспечить очистку в соответствии со схемой, показанное на рисунке 1.

На данном рисунке показан простейший вариант СВЧ-очистителя. Его схема включает в себя волновод (1), источник СВЧ-излучения (2), входной (3) и выходные патрубки (4) и (5). На данной схеме также отмечены области (6), в которых концентрируются поляризуемые частицы под воздействием неоднородного электромагнитного поля. Предполагается, что эти зоны движутся вдоль оси волновода в соответствии с циклическим законом.

Реализация такой конструкции обладает следующими преимуществами. Во-первых, в отличие от типовых фильтров эта система обладает очень низким аэродинамическим сопротивлением. Фактически речь идет о том, что исходный поток воздуха, входящий через патрубок 3, разделяется на два: один – выходящий через срез (5), обогащен по реализуемым примесям, а второй – выходит через патрубок 4 и является

очищенным. Очевидно, что в этом случае отпадает необходимость в использовании каких бы то ни было расходных материалов, то есть устраняется главный недостаток, присущий воздухоочистным системам любых типов.

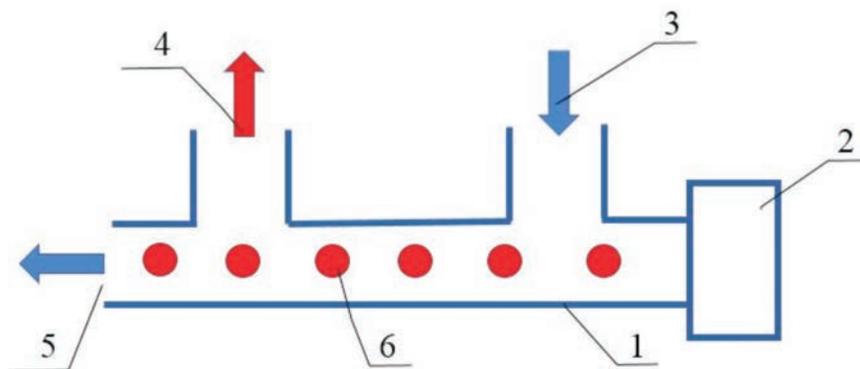


Рисунок 1 – Функциональная схема СВЧ-дезинфектора (очистителя)

Движение зон, в которых происходит фокусировка примесей осуществляется по следующему механизму. Будем рассматривать плоский волновод, в который направляется плоская волна под некоторым углом. Данную задачу можно решать различными способами, в том числе в терминах спектра пространственных частот (СПЧ), [4].

В этих терминах поле, развивающееся внутри плоского резонатора, может рассматриваться как результат многократных отражений от стенок. Рассматривая идеализированный случай, т.е. не принимая во внимание наличие отверстий в используемом фидере и заменяя его бесконечно плоским волноводом, можно записать

$$u(x, y) = u_0(1 + r_1 e^{i\Delta_1} + r_1 r_2 e^{i(\Delta_1 + \Delta_2)} + r_1^2 r_2 e^{i(2\Delta_1 + \Delta_2)} + \dots), \quad (3)$$

где $u(x, y) = A_0 \exp(ik_x x + ik_y y)$ – исходное распределение поля в плоскости симметрии волновода, т.е. то поле, которое создавалось бы источником излучения в отсутствие стенок, k_x, k_y – компоненты волнового вектора, r_1 и r_2 – коэффициенты отражения от стенок (1) и (2), соответственно, Δ_1 – набег фазы, который приобретает плоская волна, исходящая от плоскости симметрии, пройдя путь до стенки (1) и обратно (с учетом скачка фазы при отражении), Δ_2 – аналогичный набег фазы, отвечающий отражению от стенки (2).

Формула (3) записана в скалярном приближении, что вполне допустимо, поскольку приведенные вычисления носят иллюстративный характер и, кроме того, в формуле (2) фигурирует квадрат амплитуды поля.

По виду выражение (3) полностью аналогично геометрической прогрессии, которая возникает в оптике при описании идеального интерферометра Фабри-Перо и приводит к формуле Эйри [5]. Отличие состоит в том, что в данном случае рассматривается поле, формируемое внутри волновода (а не поле излучения, вышедшего из системы). В частности, это означает, что ряд (3) отвечает сумме полей, который в оптике при анализе работы интерферометра Фабри-Перо традиционно относят к

прошедшему и отраженному излучению. Прогрессия (3) допускает непосредственное суммирование, в результате которого появляются двое слагаемых, отвечающих указанным компонентам.

Отметим, что при решении рассматриваемой задачи, вообще говоря, следует рассматривать поле, обладающее произвольным СПЧ, что позволяет решить задачу от оптимизации предлагаемого метода захвата поляризованных частиц неоднородными полями-ловушками. Для иллюстрации идеи подхода, однако, достаточно рассмотреть поведение только одной из указанных выше компонент, отвечающих одному из слагаемых, появляющихся при суммировании ряда (3). Очевидно, что с точностью до множителя, пропорционального коэффициенту пропускания стенки, данная компонента отвечает классической формуле Эйри.

$$E^2(x, y) \sim \frac{1}{1 - R^2 - 4R \sin^2(\Delta_1 + \Delta_2)}, \quad (4)$$

Данная функция обладает резкими максимумами при $\Delta_1 + \Delta_2 = 2\pi m$, где m – целое число. Это отвечает формированию периодических структур при многолучевой интерференции (интерференционные кольца). Тем самым, даже предельно упрощенное рассмотрение позволяет показать, что в резонаторах с отражающими стенками можно реализовать существенно неоднородные поля с управляемой неоднородностью.

Столь значительные неоднородности (достигаемые, как это вытекает из формулы (4) при коэффициенте отражения близком к единице) позволяют реализовать очиститель/дезинфектор по схеме рис. 1. В данном случае неоднородное поле формирует «ловушку», которая захватывает поляризуемую частицу, в том числе вирус. «Движение» ловушки вдоль оси системы (реально обеспечиваемое изменением конфигурации поля внутри резонатора) позволят разделить исходный поток воздуха на два – полностью очищенный от поляризуемых частиц и используемый для дыхания и поток, сбрасываемый обратно в окружающую среду. Очевидно, что такая конструкция дезинфектора вовсе не требует расходных материалов, кроме того, его конструкция настолько проста, что он действительно может быть использован в индивидуальных средствах защиты, основанных на снабжении потребителя потоком дезинфицированного воздуха, причем с питанием от аккумулятора. Оценки, сделанные на основании данных по поляризуемости полимеров, близким по характеристикам к полинуклеотидам, показывают, что мощность генератора, необходимая для работы систем индивидуальной защиты рассматриваемого типа, может быть уложена в диапазон до 30 Вт.

Заключение. Таким образом, использование резонаторов, в которых имеют место эффекты многолучевой интерференции, позволяет реализовать резко неоднородные электромагнитные поля, в которых может иметь место эффект захвата поляризованных частиц полями-ловушками. Такие поля, в свою очередь, могут быть положены в основу новых систем очистки и дезинфекции воздуха, в т.ч. индивидуального назначения, преимуществом которых является отказ от использования расходных материалов, засоряющихся фильтров и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1 Патент РФ 2016106590, 21.08.2014 Фильтрующая лицевая респираторная маска с элементом жесткости, составляющим единое целое с фильтрующим конструктивным элементом // Патент России № 2635036. 2017. Бюл. № 31. / Даффи Дин.Р.

2 Патент РФ 2007140923/12, 05.04.2006 Портативная воздухоочистительная система, использующая фильтры, закрытые кожухом // Патент России № 2 372 120. 2009. Бюл. № 31. / Файфер Дж. А., Парсон У. Ю., Морган Дж. У. III, Уилльямс Р.Д.

3 Ергожин, Е. Е., Зезин, А. Б., Сулейменов И. Э., Мун Г.А. (Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике. Библиотека нанотехнологии. Алматы – Москва: ЛЕМ, (1), 2008. – 216с.

4 Suleimenov, I. E., Kuranov, A. L. Multibeam interference in systems with ideal translational invariance // Optics and Spectroscopy. – 1997. – № 82. – P. 445-450.

5 Жиглинский, А. Г., Кучинский В. В. Реальный интерферометр Фабри-Перо. – Ленинград: Машиностроение, 1983. – 176 с.