

А.В. ШАЙБАДУЛЛИНА (arina\_pislegina@mail.ru), магистр,  
Г.И. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук, В.С. БУРДИН, бакалавр,  
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова  
A.V. SHAIBADULLINA, master, G.I. YAKOVLEV, Doctor of Technical Sciences,  
V.S. BURDIN, bachelor, Izhevsk State Technical University after M.T. Kalashnikov

## **Отделочная фасадная композиция, модифицированная углеродными нанотрубками, для защиты от электромагнитных полей**

## **Research of the electromagnetic absorption of finish facade composition modified with carbon nanotubes**

В настоящее время активное использование электромагнитных полей, связанное с развитием радиосвязи, телевидения, мобильной связи, радиолокации, приводит к появлению дополнительного электромагнитного фона. Сложная электромагнитная обстановка складывается в крупных городах, где источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона являются радиочастотные центры связи, вещания, телевидения, радиолокационные станции, средства сухопутной подвижной радиосвязи и другие источники [1].

Основным методом защиты человека от электромагнитного излучения является экранирование. Экранирование также является основным методом защиты в различных областях техники [2].

При разработке конструкций экранов, поглощающих электромагнитные волны (ЭМВ), используются различные материалы, обладающие способностью отражать или поглощать электромагнитные излучения (ЭМИ) в определенном диапазоне частот. Следует отметить, что в природе не существует ни идеально отражающих, ни идеально поглощающих электромагнитную энергию материалов, поэтому подавление ЭМИ чаще всего обеспечивается за счет обоих процессов.

Одним из актуальных направлений является создание отделочных составов на основе силикатной матрицы, модифицированной углеродными наносистемами.

Для приготовления отделочных составов использовали в качестве связующего жидкое натриевое стекло (модуль 2,7–2,9; средняя плотность 1,45 г/см<sup>3</sup>). Учитывая его недостатки как связующего, в состав композиций вводили в качестве отвердителя белый портландцемент, способный нивелировать эти недостатки. Для предотвращения мгновенного твердения системы вводили замедлитель, который способен временно нейтрализовать действие портландцемента за счет образования труднорастворимой пленки на поверхности его частиц. Для улучшения физико-технических характеристик силикатного покрытия и одновременно для повышения плотности структуры использовали тонкомо-

Nowadays, the active use of electromagnetic fields connected with the development of radio, television, mobile communication, and radiolocation leads to creating an additional electromagnetic background. Complex electromagnetic environment is formed in large cities, where the sources of electromagnetic fields (EMF) of radio frequency band are radio centers of communication, broadcasting, television, radar stations, means of land mobile radio and other sources [1].

The main method of human protection from electromagnetic radiation is shielding. Shielding is also the main method of protection in various fields of technology [2].

In the design of shields absorbing electromagnetic waves (EMW) various materials are used that have the ability to reflect or absorb electromagnetic radiation (EMR) in a certain range of frequencies. It should be noted that naturally there are no materials perfectly reflecting or perfectly absorbing electromagnetic energy, so EMR suppression is often achieved due to both processes.

One of the important trends is creating finishing compositions based on silicate matrix modified with carbon nanosystems.

While preparing the finishing compositions liquid sodium glass was used as a binder (module 2.7–2.9, average density of 1.45 g/cm<sup>3</sup>). Its disadvantages as a binder being taken into consideration, and white Portland cement was added in the composition as a hardener which can neutralize these disadvantages. To prevent instant curing of the system an inhibitor was added which can temporarily neutralize the effect of Portland cement by forming hardly soluble film on the surface of its particles. To improve the physical and technical characteristics of the silicate coating and at the same time to increase the density of the structure limestone powder with the particles of a diameter of 45 microns was used. Multi-walled carbon nanostructures (carbon nanotubes) Graphistrength™ by Arkema company, France were used for the structure forming of the finishing silicate composition and the shielding effect.

The shielding properties of the composition were examined with the measuring equipment with a generator of ultra-

лотый известняк с диаметром частиц 45 мкм. Для структурообразования отделочной силикатной композиции и создания экранирующего эффекта использовали многослойные углеродные наноструктуры (УНТ) Graphistrength™ фирмы Arkema, Франция.

Экранирующие свойства композиции исследовали с помощью измерительной установки с генератором излучения сверхвысокой частоты (СВЧ) на частоте 1 ГГц. Для проведения эксперимента была выбрана зигзагообразная антенна.

В экспериментах использовали метод прошедшего радиоволнового излучения, основанный на регистрации параметров прошедшей волны. Объект контроля и генерирующая антенна располагались неподвижно. Детекторная антенна перемещалась на определенном расстоянии от контролируемого объекта. Таким образом, снималась зависимость детектируемого напряжения от расстояния до контролируемого объекта. По значению напряжений детектора по тарировочным данным строили зависимость напряженности электромагнитного поля от расстояния до контролируемого объекта.

В силикатной краске, модифицированной многослойными углеродными нанотрубками, определяли зависимость эффективной поглощающей способности от концентрации УНТ. В серии образцов распределение УНТ в объеме было равномерным, а ориентация их случайной. Такие образцы можно считать однородными и изотропными при измерениях в сантиметровом диапазоне длин волн. Концентрация УНТ в образцах варьировалась от 0 до 3 мас. % [3].

Удельное сопротивление силикатного покрытия, модифицированного УНТ, уменьшается возрастанием концентрации углеродных нанотрубок (рис. 1). Как видно из рис. 1, при уменьшении удельного сопротивления силикатного покрытия следует ожидать уменьшение отражающей способности покрытия для электромагнитного излучения, что позволит создать экранирующий эффект при нанесении покрытия на защищаемую поверхность.

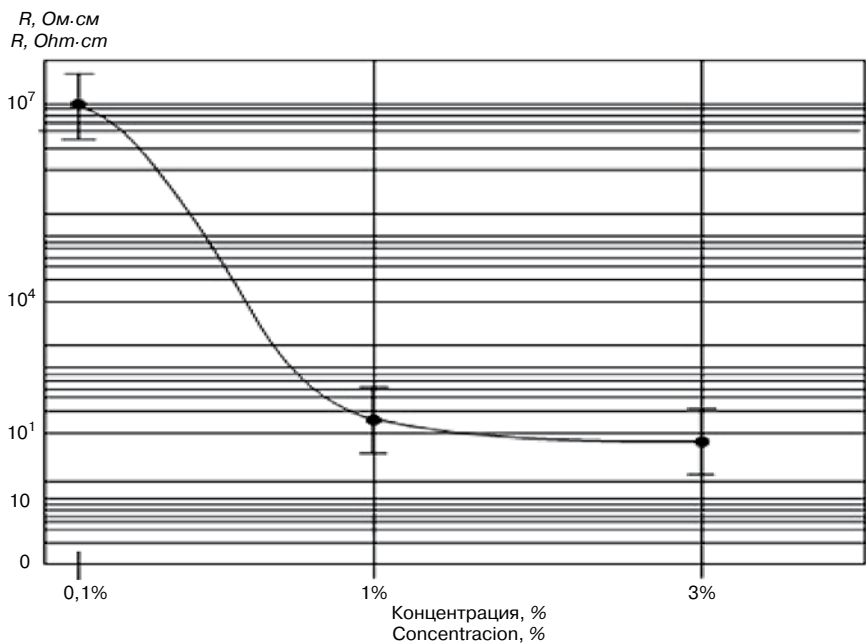


Рис. 1. Зависимость сопротивления от концентрации нанотрубок в составе покрытия  
 Fig. 1. Dependence of resistivity on carbon nanotubes concentration in the coating composition

high frequency radiation (UHF) at a frequency of 1 GHz. A zigzag antenna was selected for the experiment.

The method of the transmitted radio wave radiation based on registering the parameters of the transmitted wave was applied in the experiments. The tested object and the generating antenna were fixed. The detector antenna was moving over a certain distance from the tested object. Thus, the dependence of the detected voltage on the distance over the tested object was read. Basing on the values of the detector and calibration data, the intensity dependence of the electromagnetic field on the distance over the tested object was constructed.

In the silicate paint modified with multi-walled carbon nanotubes the dependence of the effective absorption capacity on the concentration of CNTs was determined. In a series of samples the CNTs distribution in the volume was uniform, and their orientation was random. Such samples can be considered as homogeneous and isotropic, being measured at the centimeter range of wavelengths. The CNT concentration in the samples ranged from 0 to 3% from the mass [3].

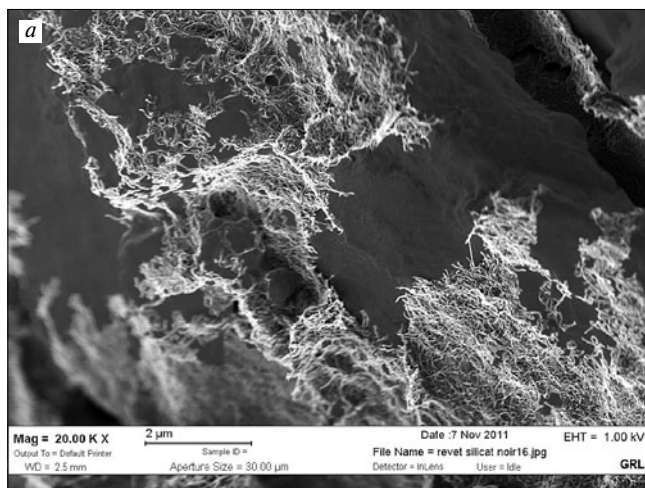


Рис. 2. Микроструктура скола модифицированного силикатного покрытия (а);

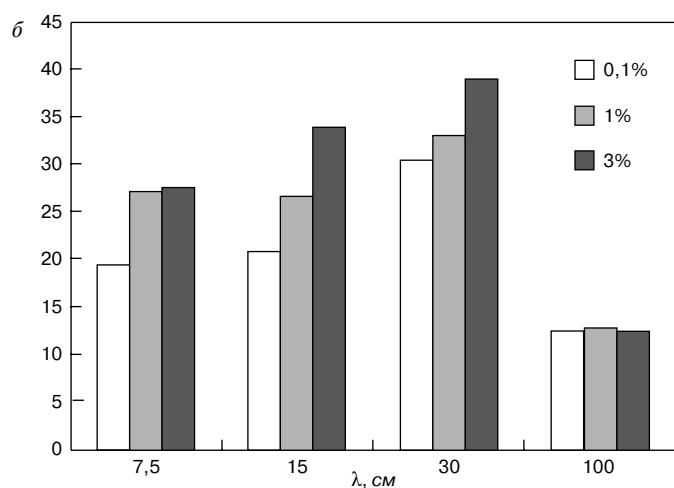


Fig. 2. Microstructure of spall of the modified silicate coating (a), dependence of electromagnetic radiation absorption on the content of carbon nanotubes (b)

Поглощение электромагнитного излучения подтверждается структурой модифицированного силикатного покрытия. Проведенные физико-химические исследования с использованием ИК-спектрального анализа, ДТА [4] и растровой электронной микроскопии показали существенное изменение структуры и состава композиции при модификации ее углеродными нанотрубками (рис. 2, а).

Экранирующие свойства УНТ обеспечиваются их хорошей проводимостью. Модификация силикатного покрытия дисперсией углеродных нанотрубок приводит к поглощению электромагнитного излучения до 38% [5]. Эффективная поглощающая способность увеличивается с ростом концентрации проводящего нанодисперсного наполнителя (рис. 2, б).

Результаты исследований могут быть использованы при создании высокоэффективных слабоотражающих радиопоглощающих покрытий, снижающих общий уровень электромагнитного излучения.

Введение в силикатную композицию нанодисперсных структур типа углеродных многослойных нанотрубок позволяет стимулировать структурообразование композиций и улучшать ее физико-технические свойства. Физико-химические исследования структуры модифицированного силикатного покрытия показали возможность регулирования морфологии кристаллогидратных фаз и увеличения контактной поверхности между ними за счет формирования структуры повышенной прочности и водостойкости.

Добавление в состав композиционного материала углеродных наносистем одновременно приводит к росту значений поглощения с повышением количества вводимых нанотрубок. Введение в состав композиционного материала углеродных нанотрубок приводит к увеличению значения поглощения на 31% при добавке УНТ в виде суспензий в количестве 0,1% массы и на 38% при добавке УНТ в виде суспензий в количестве 3 мас. %.

**Ключевые слова:** многослойные углеродные нанотрубки, жидкое стекло, портландцемент, модифицирование, экранирование, электромагнитное излучение.

#### Список литературы

1. Козловский В.В., Софиенко И.И. Экранирующие свойства современных материалов // Вісник ДУІКТ. 2009. № 7 (3). С. 233–245.
2. Барсуков В.С. Персональная энергозащита. Средства защиты от вредных излучений и не только. М.: Амрита-Русь, 2004. 325 с.
3. Бурдин В.С., Шайбадуллина А.В., Яковлев Г.И. Отделочная фасадная композиция с эффектом поглощения электромагнитных волн // Строительная наука и производство глазами молодых: Материалы научно-технической конференции молодых ученых инженерно-строительного факультета. Ижевск, 21–22 февраля 2012. Ижевск, 2012. С. 301–305.
4. Пислегина А.В., Яковлев Г.И., Пустовгар А.П., Мостафа К. Модифицированное фасадное покрытие на основе жидкого стекла: Сб. трудов II междунар. конф. «Нанотехнологии для экологичного и долговечного строительства»: Каир, Египет, 14–17 марта 2010. Ижевск, 2010. С. 39–45.
5. Shaybadullina A.V., Yakovlev G.I., Fisher H.-B., Buryanov A.F. The role of carbon nanotubes in formation of silicate surface microstructure: Proceed. of the III International conf. «Nanotechnology for eco-friendly and durable construction», Cairo, 2011.

The specific resistance of the silicate coating modified with CNTs decreases with the increase of carbon nanotubes concentration (Fig. 1). As Fig. 1 shows, a decrease in the specific resistance of the silicate coating should be expected to be accompanied with a decrease of the reflectivity of the coating for the electromagnetic radiation which will create a shielding effect while applying the coating on the protected surface.

The absorption of electromagnetic radiation is confirmed with the structure of the modified silicate coating. The conducted physical and chemical studies using infrared spectral analysis, differential thermal analysis [4] and scanning electron microscopy have showed a significant change in the structure of the composition modified with carbon nanotubes (Fig. 2, a).

The shielding properties of CNTs are due to their good conductivity. Modification of the silicate coating with carbon nanotubes dispersion leads to the absorption of electromagnetic radiation up to 38% [5]. The effective absorption capacity increases with the concentration of the conducting nanosized filler (Fig. 2, b).

The research results can be used to create high-efficient low-reflective radio absorbing coatings that reduce the overall level of the electromagnetic radiation.

Adding nanosized structures like carbon multi-walled nanotubes to the silicate composition can induce composition structure forming and improve its physical and technical properties. Physical and chemical studies of the structure of the modified silicate coating have shown the possibility of regulating the morphology of crystalline hydrate phases and increase of the contact area between them due to forming the structure of the increased strength and water resistance.

Adding carbon nanosystems to the composite material increases the absorbance values with an increase of the amount of added nanotubes. Adding carbon nanotubes to the composite material increases the absorption value by 31% with the addition of CNTs in the form of a suspension in the amount of 0,1% from the weight and 38% with the addition of CNTs in the form of a suspension in the amount of 3% from the weight.

**Keywords:** multi-walled carbon nanotubes, liquid glass, Portland cement, modifying, shielding, electromagnetic radiation.

#### Reference

1. V.V. Kozlovskiy, I.I. Sofienko. Shielding properties of modern materials. // Visnik of DUIKT. 2009. № 7 (3). Pp. 233–245.
2. V.S. Barsukov. Individual power protection. Means of protection from harmful radiation and not only. M.: Amrita-Rus, 2004. 325 p.
3. V.S. Burdin, A.V. Shaibadullina, G.I. Yakovlev. Finishing façade composition with the effect of absorbing electromagnetic waves. // “Construction science and manufacture seen by youth”: Proceedings of scientific and technical conference of young scientists of Construction Engineering faculty, Izhevsk, February 21–22, 2012. — Izhevsk: ISTU publishing house, 2012. Pp. 301–305.
4. A.V. Pislegina, G.I. Yakovlev, A.P. Pustovgar, K. Mustafa. Modified façade coating based on liquid glass // Proceeding of II International conference “Nanotechnology for eco-friendly and durable construction”: Cairo, Egypt, March 14–17 2010. — Izhevsk: ISTU publishing house, 2010. Pp. 39–45.
5. Shaybadullina A.V., Yakovlev G.I., Fisher H.-B., Buryanov A.F. The role of carbon nanotubes in formation of silicate surface microstructure // Proceedings of III International conference “Nanotechnology for eco-friendly and durable construction”, Cairo, 2011.