

Гузеева О.Н., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ФОРМ УГЛЕРОДА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СУХИХ НАПОЛЬНЫХ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СМЕСЕЙ

ox.guzeeva@yandex.ru

Исследованы процессы электрической перколяции углеродсодержащих дисперсий в резистивных материалах на основе токопроводящих сухих строительных смесей и изучены способы рационального подбора их составов. Установлен концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый наполнитель – углеродсодержащий компонент», составляющий при использовании графита, шунгита, антрацита 0,15; 0,23; 0,30 соответственно. Доказано, что применение поверхностно-активных веществ в составе токопроводящих смесей способствует увеличению удельной электрической проводимости, однако порог электрической перколяции не изменяется. Рассмотрена возможность применения метода полусухого прессования при формировании резистивных композитов из строительных смесей. Установлен характер влияния содержания жидкостной фазы на электротехнические свойства материалов. Предложена технология применения токопроводящих смесей для низкотемпературных электрических систем напольного обогрева, отличающихся высоким уровнем электро- и пожарной безопасности.

Ключевые слова: электрическая перколяция, сухие смеси, углерод, поверхностно-активные вещества, напольное отопление.

Введение. Перспективной областью коммерческого использования резистивных композитов на основе переходных форм углерода являются низкотемпературные технологии систем напольного отопления, применение которых позволяет достичь экономию тепловой энергии в жилых зданиях на 20–30 %, а в помещениях с высокими потолками на 50 % и выше [1, 2]. Электротеплоснабжение по сравнению с традиционными энергоносителями обладает следующими преимуществами [3–7]: высокий КПД; конструктивная компактность нагревательной системы; высокий уровень индустриализации строительно-монтажных работ; возможность адаптивного регулирования теплоотдачи и графика электрических нагрузок установок индивидуального отопления в соответствии с фактической потребностью; пожаробезопасность, экологичность, эстетичность, бесшумность и гигиеничность условий отопления.

Наличие геометрических размеров и конечной формы выпускаемых электропроводящих композитов ограничивает спектр применения изделий и систем на их основе, усложняет технологию производства. Решением данной проблемы является разработка сухих токопроводящих смесей, внедрение которых позволит снизить капитальные затраты на проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию традиционных систем теплоснабжения.

Целью работы является получение сухих токопроводящих смесей и исследование влияния химической основы вводимых поверхност-

но-активных веществ на электрическую перколяцию резистивных композитов.

Методы исследований. При выполнении поставленных в работе задач использовались теоретические и экспериментальные методы. Методологической основой исследования послужили фундаментальные положения строительного материаловедения в области резистивных композиционных материалов с учетом современных тенденций электрофизики и механохимии. При проведении экспериментальной части работы использовали как стандартные методики, изложенные в нормативных документах, так и новейшие модели и высокоточное оборудование. Расчетно-экспериментальные исследования проводились на лабораторных образцах резистивных материалов на основе разработанных составов. Измерение электрической проводимости углеродсодержащих дисперсий проводили с помощью моста переменного тока при частоте 1000 Гц. Для исследования эксплуатационных характеристик токопроводящих смесей использовались методы рентгенофазового анализа, лазерной дифракции, электронной микроскопии и реометрии.

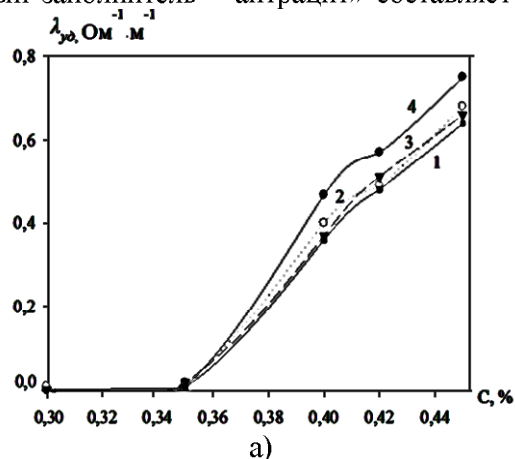
Основная часть. Цементно-песчаные смеси модифицировали углеродсодержащими компонентами, применение которых позволяет изменить характер электрической проводимости с ионного на электронный. В качестве токопроводящей фазы в работе использовали переходные формы углерода, характеристика которых представлена в табл. 1.

Характеристика углеродсодержащих материалов

Наименование сырья	Характеристики материалов		
	Содержание углерода, не менее %	Месторождение	Соответствие сырья нормативным требованиям
Графит	90	Завальевское	ГОСТ 17022–81 «Графит. Типы, марки и общие технические требования»
Шунгит	90	Забогинское	ТУ 2169-001-57753937-2002 «Порошок шунгитовый. Технические условия»
Антрацит	95	Ровеньковское	ГОСТ Р 51591–2000 «Угли бурые, каменные и антрацит. Общие технические требования»

Токопроводящую смесь затворяли водой при оптимальном водоцементном отношении, для обеспечения нормальной густоты цементного теста, формовали опытные образцы-кубы с размером 2×2 см. После выдержки образцов в течение месяца определяли их основные электрические характеристики. Установили, что концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – графит» составляет 0,15 мас., при достижении которого в структуре композита происходит протекание электрического тока. При увеличении массовой доли графита в композиционном материале от 0,1 до 0,40 удельная электропроводность $\lambda_{уд}$ увеличивается с 0,04 до $14,7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ (рис. 1). Низкая удельная электрическая проводимость композитов при недостаточных массовых концентрациях дисперсий графита (менее 0,15 мас.) объясняется возникновением диэлектрических оболочек на углеродных частицах [8–10], которые служат барьером для переноса носителей заряда, т.е. электрической перколяции не наблюдается.

Концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – антрацит» составляет



0,30 мас., «цементный камень – кварцевый заполнитель – шунгит» – 0,23 мас. (рис. 2).

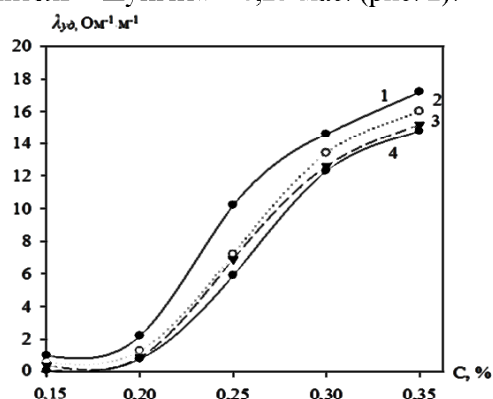


Рис. 1. Концентрационная зависимость удельной электрической проводимости графита в системе гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – графит» с добавкой 0,05 % (мас.) пластификаторов: 1 – Melflux 2651 F; 2 – Реламикс М2; 3 – ПФМ-НКЛ; 4 – без добавок

Таким образом, рациональным углеродсодержащим компонентом является графит, использование которого в сухих строительных смесях позволяет снизить массовое содержание токопроводящей фазы по сравнению с антрацитом и шунгитом.

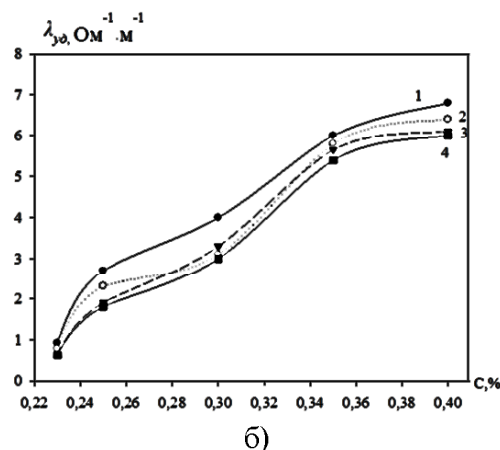


Рис. 2. Концентрационная зависимость удельной электрической проводимости дисперсий углеродсодержащих веществ в композитах гидратационного типа твердения для: а) антрацита; б) шунгита; с добавкой 0,05 мас. пластификаторов: 1 – Melflux 2651 F; 2 – Реламикс М2; 3 – ПФМ-НКЛ; 4 – без добавок

При введении в состав смесей поверхностно-активных веществ происходит повышение удельной электрической проводимости дисперсий углеродсодержащих компонентов при неизменном пороге электрической перколяции. Полученные результаты (рис. 1; 2) позволяют сделать вывод, что рациональной пластифицирующей добавкой является Melflux 2651 F.

С целью установления влияния содержания дисперсионной фазы на электрические характеристики цементно-песчаных резистивных композитов произвели формование образцов-цилиндров методом полусухого прессования при давлении 5 МПа. Установили, что снижение содержания жидкостной фазы до 5 % позволяет снизить концентрационный порог графита по сравнению с композитами гидратационного типа твердения до 0,06 мас.

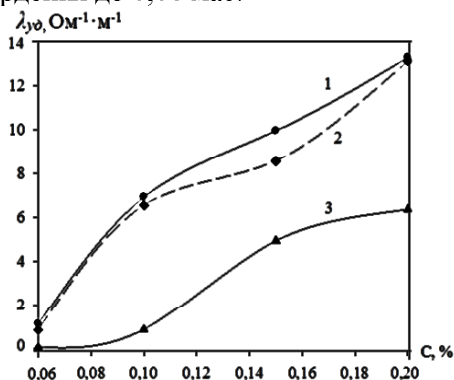


Рис. 4. Зависимость удельной электрической проводимости дисперсий графита в модельных системах полусухого прессования: 1 – «цементный камень – графит»; 2 – «графит – кварцевый наполнитель»; 3 – «цементный камень – кварцевый наполнитель – графит»

Использование токопроводящих смесей эффективно при устройстве системы напольного отопления (рис. 5). Отличительной особенностью предложенной конструкции является отсутствие нагревательных кабелей, обогрев осуществляется за счет прохождения электрического тока по контактирующим углеродным частицам, равномерно распределенным в цементно-песчаном композите. Кроме того, нагрев происходит при низкой удельной мощности, что позволяет снизить энергозатраты при эксплуатации системы. Одной из проблем электрических теплых полов является возникновение тепловых полос на поверхности пола за счет контраста температур, образующихся при неточной укладке резистивных кабелей в нагревательной системе [1,6]. Использование дисперсных углеродсодержащих компонентов позволяет решить данную проблему и обеспечить равномерный обогрев всей поверхности пола. Кроме того, использование модифицированных сухих смесей

упрощает технологию монтажа [11-14] нагревательной системы.

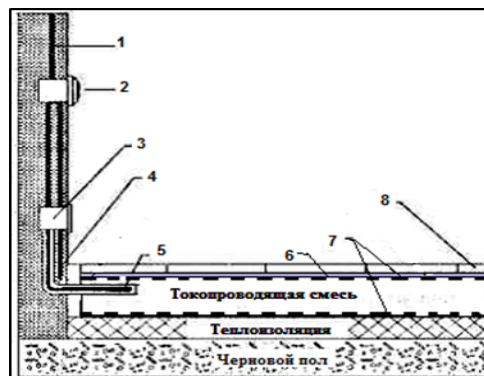


Рис. 5. Схема конструкции системы «теплый пол»:

- 1 – подключение электропитания ~220 В;
- 2 – терморегулятор; 3 – распределительная коробка;
- 4 – соединительный кабель;
- 5 – датчик терморегулятора;
- 6 – изоляция; 7 – металлическая решетка;
- 8 – напольное покрытие

Выводы

1. Актуальным направлением строительной индустрии является разработка технологии электропроводящих материалов с заданными функциональными свойствами для создания и внедрения систем электрического обогрева и обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности человека.

2. Доказана эффективность применения переходных форм углерода при получении сухих напольных токопроводящих смесей, которая обусловлена достижением необходимых электротехнических характеристик резистивных композитов на основе предложенных составов.

3. Установлено, что снижение водотвердого отношения сухой токопроводящей смеси позволяет уменьшить порог электрической перколяции углеродных частиц с 0,15 до 0,06 мас. относительно систем гидратационного типа твердения.

4. Произведено ранжирование переходных форм углерода по степени эффективности их использования в качестве токопроводящей фазы в сухих смесях по электротехническим критериям. Установлена следующая последовательность снижения порога электрической перколяции углеродных частиц проанализированных видов: антрацит → шунгит → графит.

5. Предложена технология укладки токопроводящих смесей в автономных системах напольного отопления, отличающаяся высоким уровнем электро- и пожарной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горелов С.В., Манчук Р.В. Резистивные

композиты в энергетике. Часть 1. Основы технологии и электропроводности. Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2000. 231 с.

2. Фанина Е.А., Лопанов А.Н. Электропроводящие конструкционные материалы строительного назначения // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 258–261.

3. Евстигнеев В.В., Пугачев Г.А., Халина Т.М., Халин М.В. Расчет и проектирование низкотемпературных композиционных электрообогревателей. Наука, Новосибирск. 2001. 203 с.

4. Алаев И.Ю., Зуев В.А. Отопление. Технологии монтажа и эксплуатации: справочник. Х.: Пософик. 2008. 1164 с.

5. Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Прушковский И.В. Агрегация дисперсий графита в гетерогенных системах на основе карбонатов щелочноземельных металлов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 1. С. 56–61.

6. Захаревич А.Э. Особенности формирования микроклимата отапливаемых помещений // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2009. № 5. С. 73–85

7. Кокорев С.И. Управление энергоресурсосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве // Строительство и бизнес. 2002. № 2. С. 7.

8. Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н., Микова Н.М. Углеродные и композиционные материалы

из природных графитов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2013. № 6. С. 11–22.

9. Левашова А.И., Кравцов А.В. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов. Томск: ТПУ, 2008. 119 с.

10. Коваленко Н.А., Сыроватская И.К. Исследование влияния технологических параметров на электропроводность углеродосодержащих композиций // Пластические массы. 1999. № 8. С.11.

11. Казарновский З.И. Сухие смеси – важный фактор повышения эффективности и культуры строительства / З.И. Казарновский // Строительные материалы. 2000. № 5. С. 34–36.

12. Дергунов С.А., Рубцова В.Н. Модификация сухих строительных смесей // 6-я Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве Mix BUILD». Сборник докладов. Санкт-Петербург: Академический научно-технический центр «АЛИТ», 2004. С. 30–35.

13. Баженов, Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. М.: Издательство АСВ. 2011. 112 с.

14. Безбородов В.А., Туляганов А.К., Пичугин А.П. Влияние наполнителей и добавок на свойства сухих цементных строительных смесей // Строительные материалы. 2011. № 6. С.70–71.

Guzeeva O.N.

THE EFFICACY OF TRANSITIONAL FORMS OF CARBON WHILE OBTAINING DIELECTRIC DRY CONSTRUCTION MIXTURES

The processes of electrical percolation of carbon dispersion in the resistive materials based on dielectric dry construction mixtures and studied the ways of the rational selection of their compositions. Set a concentration threshold of electric percolation for a model system of hydration type of hardening of «the cement stone is a quartz aggregate – carbon component», component when using graphite, shungite, anthracite 0,15; 0,23; 0,30 wt. respectively. It is proved that the use of surface-active substances in the conductive composition of mixtures helps to increase electrical conductivity, however, the threshold of electric percolation is not changed. The possibility of applying the method of dry pressing in the forming of the resistive composites of mortar. The character of the dependence of the content of the liquid phase on the electrical properties of materials. The technology of the application of dielectric compounds for low temperature electric floor heating solutions, with high level of electrical and fire safety.

Key words: *electrical percolation, dry mixes, carbon, surfactants, underfloor heating.*

Гузеева Оксана Николаевна, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ox.guzeeva@yandex.ru