

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО БЕТОНА В ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Логоша О. В.*

*Научный руководитель к.т.н., доцент Лемешев М. С.  
Винницкий национальный технический университет*

Вопрос об изучении электрических свойств бетона и превращение его в электротехнический материал представляет большой интерес для целого ряда отраслей народного хозяйства. Это вызвано тем, что использование электропроводных или электроизоляционных свойств цементного бетона открывает большие перспективы в строительстве, электротехнике и других отраслях народного хозяйства.

Диапазон удельных электрических сопротивлений новообразований цементного камня лежит в пределах от  $10^4$ – $5 \cdot 10^7$  Ом·м [1-2].

В зависимости от соотношения между кристаллической и гелевой частями гидратированных клинкерных минералов их удельное электрическое сопротивление может изменяться в пределах двух порядков [3].

Клинкерные минералы, продукты их гидратации и цементный камень в целом обладают ионным характером электропроводности, которая зависит от значения новообразований, количества адсорбционно связанной воды и соотношения между основными компонентами [3-4].

Электрические свойства заполнителей бетона имеют высокое значение удельного электрического сопротивления – свыше  $10^{11}$  Ом·м [4]. Газо-воздушные включения в бетонах, также являются диэлектриком с высокой электрической прочностью. Поскольку и минеральный скелет цементного камня в сухом состоянии обладает высоким удельным электрическим сопротивлением, то диэлектрические характеристики цементных бетонов, прежде всего, зависят от влажности и состояния контактной зоны заполнителей, цементного теста и его свойств.

Наиболее эффективным способом стабилизации электроизоляционных свойств бетонов является использование добавок, придающих бетону объемные

гидрофобные свойства и увеличивающее его плотность [5-6].

В 60-е годы в Сибирском НИИ энергетики сибирского отделения на основе углеродсодержащих добавок были разработаны электротехнические бетоны (бетэлы). Такие бетоны отличаются от существующих строительных бетонов, как по своему назначению, так и по составу. Они предназначены для работы в электроэнергетических схемах в качестве активного малоиндуктивного сопротивления и должны выдерживать без разрушения определенные электрические и тепловые нагрузки. Наличие в составе бетона проводникового компонента обеспечивает необходимую электропроводность.

Электропроводный бетон, как всякий резистивный материал, при прохождении электрического тока нагревается. Это позволяет использовать его для изготовления нагревательных изделий, одновременно выполняющих и конструктивные функции в зданиях и сооружениях самого различного назначения.

Рассматривая электропроводные бетоны с позиции надежности, следует обратить внимание на весьма существенный фактор, который в последствии отражается на долговечности материала. Речь идет о тепловом и электрическом старении, которому подвержена электропроводная углеродсодержащая матрица.

Нестабильность электрического сопротивления бетэла обусловлена отсутствием адгезии между углеродом и цементным тестом, частичным "выгоранием" электропроводной добавки и определенными фазовыми изменениями в цементно-углеродном камне. Локальный перегрев в контактах электропроводной матрицы ведет к накоплению дефектов в проводнике и диэлектрической прослойке. При переходе углерода из твердого состояния в газообразное увеличивается степень карбонизации цементного камня, обусловленная выделением  $\text{CO}_2$  при окислении электропроводной добавки [7]. Что является основным недостатком бетэла, который ограничивает применение этого резистивного материала при длительных токовых нагрузках.

Замена углеродсодержащего компонента электропроводного бетона

металлическим во многом стабилизировала электропроводность и существенно расширила спектр электрофизических свойств и область использования бетона электропроводного металлонасыщенного (бетэл-м).

Основным технологическим приемом производства защитных бетэлов от ионизирующих излучений является создание технологических предпосылок синтеза повышенного количества железосодержащих новообразований.

Наличие реакционноспособных оксидов железа на поверхности проводника обеспечит интенсификацию создания низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов. Гидратированные металлосодержащие новообразования содержат себе в 2,7–4,7 раза химически связанной воды больше по сравнению с силикатами кальция, поэтому бетэл – м необходимо рассматривать как искусственно синтезированный материал для защиты от ионизирующих излучений, в котором металл "гасит" гамма – излучение, а легкие ядра водорода химически связанной воды – нейтронные потоки [8-10].

Бетон электропроводный металлонасыщенный плотной и особенно ячеистой структуры является хорошей моделью для создания радиопоглощающих экранов. Особенностью проводникового компонента бетэла – м является наличие в его составе кислорода, который содержится в гематите ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), магнитите ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), юстините (раствор  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в  $\text{FeO}$ ), лапидокрите ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) [11-15]. Лучшими и общепризнанными радиопоглощающими материалами являются ферриты (кубические кристаллы шпинельной структуры с большим содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и, по крайней мере, еще одного оксида, обычно двухвалентного металла). Кроме того, технология производства бетэла – м обеспечивает изготовление многослойных изделий вариотропной структуры, различной формы, плотности и электропроводности.

Таким образом, дисперсный металлический шлам в составе бетэла-м является полифункциональным компонентом. В зависимости от степени окисления поверхности металлического порошка, можно получать радиозащитные материалы и изделия антистатических полов.

## Литература:

1. Сердюк В. Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев. // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №4. – С. 8-12.
2. Лемешев М.С. Теоретические предпосылки создания радиопоглощающего бетона бетела-м // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2005. – №1. – С. 60 – 64.
3. Сердюк В.Р. Технологические приемы повышения радиопоглощающих свойств изделий из бетэла-м / В.Р.Сердюк М.С. Лемешев // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №5. – С. 2 – 6.
4. Христин О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христин, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
5. Сердюк В. Р. Золотоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христин // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
6. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. – 2009. – № 33. – С. 57-62.
7. Сердюк, В. Р. Формування структури анодних заземлювачів з бетелу-м для систем катодного захисту / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христин // Науково-технічний збірник. Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка, 2010, Випуск 35. – С. 99-104.
8. Сердюк В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христин // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 2. – С. 5 – 9.
9. Лемешев М.С. Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2006. –С. 36-41
10. Лемешев М.С. Покриття із бетелу-м для боротьби з зарядами статичної електрики / М.С. Лемешев, О.В. Христин // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2009. – С. 29-31.
11. Сердюк В.Р. Радіозахисні покриття варіатропної структури із бетелу-м / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 37-40.
12. Сердюк В. Р. Радіопоглинаючі покриття з бетелу-м / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев // Збірник наукових статей “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. Рівне, 2005. – Випуск № 12. – С. 62-68.
13. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Науковий журнал „Вісник Сумського національного аграрного університету”. Серія: будівництво. – Суми : СумНАУ. 2014. – вип. 8 (18). – С. 130–145.
14. Лемешев М. С. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки / М.С. Лемешев, О.В. Березюк // Инновационное развитие территорий: матер. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. (25– 27 февраля 2014 г.) ; Отв. за вып. Е. В. Белановская. – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.
15. Сердюк, В.Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христин // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2007. – № 4. – С. 58-65.