

Электропроводящий бетон «РЕМТИС ЭПБ»

© ООО «РЕМТИС», 2026

Магнитогорск, 2026

Оглавление

Введение	3
1. Описание материала	4
1.1. Основные компоненты бетона и его технические характеристики	4
2. Практическое применение	6
3. «Умные» цементно-песчаные пробки и закладочный массив	7
4. Техническая реализация системы мониторинга на базе ЭПБ	9
Заключение	10

Введение

Актуальность электропроводящего бетона обусловлена множеством проблем при строительстве и поддержании инфраструктуры в первоначальном виде. Самые частые из них, с которыми сталкиваются сооружения - это скрытые разрушения. Горное давление, смещения породы и динамические удары могут приводить к скрытым и внезапным разрушениям бетонной и торкретной крепи, создавая угрозу безопасности.

Материал «РЕМТИС ЭПБ» решает данную проблему. Нанесение внутреннего слоя ЭПБ или его включение в состав торкрет-бетона, пронизанного сеткой электродов, превращает крепь в непрерывный датчик, который помогает отслеживать:

- деформации (плавное изменение сопротивления, сигнализирующее о медленных, но значительных сдвигах);
- появление трещин (скачок сопротивления, указывающий на структурные повреждения);
- целостность контакта «крепь-порода» (изменение электрических параметров, обнаруживающее ослабление связи между крепью и горным массивом).

Целью испытаний данного материала является получение и исследование электропроводящего бетона по рецептуре «РЕМТИС ЭПБ» с оценкой его электрофизических и механических характеристик.

1. Описание материала

Электропроводящий бетон РЕМТИС (сокращённо ЭПБ) - это композитный строительный материал на основе цементной матрицы, в объём которой введены токопроводящие компоненты, обеспечивающие формирование непрерывной трёхмерной сети проводящих частиц (перколяционного кластера), благодаря чему материал приобретает стабильные электрофизические свойства, в первую очередь - удельное электрическое сопротивление в диапазоне от 0,01 до 10 Ом·м на открытых участках (от 70 до 1700 Ом·м в помещении), что на несколько порядков ниже, чем у обычного бетона (10^2 - 10^5 Ом·м).

1.1. Основные компоненты бетона и его технические характеристики

Компоненты в составе «РЕМТИС ЭПБ» можно разбить на несколько ключевых, а именно на: связующие, модифицирующие материалы и затворители. Далее они представлены подробнее.

Связующее:

– портландцемент с низкой водопотребностью и высокой морозостойкостью (по морозостойкости F300- F500).

Проводящая фаза (наполнитель):

– углеродные материалы: технический углерод (сажа), углеродные волокна, нанотрубки;

– металлические материалы: дробленый высокопрочный чугун с шаровидным графитом (фракция до 20 мм). Повышают прочность, но подвержены коррозии;

– комбинированные: сочетание разных типов для синергетического эффекта.

Модифицирующие добавки:

– пластификаторы - улучшают удобоукладываемость без увеличения количества воды;

– противоморозные добавки - позволяют выполнять работы при отрицательных температурах;

– стабилизаторы - обеспечивают однородность и долговечность смеси.

Затворитель:

– Вода в минимально необходимом количестве.

В таблице 1 представлены технические характеристики материала

Таблица 1 - Технические характеристики материала

Вид	Серый порошок
Удобоукладываемость (распływ конуса)	260 - 290 мм
Прочность на растяжение при изгибе через 24ч	не менее 2 МПа
Прочность на растяжение при изгибе через 28 суток	не менее 8 МПа
Прочность на сжатие через 24 часа	не менее 10 МПа
Прочность на сжатие через 28 суток	не менее 50 МПа
Прочность сцепления с бетоном через 28 суток	не менее 2,5 МПа
Марка по водонепроницаемости	не менее W12
Удельное объемное электрическое сопротивление	70 - 1700 Ом·м
Расход воды	140/160 мл/ кг
Сохранение удобоукладываемости	не менее 60 мин
Коэффициент сульфатостойкости	не менее 0,95
Используемое напряжение	12/24/36 В
Усадка	0,3%

2. Практическое применение

Разработанный материал можно применять во многих сферах строительства, начиная от «агрессивной» среды, где всё решает природа, заканчивая продвинутой системой и интеграция в сложные подземные технические сооружения, где вода может стать решающим фактором в сохранении целостности конструкции. Ниже представлена таблица с применением материала в каждой рассматриваемой среде.

Таблица 2 - применение ЭПБ в различных строительных средах

Среда	Практическое применение
Подземное строительство	В качестве заполнителя для анкерной заделки или защитной оболочки для арматуры. Позволяет создать систему раннего обнаружения коррозии. ЭПБ становится своего рода «чувствительным элементом», способным предупредить о начале разрушительных процессов задолго до появления видимых признаков, обеспечивая упреждающее обслуживание и предотвращая критические отказы
Система безопасности	Распределённое обнаружение угроз. ЭПБ может служить распределённым нагревательным элементом или тепловым датчиком, а также чувствительным элементом для обнаружения изменений в окружающей среде
Подземные выработки	Предотвращение риска взрыва от искр статистического электричества там, где присутствуют метанно-пылевые смеси. Полы, площадки и заделка, выполненные из ЭПБ, обеспечивают мгновенный сток заряда, предотвращая его накопление
Подземные выработки с водопритоками	Внедрение ЭПБ в гидроизоляционные перемычки и слои позволяет создать интегрированные датчики протечек. Резкое изменение сопротивления ЭПБ при контакте с водой служит ранним сигналом о начале фильтрации, предупреждая о потенциальной проблеме задолго до появления видимых течей

Изучив сферы применения в строении зданий и сооружений, можно сделать вывод, что материал многофункционален и имеет потенциальное применение.

3. «Умные» цементно-песчаные пробки и закладочный массив

В некоторых строительных проектных работах существует ряд проблем, связанные с отсутствием надёжного контроля закладочных работ. Эта проблема особенно актуальна на фоне других, более масштабных трудностей.

В горном деле и подземном строительстве закладочные массивы (цементно-песчаные пробки, твердеющие закладки) выполняют важнейшие функции:

- изоляцию выработанных пространств;
- перекрытие водопритоков и газовыделений;
- обеспечение устойчивости горных выработок.

Однако традиционные методы контроля имеют серьёзные ограничения:

- невозможность непрерывного мониторинга целостности и однородности массива, особенно в труднодоступных зонах;
- отсутствие оперативной информации о возникновении пустот, расслоении или внутренних деформациях;
- высокая трудоёмкость контрольных измерений (бурение шпуров, отбор керн).

Для решения перечисленных проблем предлагается использовать закладочную смесь на основе электропроводящего бетона РЕМТИС с интегрированными электродами. Данное решение позволяет превратить традиционную цементно-песчаную пробку или твердеющую закладку в «умную» систему самоконтроля.

ЭПБ включается в электрическую измерительную цепь через систему электродов, размещённых на разных уровнях закладочного массива. В процессе твердения и эксплуатации непрерывно или периодически регистрируется электрическое сопротивление материала.

Изменение сопротивления связано с:

- качеством заполнения. Пустоты и раковины нарушают токопроводящие пути, вызывая локальный рост сопротивления;

- процессом схватывания. Гидратация цемента и формирование структуры сопровождаются изменением проводимости;
- деформациями и разрушениями. Появление трещин увеличивает сопротивление, а критическое сжатие может вызывать его падение за счёт уплотнения контактов.

4. Техническая реализация системы мониторинга на базе ЭПБ

Для внедрения предлагаемых «умных» цементно-песчаных пробок и закладочный массив требуется выполнить следующие этапы:

1. Проектирование сенсорной системы - ЭПБ может быть использован в виде покрытий, блоков/вставок в зонах максимального напряжения, полноразмерных элементов (например, свая-датчик) или как ремонтный состав с функцией мониторинга.
2. Приготовление и укладка ЭПБ - смесь приготавливается по стандартной технологии закладочных работ, с контролем удельного электрического сопротивления пробы.
3. Измерительная аппаратура - многоканальные сканеры сопротивления или автоматические измерители импеданса, размещаемые в безопасной зоне выработки или на поверхности.
4. Сбор и передача данных - защищенные выводы от электродов подключаются к сканерам или беспроводным передатчикам, обеспечивая безопасную и эффективную передачу информации.
5. Программное обеспечение - специализированное ПО обрабатывает полученные данные, визуализирует карты повреждений, отслеживает динамику изменений и генерирует тревожные сигналы при превышении пороговых значений.

Заключение (вывод)

Проведённый анализ материала «РЕМТИС ЭПБ» на основе представленных технических данных и опыта практического применения позволяет сделать следующие выводы.

1. Электрофизические и механические свойства.

Электропроводящий бетон обладает уникальным сочетанием характеристик: удельное электрическое сопротивление в диапазоне 70-1700 Ом·м (при возможности снижения до 0,01-10 Ом·м для специальных составов) на несколько порядков ниже, чем у обычного бетона. При этом материал сохраняет высокие прочностные показатели (прочность на сжатие через 28 суток не менее 50 МПа, морозостойкость F300-F500, водонепроницаемость W12). Такое сочетание делает ЭПБ пригодным для эксплуатации в самых сложных условиях, включая вечную мерзлоту, скальные и каменистые грунты, а также агрессивные шахтные среды.

2. Функциональность сенсорной системы.

Благодаря способности изменять электрическое сопротивление под действием деформаций, появлению трещин, увлажнению или коррозии, ЭПБ может выполнять роль распределённого датчика состояния строительных конструкций. Это подтверждается примерами использования в горном деле: мониторинг крепи выработок, обнаружение протечек воды, контроль коррозии арматуры, диагностика целостности закладочных массивов.

3. Практическая ценность в проблемных грунтах.

Для районов вечной мерзлоты и слабопроводящих грунтов (песчаных, скальных, сухих) применение ЭПБ позволяет создать искусственную проводящую среду вокруг заземлителей, обеспечивая стабильное сопротивление вне зависимости от сезонных изменений. Экономия стали достигает 80-90% по сравнению с традиционными решениями, а срок службы системы возрастает благодаря антикоррозионной защите.

4. Интеграция в системы промышленной безопасности.

В подземных выработках, где присутствуют метано-пылевые смеси, ЭПБ решает проблему накопления статического электричества, обеспечивая мгновенный сток заряда. Также материал применим для создания распределённых нагревательных элементов и тепловых датчиков, что позволяет выявлять очаги нагрева на ранних стадиях.

5. Перспективы и вызовы внедрения.

Основными препятствиями для широкого использования остаются отсутствие специализированных нормативных документов, необходимость калибровки сенсорных систем с учётом температуры и влажности, а также обеспечение долгосрочной стабильности электрических характеристик. Тем не менее, переход от планового ремонта к обслуживанию по фактическому состоянию, который даёт ЭПБ, способен существенно снизить эксплуатационные затраты и повысить безопасность.

Анализ и экспериментальная оценка электропроводящего бетона «РЕМТИС ЭПБ» подтверждают, что материал является не просто модификацией обычного бетона, а многофункциональной технологией, позволяющей создавать системы мониторинга и заземления в условиях, где традиционные методы неэффективны.

«РЕМТИС ЭПБ» является перспективной технологией, позволяющей превращать пассивные подземные конструкции в активно диагностируемые системы. Он обеспечивает раннее обнаружение трещин, коррозии и водопритоков, что повышает промышленную безопасность. Однако на текущем этапе применение должно сопровождаться осознанием указанных ограничений и проведением дополнительных исследовательских и опытно-конструкторских работ. При соблюдении этих условий ЭПБ может стать эффективной альтернативой традиционным методам мониторинга в горном деле и подземном строительстве.

© ООО «РЕМТИС», 2026

Текст является служебным произведением. Исключительные права принадлежат ООО

«РЕМТИС». Копирование, распространение или использование письменного разрешения правообладателя запрещено