

УДК 691.327.678.699.8

М.М. Жук

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра АД

## СПЕЦІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ, МОДИФІКОВАНИХ СІРКОЮ, І ГАЛУЗІ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ

© Жук М.М., 2002

**Описано вивчення спеціальних властивостей бетонів, модифікованих сіркою, та зміну їх основних електричних і фізико-механічних властивостей залежно від складу бетону. Рекомендовано галузі застосування.**

На кафедрі автомобільних доріг Національного університету “Львівська політехніка” під керівництвом д-ра техн. наук Ю.І. Орловського проведені дослідження властивостей і розроблені оптимальні склади бетонів, модифікованих сіркою, з підвищеними діелектричними і радіаційно-захисними властивостями. Окремі питання роботи опубліковані в [1–4].

Ця робота є підсумком досліджень спеціальних властивостей цементних бетонів, просочених сіркою, і бетонів на основі сірчаного в’язучого, які виконані протягом 1998–2001 рр., а саме діелектричних і радіаційно-захисних.

Передумовою підвищення діелектричних характеристик розроблених композиційних матеріалів є високі діелектричні властивості сірки, що дає змогу віднести її до матеріалів з характерними ознаками діелектриків. Сірка має низьку електропровідність, яка збільшується з температурою, при цьому електричний опір зменшується (табл. 1).

Таблиця 1

Електричні характеристики сірки

Характеристика	Одиниця виміру	Температура, °С	Величина
Електричний опір	Ом·см	20–400	$1,91 \cdot 10^{17} - 7,70 \cdot 10^6$
Електрична провідність	$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	20–440	$5,26 \cdot 10^{-18} - 1,27 \cdot 10^{-7}$
Діелектрична провідність	–	20	4,1

Оскільки сірка за своєю природою – гідрофобна, вологість чинить незначний вплив на зміну її електричних характеристик.

Для підвищення діелектричних характеристик і їх стабілізації електроізоляційні цементні бетони просочуються розплавом сірки за технологією, розробленою Львівським філіалом НДІБМВ і НДІЗБ (Москва) [5]. У випадку використання сірки як в’язучого бетони виготовляються за гарячою технологією, викладеною в [6, 7].

З метою підвищення якості і довговічності виробів і конструкцій сірка модифікується спеціальними добавками, які сприяють її пластифікації і стабілізації в полімерному стані, та структуроутворюючими тонкодисперсними наповнювачами, що вводяться в розплав сірки.

В дослідженнях використовувалась технічна сірка, вапнякова сірчана руда, молоті вапняки, кварцовий пісок і менілітовий сланець.

Як модифікатор сірки застосовувався дициклопентадієн кам’яновугільний, що являє собою продукт ректифікації сирого бензолу (5 % від маси сірки), який виробляється Баглейським заводом (м. Дніпродзержинськ Дніпропетровської обл.).

Як заповнювачі цементного і сірчаного бетонів застосовувались кварцовий пісок та гранітний щебінь фракції 5–10 мм. Частина зразків виготовлялась з використанням дисперсного скловолокна алюмоборосилікатного складу типу Е.

Методика визначення електричних характеристик (електроопору при дії постійного струму) і діелектричних властивостей (діелектричної проникності і тангенса кута втрат) викладена в методичних рекомендаціях, розроблених автором [8].

Метою радіаційних досліджень було вивчення інтегрального і спектрального лінійних коефіцієнтів поглинання зразків із сірчаних мастик і бетонів та їх порівняльний аналіз з аналогічними коефіцієнтами цементних розчинів і бетонів. Дослідження проводились на пристроях з опромінення Львівського національного університету ім. І. Франка, Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка та Інституту фізичної хімії НАН України. Джерелом  $\gamma$ -випромінювань був вибраний ізотоп кобальту  $Co^{60}$ , що має дискретний спектр  $\gamma$ -квантів. Розрахунок лінійного коефіцієнта поглинання радіоактивного випромінювання проводився на основі закону П. Бугера.

Аналіз результатів досліджень лінійних коефіцієнтів поглинання іонізуючого випромінювання розробленими складами сірчаних бетонів із щільністю більше 5 000 кг/м<sup>3</sup> показав, що спостерігається значне збільшення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювань при досягненні енергії  $\gamma$ -кванта 1,33 МеВ. Це можна пояснити інтенсифікацією процесів комптонівського розсіювання за рахунок іонізації сірчаних кілець і ланцюгів, які утворені в результаті розриву кільцевих молекул сірки.

В результаті проведених досліджень розроблені оптимальні склади сірчаних мастик і бетонів, визначені їх основні електричні, радіаційно-захисні і фізико-механічні властивості, властивості і характеристики електроізоляційних цементних бетонів, просочених розплавом сірки, та визначені галузі їх раціонального застосування.

Особливістю електроізоляційних цементних бетонів, як і звичайних будівельних, є те, що їх властивості неоднозначні, а залежно від вихідних матеріалів, складу бетонної суміші та технології її обробки можуть змінюватись в дуже широких межах. Граничні значення електричних і фізико-механічних характеристик, у межах яких можна керувати властивостями електроізоляційного цементного бетону, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

### Основні електричні і фізико-механічні характеристики електроізоляційного цементного бетону

Показники	Одиниця виміру	Величина
Електрична міцність в шарі 1 см: – імпульсна ( $\tau = 1 \cdot 10^{-6}$ с) – при змінному струмі 50 Гц	кВ/см	60–140 20–60
Середня розрядна напруженість на довжині 1 м	кВ/см	Близько 3,0
Питомий електричний опір при $t = 20$ °С: – об'ємний – поверхневий	Ом·м Ом	$10^9$ – $10^{11}$ $10^{11}$ – $10^{12}$
Тангенс кута діелектричних втрат, $\text{tg } \delta$	–	0,05–0,20
Діелектрична проникність, $\epsilon$	–	6–10
Границя міцності: – при стиску – при розтягу	МПа МПа	40–150 3–11
Щільність	кг/м <sup>3</sup>	Близько 2000
Водопоглинання	%	Менше ніж 1

Просочення роплавом сірки як звичайного будівельного, так і електроізоляційного цементного бетону дає змогу покращати і стабілізувати усі їх характеристики. Зміна деяких електричних і фізико-механічних характеристик важкого будівельного бетону після просочування наведена в табл. 3.

Таблиця 3

**Основні характеристики сірчаних бетонів і важкого полімербетону на основі фураново-епоксидного компаунду ФАЕД [26]**

Показники	Одиниця виміру	Сірчаний бетон, № складу				Важкий полімербетон на основі ФАЕД
		1	2	3	4	
Щільність	кг/м <sup>3</sup>	2400	2300	2400	2350	2200–2300
Міцність при стиску	МПа	70–80	43–54	55–61	60–80	120
Модуль пружності	МПа	(45–52)· 10 <sup>3</sup>	(33–37)10 <sup>3</sup>	(38–42)10 <sup>3</sup>	(30–38)10 <sup>3</sup>	30· 10 <sup>3</sup>
Діелектрична проникність, $\epsilon$	–	4,24	3,75	4,00	3,72	4,00
Тангенс кута діелектричних втрат, $\text{tg } \delta$	–	0,018	0,012	0,011	0,009	0,045
Те саме, після 30 діб витримки у воді	–	0,071	0,084	0,045	0,029	0,050

*Примітки:* Склад № 1 [27]: щебінь гранітний, пісок кварцовий, мука кварцова, сірка 13 %; склад № 2 [28]: мелена сірчана руда, щебінь вапняковий, пісок вапняковий; склад № 3 [29]: мелений менілітовий сланець, щебінь гранітний, пісок кварцовий, сірка; склад № 4 [29]: те саме, що й № 3, тільки сірка модифікована 5 % дициклопентадієну (ДЦПД).

Величини, наведені в табл. 3, залежать від вихідних характеристик бетону до просочування, режиму просочування і модифікованого стану сірки. Для порівняння в табл. 3 наведені характеристики важкого полімербетону на основі фураново-епоксидного компаунду (ФАЕД). Із даних цієї таблиці видно, що за діелектричними характеристиками сірчаний бетон не поступається кращим складам полімербетонів, що відрізняються високими діелектричними властивостями, які вищі, ніж в електроізоляційного цементного бетону, просоченого розплавом сірки.

На основі проведених досліджень складені “Методичні рекомендації з технології, виготовлення, методів випробувань і застосування композицій та бетонів, модифікованих сіркою з підвищеними діелектричними характеристиками” [8].

Рекомендовані сфери застосування такі. Електроізоляційний цементний бетон, просочений сіркою, розширює номенклатуру конструкцій та виробів, до яких ставлять підвищені діелектричні вимоги. Такий бетон можна використовувати для виготовлення елементів опор високовольтних ліній (траверси для безізоляторного кріплення проводів, стійки опор) замість металевих.

Його використання може бути доцільним при спорудженні підстанцій у тих випадках, коли необхідно забезпечити надійну ізоляцію від землі важкого обладнання високої напруги (ізолюючі колони для встановлення потужних конденсаторних батарей, реакторів, трансформаторів при їх каскадному розміщенні, навантаження від яких сягає сотень тонн).

Електроізоляційний бетон, модифікований сіркою, можна використовувати при виготовленні конструкцій, що працюють в умовах стикання із сталльної арматури блукаючих постійних електричних струмів: залізничних шпал, фундаментів опор контактної мережі, опор високовольтних ліній постійного струму, міжрейкових плит трамвайних ліній.

Сірчані бетони розширюють номенклатуру виробів і конструкцій, які за умовами експлуатації вимагають ефективного захисту від електрокорозії, а також одночасного впливу агресивних середовищ, наприклад, сольових на підприємствах калійної промисловості, складських приміщень мінеральних добрив, елементів шахтного кріплення на об'єктах добування і переробки калійних солей.

Особливо ефективно застосування сірчаного бетону на підприємствах кольорової металургії і хімічної промисловості, де довговічність виробів і конструкцій значною мірою визначається електрокорозійним впливом блукаючих струмів (підванні естакади, підземні фундаменти, стійки під обладнання, робочі площадки, підлоги тощо).

У транспортному будівництві сірчані бетони можуть застосовуватись насамперед при виготовленні залізничних шпал і паль, оскільки дослідження витривалості сірчанних бетонів, армованих дисперсним скловолокном, підтверджують таку можливість [9].

Вони можуть знайти застосування в електро- і радіопромисловості при виготовленні різного роду ізоляторів, кабельних муфт, розподільчих щитів.

Вироби із сірчаного бетону із підвищеними радіаційно-захисними характеристиками можуть застосовуватися в конструкціях захисних екранів від радіаційного випромінювання, в конструкціях для зберігання і транспортування радіаційних відходів, конструкціях будівель і споруд атомної енергетики.

1. Орловський Ю.І., Жук М.М. Діелектричні властивості цементних бетонів, модифікованих сіркою // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". – 1998. – № 360. – С. 158–167.
2. Орловський Ю.І., Брайченко С.П., Жук М.М. Діелектричні властивості сірчанних мастик і бетонів // Вісн. Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 1999. – Вип. 99. – С. 85–88.
3. Орловський Ю.І., Гордиенко В.П., Жук Н.Н. Радиационно-химическое модифицирование серы и стабилизация ее надмолекулярной структуры // Вісн. Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2000. – Вип. 2000. – С. 222.
4. Жук М.М. До питання досліджень поглинання радіоактивного  $\gamma$ -випромінювання сірковмісними композиційними матеріалами: Зб. наук. праць Рівненського державного технічного університету. – 2000. – Вип. 5. – С. 61–65.
5. Инструкция по технологии пропитки строительных материалов расплавом серы. НИИ "Громеда", НИИ вяжущих материалов Киев. – Львов, 1994. – 20 с.
6. Руководство по применению и технологии изготовления серных и полимерсерных мастик и бетонов в строительстве. – Львов, 1994. – 32 с.
7. Орловський Ю.І. Особенности технологии производства полимерсерных бетонов и изделий на их основе // Бетон и железобетон. – 1993. – № 4.
8. Методичні рекомендації з технології виготовлення, методів випробувань і застосування композицій та бетонів, модифікованих сіркою, з підвищеними діелектричними характеристиками. – Львів, 2001. – 24 с.
9. Орловський Ю.І., Лівіа Р.Я., Маргаль І.В. Вплив вологості на витривалість бетонів при багаторазово-повторному навантаженні // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1998. – Вип. 56. – С. 81–86.