



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЗАХИСТ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ**

**Методи випробувань**

**(ГОСТ 31383:2008, NEQ)**

**ДСТУ Б В.2.6-181:2011**

## ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК)  
РОЗРОБНИКИ: І. Ігнатова, канд. техн. наук; М. Миколаєць; Д. Іонов; О. Киричок, канд. техн. наук; Т. Мірошник; П. Попруга, канд. техн. наук; В. Тарасюк, канд. техн. наук; Ю. Немчинов, д-р техн. наук; Л. Шейніч, д-р техн. наук (науковий керівник)
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: накази Мінрегіону України від 30.12.2011 р. № 457 та від 12.06.2012 р. № 300, чинний з 2013-01-01
- 3 Національний стандарт відповідає ГОСТ 31383:2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний (Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань), крім пунктів 3.4, 3.6, 3.7, 5.3.5, 5.4, 5.6.5, 8.4.3, 8.4.4, 8.4.5  
Ступінь відповідності - нееквівалентний (NEQ)  
Переклад з російської мови (ru)
- 4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ (зі скасуванням в Україні СТ СЭВ 4421-83)

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт розроблений на основі ГОСТ 31383:2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний (Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань).

Ступінь відповідності - нееквівалентний (NEQ).

До стандарту внесено технічні відхилення відповідно до нормативної бази будівництва України щодо чинних нормативних документів, методів випробувань. Технічні відхилення було долучено безпосередньо до пунктів, яких вони стосуються.

Цей стандарт призначається для встановлення методів визначення і випробувань корозійної стійкості важких і легких бетонів щільної структури, в тому числі дрібнозернистих бетонів на в'язучих на основі портландцементного клінкеру, а також сталевих арматур і захисних покриттів. Упровадження даного стандарту необхідно для подальшого приведення нормативної бази України у сфері бетонознавства до сучасних вимог.

Усі структурні елементи ДСТУ Б В.2.6-181:2011 оформлені відповідно до вимог національної стандартизації.

При користуванні цим стандартом доцільно перевірити чинність стандартів, на які посилаються в інформаційній системі загального користування та на офіційному сайті Мінрегіону України. Якщо стандарт, на який посилаються, замінений (змінений), то при користуванні чинним стандартом слід керуватися заміненим (зміненим) стандартом. Якщо стандарт, на який посилаються, відмінений без заміни, то положення, в якому подане посилання на нього, застосовується в частині, яка не стосується цього посилання.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

## ЗАХИСТ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ Методи випробувань

## ЗАЩИТА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ Методы испытаний

## CORROSION PROTECTION FOR CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES Test methods

Чинний від 2013-01-01

### 1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює методи визначення і випробувань корозійної стійкості важких і легких бетонів щільної структури, в тому числі дрібнозернистих бетонів на в'язучих на основі портландцементного клінкеру (далі - бетонів), сталеві арматури і захисних покриттів.

### 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

- ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ)
- ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384:2008, NEQ)
- ДСТУ Б В.2.7-90-99 Будівельні матеріали. Вапно будівельне. Технічні умови
- ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності
- ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001, NEQ)
- ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
- ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
- ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения (ДСВ. Прямі вимірювання з багаторазовими спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень. Основні положення)
- ДСТУ ГОСТ 166:2009 (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия (ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76), IDT) (Штангенциркулі. Технічні умови (ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76), IDT))
- ДСТУ ГОСТ 427:2009 Линейки измерительные металлические. Технические условия (ГОСТ 427-75, IDT) (Лінійки вимірювальні металеві. Технічні умови (ГОСТ 427-75, IDT))
- ДСТУ ГОСТ 13320:2008 Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия (ГОСТ 13320-81, IDT) (Газоаналізатори промислові автоматичні. Загальні технічні умови (ГОСТ 13320-81, IDT))
- ДСТУ ГОСТ 17792:2009 Электрод сравнения хлорсеребряный насыщенный образцовый 2-го разряда (ГОСТ 17792-72, IDT) (Електрод порівняння хлорсрібний насичений зразковий 2-го розряду (ГОСТ 17792-72, IDT))
- ГОСТ 9.407-84 ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида (ЕСЗКС. Покриття лакофарбові. Методи оцінки зовнішнього вигляду)
- ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов  $P_p < 19,6$  МПа (200 кг/см<sup>2</sup>). Технические условия (Балони сталеві малого і середнього об'єму для газів  $P_p < 19,6$  МПа (200 кг/см<sup>2</sup>). Технічні умови)
- ГОСТ 1381-73 Уротропин технический. Технические условия (Уротропін технічний. Технічні умови)
- ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия (Посуд мірний лабораторний скляний. Циліндри, мензурки, колби, пробірки. Загальні технічні умови)
- ГОСТ 2603-79 Ацетон. Технические условия (Ацетон. Технічні умови)
- ГОСТ 3118-77 Кислота соляная. Технические условия (Кислота соляна. Технічні умови)
- ГОСТ 4142-77 Кальций азотнокислый 4-водный. Технические условия (Кальцій азотнокислий 4-водний. Технічні умови)
- ГОСТ 4233-77 Натрий хлористый. Технические условия (Натрій хлористий. Технічні умови)
- ГОСТ 4234-77 Калий хлористый. Технические условия (Калій хлористий. Технічні умови)
- ГОСТ 4328-77 Натрия гидроксид. Технические условия (Натрію гідроксид. Технічні умови)
- ГОСТ 4919.1-77 Реактивы и особо чистые вещества. Методы приготовления растворов индикаторов (Реактиви і особливо чисті речовини. Методи приготування розчинів індикаторів)
- ГОСТ 5009-82 Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия (Шкурка шліфувальна тканинна

Технічні умови)  
ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия (Вода дистильована. Технічні умови)  
ГОСТ 7402-84 Электровентиляторы бытовые. Общие технические условия (Електроventильатори побутові. Загальні технічні умови)  
ГОСТ 8711-93 (МЭК 51-2-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам (Прилади аналогові показуючі електровимірювання прямої дії і допоміжні частини до них. Частина 2. Особливі вимоги до амперметрів і вольтметрів)  
ГОСТ 9696-82 Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм. Технические условия (Індикатори багатозворотні з ціною поділки 0,001 мм і 0,002 мм. Технічні умови)  
ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия (Сталь арматурна термомеханічно зміцнена для залізобетонних конструкцій. Технічні умови)  
ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение (Сталь арматурна. Методи випробувань на розтяг)  
ГОСТ 12026-76 Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия (Папір фільтрувальний лабораторний. Технічні умови)  
ГОСТ 13646-68 Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия (Термометри скляні ртутні для точних вимірювань. Технічні умови)  
ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия (Спирт етиловий ректифікований технічний. Технічні умови)  
ГОСТ 19906-74 Нитрит натрия технический. Технические условия (Нітрит натрію технічний. Технічні умови)  
ГОСТ 22867-77 Аммоний азотнокислый. Технические условия (Амоній азотнокислий. Технічні умови)  
ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия (Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови)  
ГОСТ 23932-90 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Общие технические условия (Посуд і обладнання лабораторні скляні. Загальні технічні умови)  
ГОСТ 24104-88 Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия (Ваги лабораторні загального призначення і зразкові. Загальні технічні умови)  
ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры (Посуд і обладнання лабораторні скляні. Тип, основні параметри і розміри)  
ГОСТ 25706-83 Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические условия (Лупи. Типи, основні параметри. Загальні технічні умови)  
ГОСТ 25794.1-83 Реактивы. Методы приготовления титрованных растворов для кислотноосновного титрования (Реактиви. Методи приготування титрованих розчинів для кислотно-основного титрування)  
ГОСТ 25794.2-83 Реактивы. Методы приготовления титрованных растворов для окислительно-восстановительного титрования (Реактиви. Методи приготування титрованих розчинів для окислювально-відновлювального титрування)  
ГОСТ 25794.3-83 Реактивы. Методы приготовления титрованных растворов для титрования осаднением, неводного титрования и других методов (Реактиви. Методи приготування титрованих розчинів для титрування осадом, неводного титрування та інших методів)  
ГОСТ 28574-90 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий (Захист від корозії в будівництві. Конструкції бетонні і залізобетонні. Методи випробування адгезії захисних покриттів)  
ГОСТ 29227-91 (ИСО 835-1-81) Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1. Общие требования (Посуд лабораторний скляний. Піпетки градуйовані. Частина 1. Загальні вимоги)  
ГОСТ 29252-91 (ИСО 385-2-84) Посуда лабораторная стеклянная. Бюретки. Часть 2. Бюретки без установленного времени ожидания (Посуд лабораторний скляний. Бюретки. Частина 2. Бюретки без встановленого часу очікування)  
СТ СЭВ 4419-83 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции строительные. Термины и определения (Захист від корозії в будівництві. Конструкції будівельні. Терміни та визначення)

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використано терміни та відповідні визначення згідно з СТ СЭВ 4419: захисне покриття, корозія бетону, карбонізація бетону, корозія залізобетону, тріщиностійкість покриття. Нижче подано терміни, додатково використані в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

#### 3.1 адгезія (міцність зчеплення)

Сукупність сил, що зв'язують покриття з поверхнею, що покривається цим покриттям

#### 3.2 пасивуюча дія бетону

Дія бетону на сталеву арматуру, в результаті якої сталь переходить у пасивний стан, корозія практично відсутня

#### 3.3 захисне покриття

Покриття, яке створюється на поверхні будівельного виробу, конструкції або арматури для захисту від корозії

### **3.4 карбонізація (нейтралізація) бетону**

Процес взаємодії цементного каменю з вуглекислим газом, що призводить до зниження лужності рідкої фази бетону і втрати бетоном пасивуючої дії на сталеву арматуру

### **3.5 корозія сталеві арматури**

Руйнування сталеві арматури в результаті її хімічної або електрохімічної взаємодії з корозійним середовищем

### **3.6 корозія бетону**

Погіршення характеристик і властивостей бетону в результаті вимивання (вилугування) з нього розчинних складових частин (корозія першого виду); утворення продуктів корозії, які не мають в'язких властивостей (корозія другого виду), і накопичення важкорозчинних солей, які кристалізуються та збільшують об'єм його твердої фази (корозія третього виду)

### **3.7 корозія залізобетону**

Руйнування залізобетону в результаті корозії бетону і (або) арматури

### **3.8 ефективний коефіцієнт дифузії**

Коефіцієнт дифузії речовини в пористому тілі бетону, що враховує вплив пористої структури і вологості бетону, ущільнення поверхневого шару бетону продуктами корозії

### **3.9 крива поляризаційна**

Крива залежності швидкості електродного (анодного або катодного) процесу від потенціалу

### **3.10 пасивний стан**

Стан металу сталеві арматури, при якому швидкість анодного процесу дуже обмежена, корозія практично відсутня

### **3.11 дифузійна проникність**

Проникність бетону для речовини при відсутності градієнта тиску за наявності різниці концентрацій, що спричинена дифузією речовини

### **3.12 реакційна ємність бетону**

Кількість речовини, що поглинається одиницею об'єму бетону

### **3.13 корозійне розтріскування**

Корозія арматури при одночасному впливі корозійного середовища і розтягувальних напружень з виникненням тріщин у металі

### **3.14 система захисного покриття**

Багатошарове покриття, в якому кожний шар виконує певну функцію

### **3.15 стан поставки**

Стан арматурної сталі певного класу, випущеної виробником і переданої споживачеві зі супровідною документацією

### **3.16 тріщиностійкість захисного покриття**

Здатність захисного покриття зберігати цілісність за обмеженої деформації конструкції, яку захищають.

## **4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Цей стандарт установлює такі методи визначень і випробувань корозійної стійкості бетонів, сталеві арматури і захисних покриттів:

- метод визначення корозійної стійкості бетону в розчинах кислот;
- метод визначення дифузійної проникності бетону для вуглекислого газу;
- метод визначення дифузійної проникності бетону для хлоридів;
- електрохімічні методи визначення пасивуючої дії бетону по відношенню до сталеві арматури;
- корозійні випробування сталеві арматури в бетоні;
- метод визначення стійкості арматурної сталі до корозійного розтріскування;
- методи визначення властивостей захисних покриттів на бетоні.

Випробування згідно з вимогами цього стандарту проводяться акредитованими лабораторіями.

## **5 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ БЕТОНУ В РОЗЧИНАХ КИСЛОТ**

### **5.1 Загальні положення**

Цей метод установлює визначення корозійної стійкості бетону за постійної дії на бетон розчинів кислот різного виду і концентрації при відсутності фільтрації розчинів крізь бетон. Для кожного виду і концентрації кислоти слід проводити окремі випробування. Вид кислоти обирається в залежності від завдання випробування.

### **5.2 Суть методу**

Метод визначення корозійної стійкості бетону в розчинах кислот базується на вимірюванні швидкості хімічної взаємодії кислоти з бетоном зразків, занурених у розчин кислоти заданої концентрації.

### **5.3 Підготовка зразків**

**5.3.1** Бетонну суміш для зразків готують згідно з заданою рецептурою та технологією досліджуваного бетону.

**5.3.2** Зразки, залежно від розміру крупного заповнювача, виготовляють діаметром і висотою 50 мм або 100 мм.

Зразки діаметром і висотою 50 мм формують з бетонної суміші з розміром зерен крупного заповнювача не більше ніж 10 мм. Зразки діаметром і висотою 100 мм формують з бетонної суміші з розміром зерен крупного заповнювача не більше ніж 20 мм. Більш крупні зерна заповнювача видаляють.

**5.3.3** Виготовляють 12 зразків. Формування зразків виконують згідно з ДСТУ Б В.2.7-214.

**5.3.4** Після набору бетоном проектної міцності в умовах тверднення, передбачених для досліджуваного бетону, відбраковують зразки за середньою густиною. Середню густину бетону визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-170. Відбраковують зразки, середня густина яких відрізняється від середнього арифметичного значення результатів випробувань усіх зразків серії більше ніж на  $50 \text{ кг/м}^3$ , а також зразки, які мають на поверхні раковини і тріщини. Випробовують по три зразки.

**5.3.5** На бокові поверхні зразків наносять лакофарбовий матеріал  $IV_{a,x,тр}$  групи згідно з ДСТУ Б В.2.6-145, який має міцне зчеплення з бетоном, та характеризується хімічною стійкістю до дії обраної кислоти і повною непроникністю протягом усього терміну дослідження.

Після висушування покриття, незахищені торцеві (робочі) поверхні зразків зчищають шліфувальною шкуркою для видалення слідів покриття та плівки цементного каменю. Зразки маркують та виміряють площу робочих поверхонь.

#### **5.4 Апаратура і матеріали**

Для проведення випробувань застосовують наступну апаратуру і матеріали:

- ваги аналітичні згідно з ГОСТ 24104, не нижче другого класу точності;
  - ємкості зі скла або поліетилену (бутлі або каністри ємкістю від  $10 \text{ дм}^3$  до  $25 \text{ дм}^3$ ) для приготування і зберігання агресивних розчинів;
  - мірний лабораторний посуд не нижче другого класу точності (колби об'ємом  $1000 \text{ дм}^3$ , піпетки - 10, 50,  $100 \text{ см}^3$ , бюретки -  $50 \text{ см}^3$ , мікробюретки) згідно з ГОСТ 1770, ГОСТ 23932, ГОСТ 25336, ГОСТ 29227 (ИСО 835-1), ГОСТ 29252 (ИСО 385-2);
  - скляні конічні колби для титрування ємкістю 250 мл згідно з ГОСТ 25336;
  - розчини кислот категорії чиста для аналізу (ч.д.а.) або хімічно чиста (х.ч.) за відповідними нормативними документами;
  - дистильована вода згідно з ГОСТ 6709;
  - гідроксид натрію згідно з ГОСТ 4328;
  - лакофарбовий матеріал  $IV_{a,x,тр}$  групи згідно з ДСТУ Б В.2.6-145;
  - ацетон згідно з ГОСТ 2603;
  - розчин індикатору кислотного-основного титрування - фенолфталеїну, приготовлений згідно з ГОСТ 4919.1: 1 г фенолфталеїну на  $100 \text{ см}^3$  розчинника.  $100 \text{ см}^3$  розчинника складається з  $60 \text{ см}^3$  етилового спирту згідно з ГОСТ 18300 та  $40 \text{ см}^3$  дистильованої води згідно з ГОСТ 6709;
  - форми діаметром і висотою 50 мм або 100 мм;
  - рН-метр;
  - термометр з діапазоном виміру від  $15^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$  і ціною поділки  $0,1^\circ\text{C}$  згідно з ГОСТ 13646;
  - вібромайданчик лабораторний.
- Випробування зразків виконують у розчинах кислоти з показником рН, що дорівнює 2, 3, 4 з допуском  $\pm 0,1$  за температури  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ .

#### **5.5 Проведення випробування**

**5.5.1** Кожен із трьох паралельних бетонних зразків установлюють в окремий ексикатор. Відстань між робочою поверхнею зразка і стінками ексикатора, а також поверхнею розчину повинна бути не менше ніж 2 см.

**5.5.2** В ексикатор заливають розчин кислоти так, щоб рівень рідини був вищим за верхню грань зразка не менше ніж на 2 см. Співвідношення об'єму розчину в кубічних сантиметрах до  $1 \text{ см}^2$  робочої поверхні зразка має бути не менше 50:1. Правила приготування розчинів кислот наведено в додатку А.

**5.5.3** Перед випробуваннями та періодично в процесі випробувань, методами кислотного-основного титрування, визначають концентрацію кислоти. Безпосередньо, перед відбором проби, розчин кислоти перемішують. При зменшенні концентрації кислоти на  $(5 \pm 0,1) \%$  по відношенню до вихідної, розчин кислоти замінюють новим.

**5.5.4** Загальна тривалість випробувань зразків - 6 місяців. У перші три тижні випробувань проби розчину кислоти відбирають і титрують щоденно, потім три рази на тиждень, після трьох місяців випробувань - двічі на тиждень.

#### **5.6 Обробка результатів випробування**

**5.6.1** При обробці результатів випробувань визначають кількість кислоти, що вступила в хімічну реакцію з бетоном, і розраховують кількість іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , які вступили в хімічну реакцію з кислотою.

**5.6.2** Кількість іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , які вступили в реакцію з кислотою, розраховують наступним чином. Установлюють такі показники:

- періоди між окремими відборами проб ( $T_1, T_2, \dots, T_i$ ) і загальний час від початку випробувань  $\sum T$ , діб;

- площу робочої поверхні зразків, яка взаємодіяла з кислотою  $S$ ,  $\text{см}^2$ ;  
- об'єм розчину кислоти, що взаємодіяв з бетоном у кожний період часу між окремими відборами проб  $Q$ ,  $\text{см}^3$ ;  
- об'єм стандартного розчину з відомою концентрацією, який був використаний для титрування вихідного розчину кислоти до випробування,  $q_1$ ,  $\text{см}^3$ ;

- об'єм стандартного розчину з відомою концентрацією, який був використаний для титрування розчину після взаємодії з бетоном,  $q_2$ ,  $\text{см}^3$ ;

- об'єм розчину кислоти, відібраного для титрування,  $q_3$ ,  $\text{см}^3$ .

Розраховують кількість  $\text{CaO}$ , який прореагував з кислотою за період між відборами проб розчину  $P_{\text{CaO}}$ ,  $\text{г/см}^2$ .

Розраховують загальну кількість  $\text{CaO}$ , що прореагував з кислотою за весь період випробувань -  $\sum P_{\text{CaO}}$ ,  $\text{г/см}^2$ .

**5.6.3** Кількість цементного каменю (в перерахунку на  $\text{CaO}$ )  $P_{\text{CaO}}$ , що вступив у хімічну взаємодію з розчином кислоти за період між двома відборами проб,  $\text{г/см}^2$ , обчислюють за формулою:

$$P_{\text{CaO}} = \frac{(q_1 - q_2) M f_{\text{елев}}(\text{CaO}) \cdot 0,05608 Q}{S q_3}, \quad (1)$$

де  $M$  - молярність розчину;

$f_{\text{елев}}(\text{CaO}) = 1/2$ ;

0,05608 - молярна маса  $\text{CaO}$ , яка відповідає 1  $\text{см}^3$  розчину кислоти концентрації 1 моль/ $\text{дм}^3$ .

**5.6.4** Загальну кількість  $\text{CaO}$ , що вступив у хімічну реакцію з кислотою  $\sum P_{\text{CaO}}$ , визначають підсумовуванням  $P_{\text{CaO}}$  за кожний період випробувань за формулою:

$$\sum P_{\text{CaO}} = P_{1\text{CaO}} + P_{2\text{CaO}} + P_{3\text{CaO}} + \dots + P_{n\text{CaO}}. \quad (2)$$

**5.6.5** Глибину руйнування бетону  $\Gamma_p$ ,  $\text{см}$ , обчислюють за формулою:

$$\Gamma_p = \frac{\sum P_{\text{CaO}}}{\zeta \beta}, \quad (3)$$

де  $\zeta$  - кількість цементу в 1  $\text{см}^3$  дослідного зразка, яку розраховують за фактичним складом бетону,  $\text{г/см}^3$ ;

$\beta$  - вміст  $\text{CaO}$  в цементі, визначений за результатами хімічного аналізу в умовних одиницях.

**5.6.6** За результатами випробувань будують графік у координатах  $\sqrt{t} - \Gamma_p$ . По прямолінійній ділянці графіку визначають константу корозійного процесу  $K$ ,  $\text{см/дб}^{1/2}$ , як тангенс кута нахилу прямої до осі абсцис на графіку.

**5.6.7** Глибину корозійного руйнування бетону  $\Gamma_p$ ,  $\text{см}$ , у проектні терміни експлуатації бетону  $t$  обчислюють за формулою:

$$\Gamma_p = a + K \sqrt{t}. \quad (4)$$

де  $a$  - стала, яка враховує вплив процесів, що протікають у дифузійно-кінетичній області в початковий період випробувань; визначають за графіком  $\sqrt{t} - \Gamma_p$  по точці перетину прямої з віссю ординат.

Приклади розрахунку глибини руйнування бетону в розчинах кислот наведені в додатку Б.

**5.6.8** Статистичну оцінку результатів випробувань здійснюють згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

## 5.7 Протокол випробування

Результати випробування оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- найменування зразків;
- найменування організації, що проводила випробування;
- прізвище виконавця, що проводив випробування;
- використаний спосіб випробування;
- дані про склад і вік бетону, вид цементу, добавки, умови тверднення та інші особливості бетону;
- вид і концентрацію кислоти;
- дату випробування;
- висновок за результатами випробування.

## 6 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДИFUZІЙНОЇ ПРЕНИКНОСТІ БЕТОНУ ДЛЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

### 6.1 Загальні положення

Цей метод установлює порядок випробувань дифузійної проникності бетону для вуглекислого газу на основі даних про швидкість карбонізації (нейтралізації) бетону вуглекислим газом у присутності градієнта загального тиску газоповітряного середовища за наявності різниці концентрації вуглекислого газу в бетоні і навколишньому середовищі в період, коли процес нейтралізації обмежений швидкістю дифузії вуглекислого газу в пористій структурі бетону.

Метод призначений для використання при розробленні технології і проектуванні складів бетону, що забезпечують тривалу безремонтну експлуатацію конструкцій в неагресивних і агресивних газоповітряних середовищах.

Оцінка дифузійної проникності бетону по відношенню до вуглекислого газу дозволяє:

- розрахувати період, протягом якого відбувається нейтралізація захисного шару бетону в газоповітряному середовищі, і оцінити довговічність залізобетонних конструкцій за ознакою збереженості сталеві арматури;
- призначити склад і технологію виготовлення бетону для залізобетонних конструкцій, призначених для експлуатації в атмосфері із заданим вмістом вуглекислого газу.

## 6.2 Підготовка зразків

6.2.1 Бетонну суміш для зразків готують згідно з заданою рецептурою і технологією досліджуваного бетону.

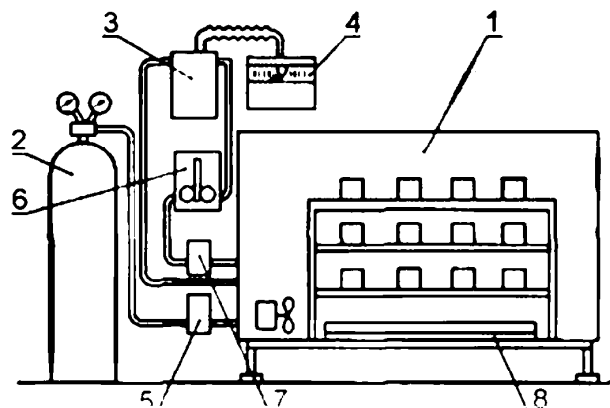
6.2.2 Для випробування виготовляють зразки з бетону у формі куба, призми, циліндра або пластини, мінімальний розмір робочої грані у яких повинен бути не менше 7 см, а товщина - не менше ніж 3 см. В якості робочої грані використовують верхню або нижню сторону зразка, залежно від того, на яку сторону проектованої залізобетонної конструкції впливає агресивне середовище. За відсутності вказівок щодо проектованої залізобетонної конструкції, робочою гранню вважається нижня сторона при формуванні зразків. Зразки можуть бути виготовлені у формі або висвердлені (випиляні) з бетону конструкції або виробу.

6.2.3 Число основних зразків має бути не менше ніж 6 шт. і додаткових зразків - не менше 3 шт.

6.2.4 Бетонні зразки тверднуть в умовах, передбачених для досліджуваного бетону в конструкціях. Зразки випробовують після набору бетоном проектної міцності. Момент досягнення бетоном проектної міцності встановлюють випробуванням додаткових зразків згідно з ДСТУ Б В.2.7-224.

## 6.3 Апаратура і матеріали

6.3.1 Для проведення випробувань використовують обладнання, що здатне автоматично підтримувати задану концентрацію вуглекислого газу (рисунок 1).



1 - камера; 2 - балон з CO<sub>2</sub>; 3 - автоматичний газоаналізатор; 4 - контролюючий командний прилад; 5 - електромагнітний клапан; 6 - блок регулювання; 7 - збуджувач витрати газу; 8 - ванна з розчином хлориду натрію  
**Рисунок 1** - Обладнання для випробування бетону в середовищі вуглекислого газу

6.3.2 Обладнання складається з такого устаткування та приладів:

- герметичної камери об'ємом від 0,5 м<sup>3</sup> до 1,0 м<sup>3</sup>;
- автоматичного газоаналізатора вуглекислого газу з командним приладом згідно з ДСТУ ГОСТ 13320 з діапазоном виміру концентрації вуглекислого газу від 0 % до 22 % та похибкою не більше ніж  $\pm 10$  %;
- електромагнітного клапана;
- етажерки з корозійностійкого матеріалу для розміщення зразків у камері;
- балону згідно з ГОСТ 949 із вуглекислим газом;
- ванни з корозійностійкого матеріалу з насиченим розчином хлориду натрію;
- пристрою для перемішування вуглекислого газу в камері - побутового електровентилятора згідно з ГОСТ 7402.

6.3.3 У камері повинні підтримуватися такі параметри середовища: концентрація вуглекислого газу -  $(10 \pm 0,5)$  % за об'ємом, температура -  $(20 \pm 5)$  °С, відносна вологість -  $(75 \pm 3)$  %.

6.3.4 Використовують наступні реактиви:

- для підтримування заданої відносної вологості середовища - хлористий натрій згідно з ГОСТ 4233;



- для визначення глибини карбонізації бетону - 0,1 % розчин фенолфталеїну в етиловому спирті згідно з ГОСТ 18300.

#### 6.4 Проведення випробування

**6.4.1** У встановлену в камері ванну заливують насичений розчин хлориду натрію і додатково насипають кристалічний хлорид натрію, щоб частина кристалів знаходилася вище рівня розчину.

**6.4.2** Зразки встановлюють у камеру на етажерку, закривають камеру і включають вентилятор. Зразки витримують у камері за відносної вологості повітря ( $75 \pm 3$ ) % і температури ( $20 \pm 5$ ) °С до встановлення постійної маси. Момент встановлення постійної маси визначають періодичним зважуванням (один раз у три доби). Маса вважається постійною, якщо між окремими зважуваннями вона змінюється не більше ніж на 0,1 %.

**6.4.3** Подають вуглекислий газ у камеру і включають автоматичний газоаналізатор та встановлюють концентрацію вуглекислого газу в камері ( $10 \pm 0,5$ ) %.

**6.4.4** Зразки витримують у камері не менше ніж 7 діб і не більше того періоду, протягом якого зразки будуть нейтралізовані на 1/4 своєї товщини. Для цього періодично витягують з камери по одному додатковому зразку і визначають глибину карбонізації бетону (товщину нейтралізованого шару бетону).

**6.4.5** Після закінчення заданого терміну зразки розколюють у напрямку, нормальному робочій грані. Не більше ніж через півгодини на поверхню відколу з боку робочої грані наносять 0,1 % розчин фенолфталеїну в етиловому спирті.

**6.4.6** Мірною лінійкою з точністю до 0,1 см у напрямку, нормальному поверхні зразка, вимірюють товщину  $X$ , нейтралізованого шару бетону, яка дорівнює відстані від поверхні зразка до шару, забарвленого розчином фенолфталеїну в малиновий колір. Вимірювання проводять через 1 см по периметру зразка.

**6.4.7** Із зовнішнього нейтралізованого шару і внутрішнього, такого, що не піддався нейтралізації, відбирають проби бетону масою ( $50 \pm 10$ ) г. Число проб, відібраних з кожного шару бетону, має бути не менше ніж три. Хімічним аналізом об'ємним методом згідно з ДСТУ Б В.2.7-90 визначають кількість зв'язаного вуглекислого газу у всіх пробах і результати для кожного шару бетону усереднюють.

**6.4.8** Середню густину бетону на додаткових зразках визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-170.

#### 6.5 Обробка результатів випробування

**6.5.1** Середнє значення товщини нейтралізованого шару бетону  $X$ , см, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{\sum_1^n X_i}{n}, \quad (5)$$

де  $n$  - число виміру.

При розрахунку середнього значення статистичним методом, відкидають випадючі результати.

**6.5.2** За результатами хімічного аналізу бетону реакційну ємність бетону  $m_0$  у відносних величинах обчислюють за формулою:

$$m_0 = \frac{22,4}{44} \cdot \frac{(m_1 - m_2) \gamma}{100}, \quad (6)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  - кількість зв'язаного вуглекислого газу в зовнішньому і внутрішньому шарі бетону, % від маси бетону;

22,4 - об'єм 1 моль вуглекислого газу, дм<sup>3</sup>/моль;

44 - молекулярна маса вуглекислого газу, г/моль;

$\gamma$  - об'ємна маса бетону, г/дм<sup>3</sup>

Для наближеного розрахунку реакційну ємність бетону обчислюють за формулою:

$$m_0 = 0,4 C \rho f, \quad (7)$$

де  $C$  - вміст цементу, г у 1 см<sup>3</sup> бетону;

$\rho$  - кількість основних оксидів у цементі в перерахунку на СаО у відносних величинах за масою, приймається за даними хімічного аналізу цементу (для наближеного розрахунку  $\rho = 0,6$ );

$f$  - ступінь нейтралізації бетону, що дорівнює відношенню кількості основних оксидів, що вступили у взаємодію з вуглекислим газом, до загальної їх кількості в цементі (в середньому  $f = 0,6$ ).

**6.5.3** Ефективний коефіцієнт дифузії вуглекислого газу в бетоні  $D'$ , см<sup>2</sup>/с, обчислюють за формулою:

$$D' = \frac{m_0 X^2}{2 C \tau}, \quad (8)$$

де  $C$  - концентрація вуглекислого газу в камері у відносних величинах;

$\tau$  - тривалість дії вуглекислого газу на бетон, с.

**6.5.4** Результати випробувань оцінюють згідно з таблицею 1.

**Таблиця 1** - Оцінка проникності бетону для вуглекислого газу

Характеристика проникності бетону	Ефективний коефіцієнт дифузії вуглекислого газу $D' \times 10^4, \text{см}^2/\text{с}$
Бетон нормальної проникності	Понад 0,2 до 1,0
Бетон низької проникності	Від 0,04 до 0,2
Бетон особливо низької проникності	Менше 0,04

Розраховують тривалість карбонізації захисного шару бетону згідно з додатком В.

**6.5.5** Статистичну оцінку результатів випробувань здійснюють згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

### **6.6 Протокол випробування**

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- найменування організації, що проводила випробування;
- прізвище виконавця, що проводив випробування;
- маркування і розміри зразків;
- дату і тривалість випробування;
- дані про склад і вік бетону, вид цементу, добавки, інші особливості бетону;
- результати випробування та оцінку.

## **7 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДИFUZIЙНОЇ ПРОНИКНОСТІ БЕТОНУ ДЛЯ ХЛОРИДІВ**

### **7.1 Загальні положення**

Цей метод установлює визначення дифузійної проникності для хлоридів важкого і легкого бетонів та дрібнозернистого бетону щільної структури на портландцементі, шлакопортландцементі та інших видах в'язучих на основі портландцементного клінкеру. Метод заснований на аналогії між дифузійним потоком речовини і електричним струмом у бетоні.

Даний метод призначений для використання при розробленні технології і складів бетону, що забезпечує тривалу безремонтну експлуатацію конструкцій в агресивних середовищах, які містять хлориди.

Оцінка дифузійної проникності бетону дозволяє:

- оцінювати проникність бетону для хлоридів;
- розраховувати період, протягом якого через захисний шар бетону проникнуть хлориди в кількості, здатній викликати корозію сталеві арматури;
- підібрати склад і технологію виготовлення бетону для залізобетонних конструкцій, призначених для експлуатації в середовищах, що містять хлориди.

### **7.2 Підготовка зразків**

**7.2.1** Готують вісім зразків з бетону розмірами 70 мм x 70 мм x 210 мм або 100 мм x 100 мм x 300 мм, у тому числі - шість зразків з електродами і два зразки без електродів.

**7.2.2** Електроди виготовляють з відрізків гладкого арматурного дроту діаметром 2 мм і довжиною, що дорівнює потрібній висоті бетонного зразка. Дріт очищають від іржі, окалини і забруднень та знежирюють ацетоном. Потім дріт згинають у скоби для того, щоб паралельні ділянки дроту знаходились одна від одної на відстані  $(30 \pm 5)$  мм.

**7.2.3** Бетонну суміш для зразків готують згідно з заданою рецептурою і технологією досліджуваного бетону. Найбільший розмір зерна крупного заповнювача при виготовленні зразків розмірами 70 мм x 70 мм x 210 мм дорівнює 10 мм, а при виготовленні зразків розмірами 100 мм x 100 мм x 300 мм - 20 мм. Зерна більшого розміру з бетонної суміші видаляють.

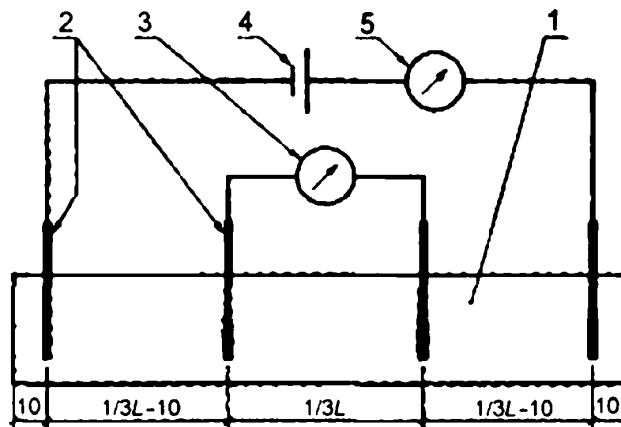
**7.2.4** У кожний зразок установлюють по чотири сталеві електроди. Два електроди встановлюють на відстані 10 мм від торців зразка і два електроди - на відстані, що дорівнює 1/3 довжині зразка від торців. Електроди занурюють у бетонну суміш суворо у вертикальному положенні вільними кінцями на глибину, меншу ніж від висоти зразка на  $(10 \pm 2)$  мм, таким чином, щоб площини скоб були паралельні одна одній.

**7.2.5** Зразки тверднуть у тих же умовах, що і досліджуваний бетон. Випробування проводять після набору бетоном проектної міцності або в будь-якому іншому заданому віці залежно від завдання дослідження. Перед випробуванням зразки насичують дистильованою водою.

**7.2.6** Зразки можуть бути також випиляні з бетону конструкції. У такому випадку в зразках на зазначеній відстані від торців висвердлюють отвори діаметром 3 мм. Далі заповнюють отвори цементним тістом нормальної густоти і вдавлюють електроди.

### **7.3 Апаратура і матеріали**

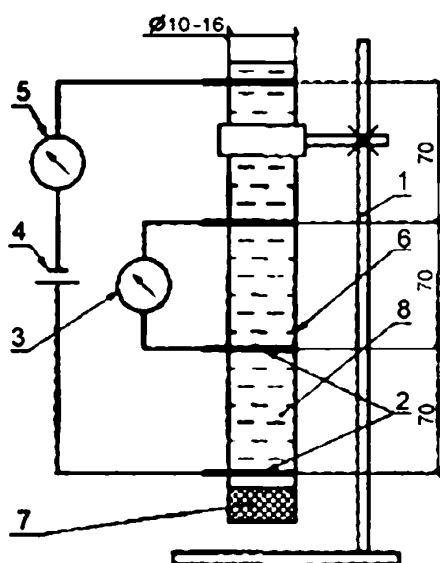
**7.3.1** Вимірювання на зразках з бетону виконують, використовуючи обладнання, зображеного на рисунку 2.



1 - зразок з бетону; 2 - електроди (сталеві скоби); 3 - вольтметр; 4 - джерело струму; 5 - мікроамперметр; L - довжина зразка

**Рисунок 2** - Устаткування для вимірювання електричного опору зразків з бетону

Вимірювання на витяжці з бетону виконують з використанням обладнання, наведеного на рисунку 3.



1 - штатив; 2 - електроди; 3 - вольтметр; 4 - джерело струму; 5 - мікроамперметр; 6 - трубка з електроізоляційного матеріалу; 7 - пробка; 8 - водна витяжка

**Рисунок 3** - Обладнання для вимірювання електричного опору водної витяжки з бетону

**7.3.2** Використовують такі прилади:

- джерело постійного струму з регульованою напругою від 1 В до 100 В;
- вольтметр згідно з ГОСТ 8711 (МЭК 51-2) з вхідним опором не менше  $10^8$  Ом і ціною поділки не більше ніж 5 мВ;
- мікроамперметр згідно з ГОСТ 8711 (МЭК 51-2) з максимальною величиною виміру 10 мА і ціною поділки 1 мкА;
- штатив;
- термометр з діапазоном виміру від 15 °С до 30 °С і ціною поділки 0,1 °С згідно з ГОСТ 13646;
- штангенциркуль згідно з ДСТУ ГОСТ 166 (ІСО 3599) з ціною поділки 0,1 мм;
- пристрій у вигляді трубки з електроізоляційного матеріалу з електродами, який наведений на рисунку 3. Внутрішній діаметр трубки має бути від 10 мм до 16 мм, довжина трубки -  $(280 \pm 10)$  мм.

#### 7.4 Проведення випробування

**7.4.1** Зразки протягом 3 діб насичують дистильованою водою, підвищуючи рівень води на 1/3 висоти зразка кожної доби. На третю добу верх бетонного зразка повинен виступати над водою на (2 - 3) мм.

**7.4.2** Зразки послідовно витягують із води, витирають поверхню бетону вологою тканиною та одразу встановлюють на підкладки з електроізоляційного матеріалу (трубки зі скла або полімерного матеріалу). Вимірюють різницю потенціалів  $\Delta V_0$ , В, між середніми електродами за відсутності струму.

**7.4.3** Підключають джерело струму і послідовно сполучений з ним мікроамперметр до крайніх електродів. Регулюючи значення джерела струму, встановлюють різницю потенціалів  $\Delta V$  між середніми електродами в межах

від 10 В до 15 В і виміряють значення струму  $I$  в електричному колі.

7.4.4 За допомогою штангенциркуля виміряють з точністю до 0,1 мм висоту  $h$  і ширину зразка  $b$ , відстань між середніми електродами  $l$ .

7.4.5 Один з паралельних зразків, що не має електродів, висушують до постійної маси і подрібнюють до повного проходження через сито з розміром отворів 0,63 мм.

7.4.6 З подрібненого матеріалу зразка відбирають чотири проби масою  $(100 \pm 1)$  г,  $(40 \pm 0,5)$  г,  $(20 \pm 0,2)$  г,  $(10 \pm 0,1)$  г і їх засипають у чотири скляні колби.

7.4.7 У колби заливають дистильовану воду в кількості  $100 \text{ см}^3$ . Колби герметично закривають і залишають на 72 год, періодично збовтуючи.

7.4.8 Відстояну над осадом водну витяжку, не збовтуючи, зливають через воронку з фільтром у прилад (рисунок 3). Включають джерело струму і встановлюють між середніми електродами різницю потенціалів  $\Delta V_{BB}$ , що дорівнює  $(5 \pm 0,5)$  В. Виміряють значення струму  $I_{BB}$  в електричному колі.

## 7.5 Обробка результатів випробування

7.5.1 За отриманими результатами розраховують питомий електричний опір бетону  $\rho_b$ , Ом • см, за формулою:

$$\rho_b = \frac{F(\Delta V - \Delta V_0)}{I l}, \quad (9)$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу бетонного зразка,  $\text{см}^2$ ;

$\Delta V$  - різниця потенціалів між середніми електродами після включення джерела струму, В;

$\Delta V_0$  - різниця потенціалів за відсутності струму, В;

$I$  - струм в електричному колі приладу, А;

$l$  - відстань між середніми електродами в зразку, см.

Площу поперечного перерізу зразка  $F$ ,  $\text{см}^2$ , обчислюють за формулою:

$$F = b h, \quad (10)$$

де  $b$  і  $h$  - ширина і висота відповідно поперечного перерізу бетонного зразка, см.

7.5.2 Питомий електричний опір водної витяжки  $\rho_{BB}$ , Ом, розраховують за формулою:

$$\rho_{BB} = K \frac{\Delta V_{BB}}{I_{BB}}, \quad (11)$$

де  $K$  - стала приладу, яку розраховують за формулою:

$$K = \frac{\pi D^2}{4l} \Pi, \quad (12)$$

де  $D$  - внутрішній діаметр трубки в приладі, см;

$l$  - відстань між середніми електродами в трубці приладу, см;

$\Pi$  - поправка.

Поправку і сталу приладу визначають згідно з додатком Г.

7.5.3 Згідно з отриманими результатами будують графік у координатах співвідношення "вода - бетон" - електричний опір та екстраполюють до точки, де співвідношення "вода - бетон" дорівнює нулю. За отриманою точкою визначають електричний опір водної витяжки з бетону (рисунок 4).

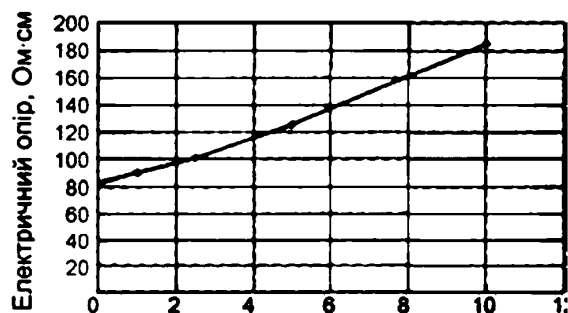


Рисунок 4 - Оцінка електричного опору водної витяжки з бетону

7.5.4 Ефективну наскрізну пористість бетону  $\Pi_{\text{еф}}$  обчислюють за формулою:

$$\Pi_{\text{еф}} = \frac{\rho_{\text{ВВ}}}{\rho_{\text{б}}}, \quad (13)$$

де  $\rho_{\text{ВВ}}$  - питомий електричний опір водної витяжки з бетону, Ом • см;

$\rho_{\text{б}}$  - питомий електричний опір бетону, Ом • см.

7.5.5 Коефіцієнт дифузії хлоридів у бетоні  $D_{\text{б}}$ , см<sup>2</sup>/с, обчислюють за формулою:

$$D_{\text{б}} = D_{\text{СІ}} \Pi_{\text{еф}}, \quad (14)$$

де  $D_{\text{СІ}}$  - коефіцієнт дифузії хлоридів у воді, приймається таким, що дорівнює  $1,23 \times 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/с.

7.5.6 Статистичну оцінку результатів випробувань проводять згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

## 7.6 Протокол випробування

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- найменування організації, що проводила випробування;
- прізвище виконавця, що проводив випробування;
- дату випробування;
- дані про склад і вік бетону, вид цементу, добавки, умови тверднення, інші особливості бетону;
- результати випробування та оцінку результатів.

## 8 ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАСИВУЮЧОЇ ДІЇ БЕТОНУ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО СТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ

### 8.1 Загальні положення

8.1.1 Електрохімічні методи встановлюють методи прискореного визначення і критерії оцінки захисної дії бетону по відношенню до сталевих арматур.

8.1.2 Ці методи визначення не поширюються на бетони, що містять у своєму складі електропровідні частинки, що здатні утворювати зі сталевими арматурами гальванічні пари (частки вугілля, сталева фібра, шунгіт тощо).

8.1.3 Ці методи визначення базуються на оцінці пасивуючої дії бетону по відношенню до сталевих арматур та отриманні залежності густини електричного струму від електричного потенціалу сталевих арматур (потенціодинамічний метод) або значення потенціалу сталевих арматур в бетоні від густини струму (гальванодинамічний метод), і порівнянні отриманих результатів зі встановленими критичними значеннями.

8.1.4 Електрохімічний метод рекомендовано застосовувати для:

- оцінки здатності бетону до пасивації сталевих арматур у будь-який момент тверднення і зберігання бетону;
- оцінки впливу різних видів цементів і добавок на захисну дію бетону по відношенню до сталевих арматур.

### 8.2 Підготовка зразків

8.2.1 Бетонну суміш для зразків готують відповідно до заданої рецептури та технології досліджуваного бетону. Якщо бетонна суміш містить зерна заповнювача розміром більше ніж 10 мм, то їх видаляють з бетонної суміші на ситі з розміром отворів 10 мм.

8.2.2 Готують дев'ять стрижнів завдовжки 120 мм, діаметром від 3 мм до 6 мм. Поверхню стрижнів, включаючи торці, шліфують абразивною шкуркою до сьомого класу чистоти. Перед закладенням у бетон стрижні знежирюють ацетоном.

8.2.3 З бетонної суміші формують зразки розмірами 40 мм x 40 мм x 160 мм або 70 мм x 70 мм x 140 мм. Виготовляють дев'ять зразків із стрижнями зі сталевих арматур і три неармовані зразки.

Стрижні укладають паралельно вздовж осі симетрії зразків з бетону так, щоб захисний шар бетону по всій довжині стрижнів дорівнював  $(10 \pm 3)$  мм.

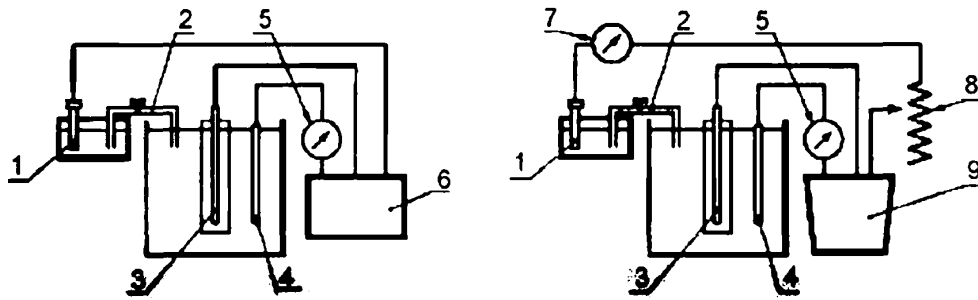
### 8.3 Апаратура і матеріали

8.3.1 Для проведення вимірювань потенціодинамічним методом застосовують:

- потенціостат з діапазоном регульованої напруги не менше (5 - 1000) мВ і струму не менше (1 - 1000) мкА;
- мікроамперметр з максимальною величиною виміру не менше ніж 10 мА і ціною поділки не більше 1 мкА;
- термометр з діапазоном виміру в межах від 10 °С до 30 °С з ціною поділки не більше ніж 1 °С;
- електрод порівняння хлорсрібний насичений зразковий 2-го розряду згідно з ДСТУ ГОСТ 17792;
- допоміжний електрод - стрижень діаметром від 5 мм до 6 мм і завдовжки від 120 мм до 150 мм;
- ємкість з електроізоляційного матеріалу (скло, полімерний матеріал) внутрішнім діаметром не менше ніж 70 мм і висотою від 160 мм до 200 мм;
- електролітичний ключ - скляна трубка діаметром від 3 мм до 5 мм з краном, заповнена насиченим розчином хлористого калію згідно з ГОСТ 4234;

- ваги лабораторні згідно з ГОСТ 24104 для зважування не менше ніж 2 кг з ціною поділки не більше 1 г.
- дистильовану воду згідно з ГОСТ 6709.

Електрична схема для вимірювань потенціодинамічним методом наведена на рисунку 5 а).



а) потенціодинамічний метод

б) гальванодинамічний метод

- 1 - електрод порівняння; 2 - електролітичний ключ; 3 - зразок; 4 - допоміжний електрод; 5 - мікроамперметр; 6 - потенціостат; 7 - вольтметр; 8 - резистор; 9 - джерело струму

**Рисунок 5** - Електричні схеми зняття потенціодинамічних і гальванодинамічних поляризаційних кривих

**8.3.2** Для проведення вимірювань гальванодинамічним методом застосовують:

- вольтметр згідно з ГОСТ 8711 (МЭК 51-2) з вхідним опором не менше ніж 10 МОм і ціною поділки не більше 5 мВ;
- джерело постійного струму з діапазоном регульованої напруги не менше ніж (5 - 1000) мВ і струму не менше ніж (1 - 1000) мкА;
- мікроамперметр згідно з ГОСТ 8711 (МЭК 51-2) з максимальною величиною виміру не менше ніж 10 мА і ціною поділки не більше 1 мкА;
- резистор із змінним опором у діапазоні не менше (1 - 20) МОм;
- термометр згідно з ГОСТ 13646 з діапазоном виміру в межах від 10 °С до 30 °С і ціною поділки не більше ніж 1 °С;
- електрод порівняння хлорсрібний насичений зразковий 2-го розряду згідно з ДСТУ ГОСТ 17792;
- допоміжний електрод - стрижень діаметром від 5 мм до 6 мм і завдовжки від 120 мм до 150 мм;
- емкість з електроізоляційного матеріалу (скло, полімерний матеріал) внутрішнім діаметром не менше ніж 70 мм і висотою від 160 мм до 200 мм;
- електролітичний ключ - скляна трубка діаметром від 3 мм до 5 мм з краном, заповнена насиченим розчином хлористого каїю згідно з ГОСТ 4234;
- ваги лабораторні згідно з ГОСТ 24104 для зважування не менше ніж 2 кг з ціною поділки не більше 1 г;
- дистильовану воду згідно з ГОСТ 6709.

Електрична схема для вимірювань гальванодинамічним методом наведена на рисунку 5 б).

## 8.4 Проведення випробування

**8.4.1** Випробування проводять після набору бетоном проектної міцності і далі через 3 міс і 6 міс випробувань у режимі попереминого насичення питною (водопровідною) водою і висушування на повітрі. Використовують три паралельні зразки.

**8.4.2** Режим попереминого насичення і висушування встановлюють на неармованих зразках. Зразки зважують, поміщають у питну (водопровідну) воду і періодично (один раз на добу), витягуючи з води, зважують.

Насичення зразків водою продовжують до тих пір, поки маса зразків не перестане збільшуватися більше ніж на 0,1 % від початкової. Цей період насичення зразків водою приймають як тривалість насичення основних армованих зразків. Потім зразки поміщають у сушильну шафу за температури 60 °С і, періодично зважуючи (один раз на добу), висушують до первинної маси. Цей період висушування приймають як тривалість висушування основних армованих зразків.

**8.4.3** Зразки зі сталеву арматурою випробовують за встановленим режимом. Зразки бетону зі сталеву арматурою перед електрохімічними випробуваннями насичують дистильованою водою згідно з додатком Е ДСТУ Б В.2.7-171.

**8.4.4** На кожному зразку проводять тільки одне вимірювання. Перед вимірюваннями відколюють бетон з торця зразка так, щоб стрижень був оголений на довжину  $(20 \pm 10)$  мм. Прилеглу до оголеного стрижня поверхню бетону шириною  $(10 \pm 5)$  мм і виступаючу з бетону поверхню стрижня довжиною  $(10 \pm 5)$  мм покривають лакофарбовим матеріалом, мастикою або парафіном, які мають високий електричний опір.

**8.4.5** Підготовлений зразок установлюють в емкість з дистильованою водою таким чином, щоб верх бетонного зразка знаходився над водою на  $(2 - 3)$  мм (рисунок 5). Вимірювання електрохімічних характеристик необхідно проводити за температури води  $(25 \pm 5)$  °С.

**8.4.6** Вимірювання сили струму в мікроамперах потенціодинамічним методом (рисунок 5а)) проводять через  $(60 \pm 5)$  хв після включення потенціостату. Знімають анодну частину поляризаційної кривої зі швидкістю зміни

потенціалу 50 мВ/хв до потенціалу плюс 1000 мВ з реєстрацією сили струму через кожні 50 мВ.

**8.4.7** Вимірювання гальванодинамічним методом (рисунок 5б)) проводять на зразку шляхом реєстрації значення потенціалу в мілівольтах за допомогою вольтметра. Гальванодинамічні характеристики на зразках отримують при зміні сили струму  $I$  рівнями 1; 2; 4; 8; 16; 30; 60; 120; 250; 500; 1000; 2000 мкА.

Після кожного збільшення значення сили струму роблять витримку до стабілізації потенціалу  $E$  (зміна потенціалу - не більше ніж 10 % поточного значення за хвилину).

**8.4.8** Після закінчення випробування струм вимикають і визначають значення потенціалу через  $(60 \pm 5)$  с після відключення струму.

**8.4.9** Після електрохімічних випробувань стрижні звільняють від бетону і визначають наявність або відсутність корозійного ураження.

## 8.5 Обробка результатів випробування

**8.5.1** Площу робочої поверхні стрижня, дотичну з бетоном,  $S$ , см<sup>2</sup>, обчислюють за формулою:

$$S = \pi D l + \pi D^2 / 4, \quad (15)$$

де  $D$  - діаметр стрижня, см;

$l$  - довжина стрижня, зануреного в бетон, см.

**8.5.2** Густина струму при кожному фіксованому значенні потенціалу  $i$ , мкА/см<sup>2</sup>, обчислюють за формулою:

$$i = \frac{I}{S}, \quad (16)$$

де  $I$  - сила струму, мкА;

$S$  - площа робочої поверхні стрижня, см<sup>2</sup>.

**8.5.3** За отриманими результатами будують графік (поляризаційну криву) в координатах: по осі абсцис - густина струму  $i$ , мкА/см<sup>2</sup>, по осі ординат - потенціал робочого електроду  $E$ , мВ.

**8.5.4** Корозійний стан сталевій арматурі в бетоні оцінюють за показниками, наведеними в таблиці 2.

**Таблиця 2** - Показники корозійного стану сталевій арматурі в бетоні

Показники	Корозійний стан сталевій арматурі на момент електрохімічних випробувань
Густина струму при потенціалі плюс 300 мВ: - до 10 мкА/см <sup>2</sup> включно	Пасивний стан
- від 10 мкА/см <sup>2</sup> до 25 мкА/см <sup>2</sup>	Нестійкий пасивний стан
- понад 25 мкА/см <sup>2</sup>	Активний стан (інтенсивна корозія)
Потенціал через $(60 \pm 5)$ с після відключення струму: - понад +5 мВ	Пасивний стан
- менше +5 мВ	Активний стан (корозія)

Додатковими критеріями корозійного стану є наявність або відсутність корозійного ураження сталевій арматурі, значення струму корозії, розраховане згідно з додатком Д. Зразки, корозійний стан яких пасивний протягом усього часу випробувань, не мають корозійного ураження.

**8.5.5** Статистичну оцінку результатів випробувань здійснюють згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

## 8.6 Протокол випробування

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- найменування організації, що проводила випробування;
- прізвище виконавця, що проводив випробування;
- дату випробування;
- метод випробування;
- дані про склад і вік бетону, вид цементу, добавки, умови тверднення, інші особливості бетону;
- діаметр і клас сталі;
- результати випробувань і оцінку пасивуючої дії бетону.

## 9 КОРОЗІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ В БЕТОНІ

### 9.1 Загальні положення

**9.1.1** Метод корозійних випробувань сталевій арматурі в бетоні є прямим методом і встановлює характер корозійних уражень сталі в бетоні і масу кородованої сталі.

Метод поширюється на сталеву арматуру і бетони, приготовлені на цементі на основі портландцементного клінкеру, у тому числі бетони, що вміщують у своєму складі електропровідні частки і здатні утворювати зі сталевую арматурою гальванічні пари (частки вугілля, домішки металу в золі і шлаку, сталева фібра, шунгіт тощо).

**9.1.2** Метод корозійних випробувань базується на оцінці характеру і ступеня корозійного ураження сталеві арматури при зберіганні зразків в умовах поперемінного насичення та висушування і порівнянні отриманих результатів зі встановленими критичними значеннями.

**9.1.3** Метод корозійних випробувань сталеві арматури в бетоні застосовують для визначення здатності бетону захищати сталеву арматуру від корозії в чистій вологій атмосфері при звичайному вмісті в повітрі вуглекислого газу.

Метод не поширюється на випробування сталеві арматури в бетоні в атмосфері, що містить підвищену кількість вуглекислого газу, а також- у присутності інших агресивних газів і аерозолів.

## **9.2 Підготовка зразків**

**9.2.1** Виготовляють 18 стрижнів зі сталеві арматури діаметром від 3 мм до 6 мм довжиною:

- (100 ± 2) мм для зразків розмірами 70 мм x 70 мм x 140 мм;
- (120 ± 2) мм для зразків розмірами 40 мм x 40 мм x 160 мм;
- (140 ± 2) мм для зразків розмірами 100 мм x 100 мм x 200 мм.

Стрижні маркують, вибиваючи на їх поверхні номери зразків. Поверхню стрижнів, включаючи торці, шліфують абразивною шкуркою до сьомого класу чистоти і перед укладенням у бетон - знежирюють ацетоном. Зразки зважують з точністю до 0,001 г.

**9.2.2** Бетонну суміш для зразків готують згідно з заданою рецептурою і технологією досліджуваного бетону. Із бетонної суміші формують зразки розмірами 70 мм x 70 мм x 140 мм або 100 мм x 100 мм x 200 мм. Розмір зерен крупного заповнювача при виготовленні зразків розмірами 70 мм x 70 мм x 140 мм має бути не більше ніж 10 мм, а при виготовленні зразків розмірами 100 мм x 100 мм x 200 мм - не більше ніж 20 мм. Крупніші зерна з бетонної суміші видаляють.

**9.2.3** З бетонної суміші формують три зразки без стрижнів і дев'ять зразків, кожний з яких містить один стрижень. Стрижні встановлюють на призми, виготовлені з цементно-піщаного розчину того ж складу, що і розчинова суміш випробовуваного бетону. У зразках розмірами 70 мм x 70 мм x 140 мм товщина захисного шару бетону має бути (20 ± 2) мм, а в зразках розмірами 100 мм x 100 мм x 200 мм - (30 ± 2) мм.

**9.2.4** Виготовлені бетонні зразки тверднуть в умовах, відповідних умовам тверднення випробовуваного бетону.

## **9.3 Апаратура і матеріали**

Для проведення випробувань застосовують:

- ваги аналітичні згідно з ГОСТ 24104 з похибкою зважування ± 0,0002 г;
- індикатор багатооборотний з ціною поділки 0,001 мм згідно з ГОСТ 9696;
- лінійку згідно з ДСТУ ГОСТ 427 завдовжки від 20 см до 30 см;
- термометр з діапазоном виміру від 10 °С до 30 °С з ціною поділки не більше ніж 1 °С;
- кислоту соляну згідно з ГОСТ 3118 концентрації 10%;
- уротропін згідно з ГОСТ 1381;
- папір фільтрувальний згідно з ГОСТ 12026;
- шкурку шліфувальну згідно з ГОСТ 5009;
- нітрит натрію технічний згідно з ГОСТ 19906.

## **9.4 Проведення випробування**

**9.4.1** Після закінчення 28 діб тверднення зразки випробовують у режимі поперемінного насичення та висушування протягом 3 міс і 6 міс.

**9.4.2** Режим поперемінного насичення та висушування проводять згідно з 8.4.2 цього стандарту.

**9.4.3** Через 28 діб після тверднення зразків, а також через 3 міс і 6 міс їх зберігання в умовах поперемінного насичення та висушування, випробовують по три бетонних зразки та оцінюють характер корозійного ураження сталеві арматури і визначають масу стрижнів.

**9.4.4** При оцінюванні характеру корозійного ураження фіксують площу корозійного ураження у відсотках від загальної площі поверхні стрижня, наявність на ньому нальоту і/або шаруватой іржі, виразкового ураження та глибини корозійного ураження.

**9.4.5** Продукти корозії і залишки цементного каменю на поверхні стрижнів видаляють травленням протягом (25 ± 5) хв у 10 % розчині соляної кислоти з додаванням 1 % інгібітору уротропіну від маси соляної кислоти. Після розчинення продуктів корозії стрижні промивають дистильованою водою, і занурюють на 5 хв у насичений розчин інгібітору нітриту натрію. Стрижні витягують з розчину, протирають поверхню фільтрувальним папером і висушують.

Стрижні зважують з точністю до 0,001 г.

**9.4.6** Одночасно з випробовуваними стрижнями в розчин для травлення вкладають три аналогічні заздалегідь зважені стрижні (контрольні), які не піддавали випробуванням. Після закінчення травлення основних стрижнів



контрольні стрижні також промивають, занурюють на 5 хв у насичений розчин нітриту натрію, протирають тканиною, висушують та зважують.

**9.4.7** Виміряють глибину корозійного ураження сталеві арматури за допомогою індикатора згідно з ГОСТ 9696 з голкою або мікроскопом МІС-11 згідно з відповідним нормативним документом. При використанні індикатора глибину корозійного ураження сталеві арматури оцінюють як різницю показів приладу при встановленні голки на неушкоджену поверхню і ділянку з найбільшою глибиною ураження.

## **9.5 Обробка результатів випробування**

**9.5.1** Площу поверхні стрижня  $S$ ,  $\text{см}^2$ , обчислюють за формулою:

$$S = \pi D l + \pi D^2 / 2, \quad (17)$$

де  $O$  - діаметр стрижня,  $\text{см}$ ;

$l$  - довжина стрижня, зануреного в бетон,  $\text{см}$ .

**9.5.2** Розраховують середню втрату маси контрольних стрижнів у процесі травлення. Для цього розраховують середню різницю маси контрольних стрижнів до і після травлення.

**9.5.3** За результатами зважування випробовуваних стрижнів до і після травлення визначають втрату маси стрижнів за час випробувань. Отримані результати корегують з урахуванням втрати маси стрижнів при травленні кислотою. Для цього з розрахованої втрати маси основних стрижнів віднімають середнє значення втрати маси контрольних стрижнів.

**9.5.4** За результатами корозійних випробувань роблять висновок щодо захисної дії бетону по відношенню до сталеві арматури. Бетон має захисні властивості по відношенню до сталеві арматури, якщо після 6 міс випробувань сталеві арматура не має на поверхні нальоту іржі і корозійних уражень, а втрата маси сталі не перевищує  $10^{-3} \text{ г/см}^2$  ( $10 \text{ г/м}^2$ ).

**9.5.5** Статистичну оцінку результатів випробувань здійснюють згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

## **9.6 Протокол випробування**

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- найменування організації, що проводила випробування;
- прізвище виконавця, що проводив випробування;
- дату випробування;
- дані про склад і вік бетону, вид цементу, добавки, умови тверднення, інші особливості бетону;
- діаметр та клас сталі;
- результати випробування та оцінку здатності бетону захищати сталеву арматуру від корозії.

# **10 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ ДО КОРОЗІЙНОГО РОЗТРІСКУВАННЯ**

## **10.1 Загальні положення**

**10.1.1** Метод визначення стійкості арматурної сталі до корозійного розтріскування призначений для використання при розробленні: нового виду арматури; арматурних сталей, що тривалий час зберігаються на складах; зразків арматури, відібраних при обстеженні експлуатованих споруд. Цей метод може бути застосований для цілей сертифікації арматурної сталі.

**10.1.2** Даний метод заснований на витримці навантажених постійним згинальним навантаженням зразків у гарячому розчині нітрату кальцію і нітрату амонію і визначенні часу до їх руйнування.

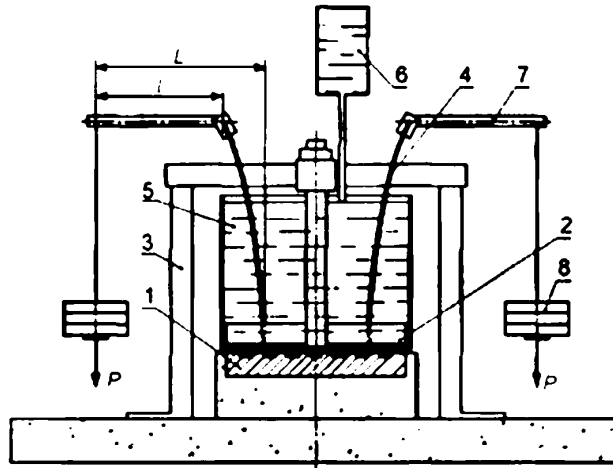
## **10.2 Підготовка зразків**

Випробування при кожному значенні напруження проводять не менше ніж на трьох зразках, відібраних від стрижнів із арматурної сталі в період постачання. Довжину зразків установлюють з урахуванням того, що довжина їх частини, що знаходиться у контакті з розчином, має бути не менше ніж 200 мм.

Зразки маркують, знежирюють ацетоном або етиловим спиртом і протирають фільтрувальним папером.

## **10.3 Апаратура і матеріали**

**10.3.1** Для випробування застосовують важільну установку консольного типу, що забезпечує постійне прикладене згинальне навантаження протягом усього періоду випробувань з похибкою не більше ніж 2 %. Схема установки наведена на рисунку 6.



$L$  - горизонтальна проекція плеча діючої сили  $P$ ;  $l$  - довжина важеля;  $P$  - сила, що діє на випробовуваний зразок, піддаючи його згину; 1 - нагрівальний елемент; 2 - плита з отворами для кріплення випробовуваного зразка; 3 - рама для жорсткої підвіски плити і стійкості установки; 4 - випробовуваний зразок; 5 - ємкість для корозійного розчину; 6 - дозатор води; 7 - важіль; 8 - вантаж

**Рисунок 6** - Схема установки для випробування арматурної сталі на стійкість до корозійного розтріскування в умовах згину

**10.3.2** Для проведення випробування застосовують:

- ацетон згідно з ГОСТ 2603;
- спирт етиловий згідно з ГОСТ 18300;
- нітрат кальцію згідно з ГОСТ 4142;
- нітрат амонію згідно з ГОСТ 22867;
- папір фільтрувальний згідно з ГОСТ 12026.

Розчин для випробування готують наступним чином: беруть 600 масових часток нітрату кальцію і 50 масових часток нітрату амонію і розчиняють у 350 масових часток води згідно з ГОСТ 23732.

#### 10.4 Проведення випробування

**10.4.1** Випробування проводять у розчині згідно з 10.4 цього стандарту за температури від 98 °С до 100 °С.

Випробування стрижнів із арматурної сталі проводять при наступних рівнях напружень 1 у навантажених волокнах залежно від поставлених цілей в частках від  $\sigma_{0,2}$  (умовної межі текучості) - 0,95; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6. Якщо випробовувані зразки не руйнуються протягом 200 год при високому рівні напружень, то випробування при нижчому рівні напружень не проводять.

Для попереднього визначення стійкості стрижнів проти корозійного розтріскування допускається проводити випробування при напруженні 0,9  $\sigma_{0,2}$ .

**10.4.2** Необхідний згинаючий момент  $M$ , Н • м, обчислюють за формулою:

$$M = RW, \quad (18)$$

де  $R$  - напруження в крайньому волокні зразка при згині, кгс/см<sup>2</sup>;

$W$  - момент опору поперечного перетину зразка, м<sup>3</sup>, обчислений за формулою:

$$W = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (19)$$

де  $d$  - діаметр зразка, м.

**10.4.3** Значення діючої сили  $P$ , Н, обчислюють за формулою:

$$P = M / L, \quad (20)$$

де  $L$  - горизонтальна проекція плеча діючої сили, м.

**10.4.4** Необхідну масу вантажу  $G$ , кг, обчислюють за формулою:

$$G = (P / q) - G_0, \quad (21)$$

де  $G_0$  - маса вантажної платформи і маса важеля, кг;

$q$  - гравітаційне прискорення, м • с<sup>-2</sup>.

Після прикладення вантажу масою  $G$  уточнюють значення горизонтальної проекції плеча діючої сили і і

корегують масу вантажу таким чином, щоб згинаючий момент відповідав обчисленому за формулою (18).

**10.4.5** Протягом випробування за допомогою автоматичного пристрою реєструють час до руйнування випробовуваного зразка. Якщо протягом 200 год руйнування зразка не відбулося, випробування припиняють. Така арматурна сталь вважається стійкою до корозійного розтріскування.

Зразок арматурної сталі піддають випробуванню на розтяг згідно з ГОСТ 12004, визначають тимчасовий опір  $\sigma_b$ , відносне видовження після розриву  $\delta_5$  ( $\delta_{100}$ ) і відносне рівномірне видовження  $\delta_p$ . Отримані результати співставляють з аналогічними характеристиками зразків (контрольних), що не піддавались випробуванням. Ступінь зниження властивостей арматурної сталі є додатковим критерієм визначення схильності її до корозійного розтріскування.

Статистичну оцінку результатів випробувань проводять згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

**10.4.6** Відповідно до ГОСТ 10884 (додаток Б) та ДСТУ 3760 арматурна сталь, що витримала більше ніж 100 год випробувань при напруженні  $0,9 \sigma_{0,2}$ , вважається стійкою проти корозійного розтріскування.

## 11 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА БЕТОНІ

Ці методи встановлюють визначення властивостей захисних покриттів (лакофарбових тонкошарових, лакофарбових товстошарових (мастичних), просочувально-кольматуючих на органічній основі, просочувально-кольматуючих на цементно-полімерній основі тощо), які використовуються для вторинного захисту бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій.

Дані методи включають визначення основних захисних властивостей покриттів на бетоні: тріщиностійкість, водонепроникність, дифузійну проникність, морозостійкість та адгезію.

### 11.1 Метод визначення тріщиностійкості покриттів на бетоні

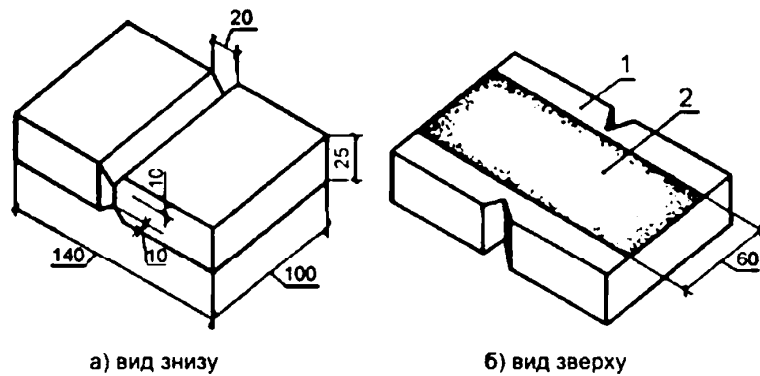
#### 11.1.1 Суть методу

Суть методу визначення тріщиностійкості покриттів на бетоні полягає в моделюванні процесу утворення тріщин у бетонному зразку, при розтягуванні якого в бетоні під покриттям утворюються тріщини, і спостереженні за цілісністю покриття.

#### 11.1.2 Підготовка зразків

**11.1.2.1** Для проведення випробувань виготовляють зразки розмірами 145 мм x 95 мм x 25 мм з цементно-піщаного розчину складу 1:3 з водоцементним відношенням В/Ц = 0,5.

**11.1.2.2** Зразки виготовляють у спеціальній збірно-розбірній формі. У середній частині зразка, знизу і з боків повинно бути передбачено послаблення перерізу за рахунок трикутних виїмок на половину товщини зразка (рисунки 7а).



а) вид знизу  
б) вид зверху  
1 - бетонний зразок; 2 - захисне покриття  
**Рисунок 7** - Загальний вигляд зразка для визначення тріщиностійкості

**11.1.2.3** Формування зразків виконують згідно з ДСТУ Б В.2.7-214.

**11.1.2.4** Зразки протягом 1 доби витримують у формах, потім звільняють від форм і зберігають 6 діб у камері вологого зберігання при відносній вологості не менше ніж 90 % і температурі повітря  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  і 21 добу - при відносній вологості  $(65 \pm 5) \%$  і температурі повітря  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

**11.1.2.5** Для випробування виготовляють по три зразки. На кожен із зразків наносять систему покриття, що складається з сукупності різних груп рідких сумішей.

**11.1.2.6** Перед нанесенням системи покриття поверхня зразків має бути рівною, очищеною від цементного молока і пилу. Вміст вологи в поверхневому шарі бетону і температурні умови в процесі нанесення і тверднення покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів на систему покриття.

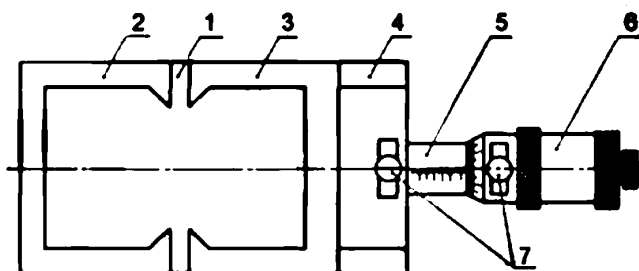
**11.1.2.7** Випробовуване покриття наносять у середній частині верхньої поверхні зразка рівною смугою вздовж усієї довжини зразка шириною до 60 мм, залишаючи з боків незабарвлені ділянки бетону для спостереження за появою тріщин.

Вид покриття і ґрунтовки, число шарів, товщину, технологію нанесення, час і умови тверднення покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів і проектного рішення на систему покриття.

11.1.2.8 Зразки з системою покриття витримують у приміщенні за температури повітря ( $20 \pm 5$ ) °C і відносної вологості ( $65 \pm 5$ ) % протягом терміну, передбаченого нормативними документами на систему покриття.

### 11.1.3 Апаратура і матеріали

11.1.3.1 Для проведення випробування використовують прилад для визначення тріщиностійкості покриття на бетоні. Схема приладу наведена на рисунку 8.



1 - основа; 2 - упорна планка; 3 - рухомий П-подібний затискач; 4 - нерухомий затискач; 5 - внутрішній циліндр розтягуючого механізму; 6 - зовнішній циліндр розтягуючого механізму; 7 - затискні гвинти

**Рисунок 8** - Схема приладу для визначення тріщиностійкості покриття

11.1.3.2 Для спостереження за розкриттям тріщин у бетонному зразку і станом покриття застосовують оптичний мікроскоп типу МПБ згідно з відповідним нормативним документом.

### 11.1.4 Проведення випробування

11.1.4.1 До початку визначення рухомий затискач приладу 3 переміщують до нерухомого затискача 4 до упору. Послабивши затискний гвинт 7 обертанням зовнішнього циліндра 6, нульову відмітку шкали поєднують зі шкалою на внутрішньому циліндрі 5.

11.1.4.2 Випробовуваний зразок вставляють у прилад, після чого, послабивши затискний гвинт, обертають зовнішній циліндр 6 розтягуючого механізму до ліквідації зазору між зразком і губками затискачів і появи тріщин у бетоні під покриттям. Далі обертають зовнішній циліндр розтягуючого механізму 6 до порушення цілісності покриття. Швидкість переміщення рухомого затискача має бути ( $20 \pm 5$ ) мм/хв.

Тріщиностійкість покриття визначають за сумою значень внутрішнього 5 (ціле число міліметрів) і зовнішнього 6 (соті частки міліметра) циліндрів.

11.1.4.3 Стан покриття над тріщиною в процесі її розкриття оцінюють за цілісністю плівки за допомогою оптичного мікроскопа типу МПБ згідно з відповідним нормативним документом.

З моменту утворення тріщин на незабарвлених краях зразка виміряють ширину тріщин на поверхні бетону і описують зміну стану покриття при їх розкритті через кожні 0,01 мм до початку порушення цілісності покриття.

### 11.1.5 Обробка результатів випробування

11.1.5.1 Значення показника тріщиностійкості покриття на бетоні визначають як ширину розкриття тріщин у бетоні в міліметрах, що передують появі ознак руйнування покриття.

11.1.5.2 За результат визначення тріщиностійкості приймають середнє значення мінімальних значень розкриття тріщин у бетоні, які визначені на кожному із зразків.

11.1.5.3 Статистичну оцінку результатів випробувань проводять згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

### 11.1.6 Протокол випробування

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- маркування і розміри зразків;
- характеристики досліджуваного матеріалу покриття (назву, марку, позначення нормативного документа на матеріал і дату виготовлення);
- технологію та умови нанесення захисного покриття (температура, відносна вологість повітря, тривалість сушки);
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування для окремих зразків і серії зразків.

## 11.2 Метод визначення водонепроникності бетону з покриттям

### 11.2.1 Суть методу

Метод визначення полягає в оцінці водонепроникності бетону з покриттям шляхом ступінчастого підвищення тиску води на зразок зі сторони покриття (прямий тиск води) або зі сторони торця без покриття (зворотний тиск води) і витримки до моменту появи мокрої плями на протилежній стороні зразка.

Метод визначення водонепроникності бетону за мокрою плямою проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-170.

### 11.2.2 Підготовка зразків

11.2.2.1 Для проведення випробування виготовляють зразки з бетонної суміші з системою покриття і без покриття.

11.2.2.2 Визначення проводять на шести зразках з однією системою покриття (основні) і шести зразках без покриття (контрольні).

11.2.2.3 Склад бетону та умови тверднення призначають залежно від цілей.

11.2.2.4 Формування зразків в проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-214.

11.2.2.5 Висоту зразків, залежно від найбільшого розміру зерен заповнювача, встановлюють відповідно до таблиці 3.

Таблиця 3 - Найбільший розмір зерна заповнювача в залежності від розміру зразка

Найбільший розмір зерна заповнювача, мм	Найменша висота зразка, мм
10	50
20	100
25	150

Зразки виготовляють у циліндричних формах з внутрішнім діаметром 150 мм і заввишки 50, 100 і 150 мм.

11.2.2.6 Протягом 28 діб зразки тверднуть у камері вологого зберігання при відносній вологості не менше ніж 90 % і температурі повітря ( $20 \pm 5$ ) °С. Перед випробуванням контрольні зразки витримують у приміщенні лабораторії протягом 1 доби.

11.2.2.7 Перед нанесенням системи покриття поверхня зразків має бути рівною, очищеною від цементного молока і пилу. Вміст вологи в поверхневому шарі бетону і температурні умови в процесі нанесення і тверднення покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів на досліджувану систему покриття.

11.2.2.8 На нижню поверхню зразків наносять систему покриття.

Вид покриття і ґрунтовки, число шарів, товщину, технологію нанесення, тривалість і умови тверднення покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів і проектного рішення на систему покриття.

11.2.2.9 Діаметр відкритих торцевих поверхонь зразків має бути не менше ніж 130 мм.

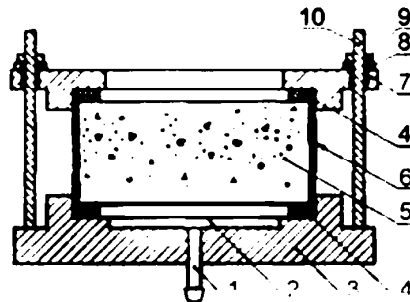
11.2.2.10 Випробовувані зразки з системою покриття витримують в умовах згідно з 11.1.2.8 цього стандарту.

### 11.2.3 Апаратура і матеріали

Для проведення випробування застосовують прилад будь-якої конструкції, який має не менше ніж шість гнізд для кріплення зразків і забезпечує можливість подавання води до нижньої або верхньої торцевої поверхні зразків при зростаючому її тиску, а також - можливість спостереження за станом верхньої торцевої поверхні зразків.

### 11.2.4 Проведення випробування

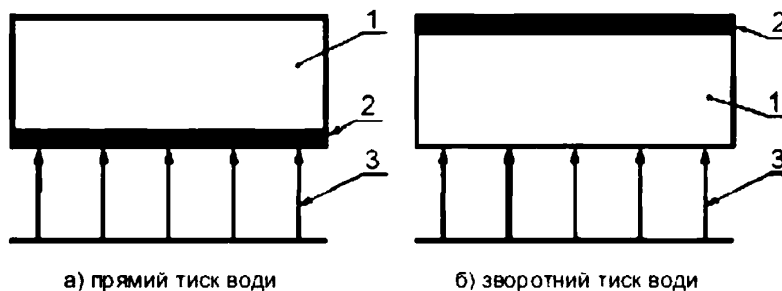
11.2.4.1 Випробовувані зразки встановлюють у гнізда приладу для випробування і надійно закріплюють. Схема кріплення зразків наведена на рисунку 9.



1 - штуцер для подачі води; 2 - захисне покриття; 3 - нерухоме гніздо для встановлення зразка; 4 - гумові кільця ущільнювачів; 5 - випробовуваний зразок; 6 - герметизуюча обмазка або прокладка; 7 - знімна верхня обойма; 8 - шайба; 9 - гайка; 10 - анкерний стрижень з різьбленням

Рисунок 9 - Схема кріплення зразків у гнізда приладу на водонепроникність

11.2.4.2 Схема визначення водонепроникності зразків з покриттям при прямому і зворотному тиску води наведена на рисунку 10.



а) прямий тиск води  
б) зворотний тиск води  
1 - випробовуваний зразок; 2 - захисне покриття; 3 - напрямок подачі води

Рисунок 10 - Схема випробування зразків бетону з системою покриття

11.2.4.3 Тиск води підвищують ступенями по 0,2 МПа протягом часу від 2 хв до 5 хв і витримують на кожній ступені протягом часу, наведеного в таблиці 4. Випробування проводять до появи на верхній торцевій поверхні зразка ознак фільтрації води або мокрої плями.

**Таблиця 4 - Час витримування під тиском води зразків різної висоти**

Висота зразка, мм	50	100	150
Час витримки на кожній ступені, год	6	12	16

**11.2.5 Оцінка результатів випробування**

**11.2.5.1** Водонепроникність кожного зразка оцінюють максимальним тиском води, за якого ще не спостерігалося її просочування через зразок.

**11.2.5.2** Водонепроникність серії зразків з системою покриття і без нього оцінюють максимальним тиском води, за якого на чотирьох із шести зразків не спостерігалося просочування води (мокра пляма).

**11.2.5.3** Марку бетону за водонепроникністю з системою покриттям і без нього встановлюють згідно з таблицею 5.

**Таблиця 5 - Марка бетону з системою покриттям і без нього за водонепроникністю залежно від максимального тиску води**

Максимальний тиск води до появи мокрої плями, МПа	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Марка бетону за водонепроникністю	W2	W4	W6	W8	W10	W12	W14	W16	W18	W20

**11.2.6 Протокол випробування**

Результати випробувань на водонепроникність бетону з системою покриття і без нього оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

а) для бетону без системи покриття:

- маркування і розміри зразків;
- дані про склад і вік бетону;
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування.

б) для бетону із системою покриття:

- маркування і розміри зразків;
- дані про склад і вік бетону до нанесення системи покриття;
- характеристики досліджуваного матеріалу покриття (назву, марку, позначення нормативного документа на матеріал, дату виготовлення);
- технологію та умови нанесення системи покриття (температуру, відносну вологість повітря, тривалість сушки);
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування для окремих зразків і серії зразків.

**11.3 Метод визначення дифузійної проникності покриття на бетоні для вуглекислого газу****11.3.1 Суть методу**

**11.3.1.1** Метод визначення дифузійної проникності покриття на бетоні полягає в оцінці коефіцієнта дифузії вуглекислого газу через покриття залежно від товщини нейтралізованого шару і кількості вуглекислого газу, поглиненого бетоном з покриттям за певний термін, на зразках, що зберігалися в камері з підвищеним вмістом вуглекислого газу.

**11.3.1.2** Визначення дифузійної проникності бетону з просочувально-кольматуючими покриттями проникаючої дії та обробку результатів проводять методом відповідно до розділу 6 цього стандарту.

**11.3.2 Підготовка зразків**

**11.3.2.1** Для визначення дифузійної проникності готують зразки з бетону у формі куба, призми, циліндра або пластини, мінімальний розмір робочої грані яких має бути не менше ніж 7 см, а товщина - не менше 3 см.

**11.3.2.2** Випробування проводять на шести зразках без системи покриття (контрольні) і 12 зразках з однією системою покриття (шість основних і шість додаткових зразків).

**11.3.2.3** Склад бетону та умови тверднення призначають залежно від встановленого завдання.

**11.3.2.4** Формування зразків проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-214.

**11.3.2.5** Зразки, які призначені для випробування, витримують у камері вологого зберігання при відносній вологості не менше ніж 90 % і температурі повітря ( $20 \pm 5$ )°C протягом 28 діб.

**11.3.2.6** Контрольні зразки витримують у герметичній посудині (ексикаторі).

**11.3.2.7** Перед нанесенням системи покриття поверхня зразків має бути рівною, очищеною від цементного молока і пилу. Вологість поверхневого шару бетону і температурно-вологісні умови в процесі нанесення і тверднення системи покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів на досліджуване покриття.

**11.3.2.8** Систему покриття наносять на всі сторони бетонних зразків.

Вид покриття і ґрунтовки, число шарів, товщину, технологію нанесення, термін і умови тверднення покриття визначають згідно з вимогами нормативних документів і проектного рішення на систему покриття.

11.3.2.9 Зразки з системою покриття витримують у приміщенні в умовах згідно з 11.1.2.8 цього стандарту.

### 11.3.3 Апаратура і матеріали

11.3.3.1 Для проведення випробування використовують апаратуру і матеріали згідно з 6.3 цього стандарту.

#### 11.3.4 Проведення випробування

11.3.4.1 Випробування проводять згідно з 6.4 цього стандарту.

11.3.4.2 Зразки витримують у камері не менше ніж 30 діб і не більше часу, протягом якого зразок буде нейтралізований не більше ніж на 1/4 товщину.

11.3.4.3 З випробовуваних у середовищі вуглекислого газу зразків і контрольних зразків, що зберігалися в ексикаторах, відбирають проби бетону масою  $(50 \pm 10)$  г. Проби відбирають з шару бетону завтовшки, що перевищує на 1 см товщину нейтралізованого шару бетону. Число проб, відібраних із зразків, що зберігалися в середовищі вуглекислого газу, має бути не менше ніж три. Із зразків, що зберігалися в ексикаторі, також відбирають не менше трьох проб. Хімічним аналізом згідно з ДСТУ Б В.2.7-90 визначають кількість зв'язаного вуглекислого газу у всіх пробах і результати для кожного шару бетону усереднюють.

11.3.4.4 Середню густину бетону визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-170.

#### 11.3.5 Обробка результатів випробування

11.3.5.1 За результатами хімічного аналізу проб бетону визначають кількість зв'язаного вуглекислого газу в зразках із системою покриття, випробовуваних у газовому середовищі, з розрахунку на  $1 \text{ см}^2$  поверхні зразка,  $m_{\text{вип}}$ ,  $\text{г/см}^2$ , і кількість зв'язаного вуглекислого газу в зразках, що не піддавалися випробуванням у газовому середовищі,  $m_0$ ,  $\text{г/см}^2$ .

Кількість вуглекислого газу, поглиненого зразками за час випробувань у газовому середовищі,  $\Delta t$ , обчислюють за формулою:

$$\Delta t = m_{\text{вип}} - m_0, \quad (22)$$

де  $m_{\text{вип}}$  - кількість зв'язаного вуглекислого газу в зразках з системою покриття, випробовуваних у газовому середовищі, з розрахунку на  $1 \text{ см}^2$  поверхні зразка,  $\text{г/см}^2$ ;

$m_0$  - кількість зв'язаного вуглекислого газу в зразках, що не піддавалися випробуванням у газовому середовищі,  $\text{г/см}^2$ .

11.3.5.2 Ефективний коефіцієнт дифузії  $D_{\text{еф}}$  вуглекислого газу в системі покриття обчислюють за формулою:

$$D_{\text{еф}} = \frac{\Delta t \delta}{\tau C}, \quad (23)$$

де  $\delta$  - товщина покриття, см;

$\tau$  - тривалість випробування в газовому середовищі, с;

$C$  - концентрація вуглекислого газу в газовому середовищі,  $\text{г/см}^3$ .

#### Приклад

За 30 діб випробування в газовому середовищі випробовувані зразки поглинули 0,05 г вуглекислого газу з розрахунку на  $1 \text{ см}^2$  поверхні. Концентрація вуглекислого газу - 10 % за об'ємом, що становить  $1,964 \times 10^{-4} \text{ г/см}^3$ . Товщина захисного покриття - 150 мкм або 0,015 см. Згідно з формулою (23) обчислюють значення ефективного коефіцієнта дифузії вуглекислого газу в системі покриття  $D_{\text{еф}}$

$$D_{\text{еф}} = \frac{0,05 \cdot 0,015}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 1,964 \cdot 10^{-4}} = 1,47 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}.$$

11.3.5.3 Орієнтовні розрахунки ефективного коефіцієнта дифузії вуглекислого газу в системі покриття без хімічного визначення кількості поглиненого вуглекислого газу виконують наступним чином.

Середнє значення товщини нейтралізованого шару бетону  $X$ , см, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{\sum_1^n X_i}{n}, \quad (24)$$

де  $n$  - число вимірів.

Кількість зв'язаного вуглекислого газу  $\Delta t$ ,  $\text{г/см}^2$ , обчислюють за формулою:

$$\Delta t = 0,4 \cdot C \cdot X \cdot p \cdot f, \quad (25)$$

де  $C$  - вміст цементу в бетоні,  $\text{г/см}^3$ ;

$p$  - кількість основних оксидів у цементі в перерахунку на  $\text{CaO}$  у відносних величинах за масою. Приймають за

даними хімічного аналізу цементу (для наближеного розрахунку  $p = 0,6$ );

$f$  - ступінь нейтралізації бетону, що дорівнює відношенню кількості основних оксидів, що вступили у взаємодію з вуглекислим газом, до загальної їх кількості в цементі (в середньому  $f = 0,6$ ).

Далі за формулою (23) обчислюють ефективний коефіцієнт дифузії вуглекислого газу в системі покриття.

**11.3.5.4** Статистичну оцінку результатів випробувань проводять згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

#### **11.5.6 Протокол випробування**

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

а) для бетону без системи покриття:

- маркування і розміри зразків;
- дані про склад і вік бетону;
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування;

б) для бетону із системою покриття:

- маркування і розміри зразків;
- дані про склад і вік бетону до нанесення покриття;
- характеристики досліджуваного матеріалу покриття (назву, марку, позначення нормативного документа на матеріал, дату виготовлення);
- технологію та умови нанесення системи покриття (температуру, відносну вологість повітря, тривалість сушки);
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування для окремих зразків і серії зразків.

### **11.4 Метод визначення морозостійкості покриттів на бетоні**

#### **11.4.1 Суть методу**

Метод визначення морозостійкості покриттів на бетоні полягає у встановленні максимального числа цикліє заморожування і відтавання зразків бетону з системою покриття в розчині солей, при яких відсутнє руйнування покриття і зберігаються його адгезійні властивості в нормованих межах.

#### **11.4.2 Підготовка зразків**

**11.4.2.1** Для випробування виготовляють 16 зразків (з яких один контрольний) розміром 100 мм x 100 мм x 100 мм або 70 мм x 70 мм x 70 мм бетонної суміші з однією системою покриття.

**11.4.2.2** Виготовлення зразків виконують згідно з вимогами 11.3.2 цього стандарту.

#### **11.4.3 Апаратура і матеріали**

**11.4.3.1** Для проведення випробування використовують морозильну камеру, що забезпечує досягнення і підтримування температури не більше ніж мінус  $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

**11.4.3.2** Для приготування робочого розчину для насичення застосовують хлористий натрій згідно з ГОСТ 4233, воду згідно з ГОСТ 23732.

**11.4.3.3** Для проведення випробування використовують:

- ванну для насичення зразків 5 % водним розчином хлористого натрію;
- ванну для відтавання зразків, обладнану пристроєм для підтримки температури розчину хлориду натрію в межах  $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- ємкості для випробування зразків на морозостійкість з довжиною, шириною і висотою відповідно 90 мм x 90 мм x 110 мм або 120 мм x 120 мм x 140 мм з товщиною стінок  $(1,0 \pm 0,5)$  мм.

**11.4.3.4** Для розміщення ємкостей зі зразками в морозильній камері використовують сітчастий степаж.

**11.4.3.5** Для оцінки зовнішнього вигляду зразків застосовують лупу із збільшенням від  $4^x$  до  $10^x$  згідно з ГОСТ 25706.

#### **11.4.4 Проведення випробування**

**11.4.4.1** На трьох основних зразках з системою покриття у вихідному стані визначають адгезію згідно з ГОСТ 28574. Контрольний зразок з системою покриття зберігають при температурі від  $15 ^\circ\text{C}$  до  $30 ^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря не більше ніж 80 % протягом усього часу випробувань.

**11.4.4.2** Зразки перед випробуванням занурюють на 24 год у 5 % водний розчин хлористого натрію за температури  $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$  на 1/3 їх висоти, потім рівень рідини підвищують до 2/3 висоти зразка і витримують у такому стані ще 24 год. Після цього зразки повністю занурюють у рідину на 48 год, щоб рівень рідини був вищий за верхню грань зразків не менше ніж на 20 мм.

**11.4.4.3** Для проведення випробування зразки розміщують у ємкість, заповнену 5 % водним розчином хлористого натрію на дві дерев'яні підкладки, при цьому відстань між зразками і стінками ємкості повинна бути  $(10 \pm 2)$  мм, шар розчину над верхньою стороною зразків повинен бути не менше ніж 10 мм.

**11.4.4.4** Розчин хлористого натрію в ємкості для випробування зразків на морозостійкість змінюють через кожних 20 циклів.

**11.4.4.5** Зразки в закритих ємкостях поміщають у морозильну камеру за температури повітря в ній не вище ніж  $10 ^\circ\text{C}$  так, щоб відстань між стінками ємкостей і камери була не менше ніж 50 мм. Після встановлення в морозильній камері температури мінус  $10 ^\circ\text{C}$ , її знижують протягом  $(2,5 \pm 0,5)$  год до температури від мінус  $50 ^\circ\text{C}$  до мінус  $55 ^\circ\text{C}$  і витримують протягом  $(2,5 \pm 0,5)$  год. Далі температуру в морозильній камері підвищують протягом  $(1,5 \pm 0,5)$  год до мінус  $10 ^\circ\text{C}$  і при цій температурі вивантажують з неї ємкості зі зразками.



При заморожуванні зразків з розміром ребра 70 мм час зниження і витримування температури в морозильній камері зменшують на 1 год.

Зразки з розміром ребра 100 мм відтають протягом  $(2,5 \pm 0,5)$  год, з розміром ребра 70 мм -  $(1,5 \pm 0,5)$  год у ванні з 5 % водним розчином хлористого натрію і з температурою  $(18 \pm 2)$  °С. При цьому відкриті ємкості із зразками занурюють у ванну так, щоб кожна з них була оточена шаром розчину не менше ніж 50 мм.

**11.4.4.6** Число циклів поперемінного заморожування та відтавання зразків протягом 1 доби має бути не менше одного.

**11.4.4.7** Умовне співвідношення між числом циклів випробувань прискореним методом, заснованим на заморожуванні та відтаванні зразків у розчині солі, і морозостійкістю покриттів на бетоні встановлюють згідно з таблицею 6.

**Таблиця 6** - Число циклів заморожування та відтавання і циклів випробування зразків бетону з системою покриття

Число циклів заморожування та відтавання	200	300	400	500
Число циклів випробування	5	10	15	20

**11.4.4.8** Стан зразків оцінюють після виймання їх з ємкості і витримки протягом 1 доби за температури  $(20 \pm 5)$  °С і вологості  $(65 \pm 5)$  % у приміщенні.

**11.4.4.9** Оцінку стану зразків бетону з системою покриття проводять відповідно до ГОСТ 9.407 за появою зовнішніх змін покриття (розтріскування, вивітрювання, відшаровування тощо) на поверхні бетону, а також - за зміною адгезійних властивостей покриття до бетону згідно з ГОСТ 28574.

**11.4.4.10** Зовнішні зміни системи покриття оцінюють візуально без застосування збільшувальних приладів або за допомогою лупи шляхом порівняння з контрольним зразком.

#### **11.4.5 Обробка результатів випробування**

**11.4.5.1** Статистичну оцінку результатів випробувань проводять згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207.

**11.4.5.2** За значення морозостійкості покриттів на бетоні приймають максимальне число циклів заморожування та відтавання, яке витримало покриття без появи ознак руйнування. При цьому адгезійні властивості покриттів не повинні знижуватися більше ніж на 35 % від вихідного значення.

**11.4.5.3** Морозостійкість серії зразків оцінюють максимальним числом циклів заморожування та відтавання, при якому на чотирьох із шести зразків не спостерігалось руйнування покриття і зниження значення адгезії більше ніж на 35 % вихідного значення.

#### **11.4.6 Протокол випробування**

Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять:

- маркування і розміри зразків;
- дані про склад і вік бетону до нанесення системи покриття;
- характеристики матеріалу досліджуваної системи покриття (назву, марку, позначення стандарту або технічних умов на матеріал, дату виготовлення);
- технологію та умови нанесення системи покриття (температуру, відносну вологість повітря, тривалість сушки);
- дату і місце проведення випробування;
- результати випробування для окремих зразків і серії зразків.

#### **11.5 Метод визначення адгезії покриттів до бетону**

Метод визначення адгезії покриттів до бетону полягає у вимірюванні сили, необхідної для відриву покриття від бетонної поверхні в напрямку, перпендикулярному до площини покриття, за допомогою приклеєного металевого штампу ("грибка") і динамометра.

Випробування на адгезію покриттів до поверхні бетону та обробку результатів проводять згідно з ГОСТ 28574.

## ДОДАТОК А (довідковий)

### ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ БЕТОНУ В РОЗЧИНАХ КИСЛОТ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

**A.1** Аналізи за визначенням концентрації вихідних і робочих розчинів кислот повинні проводити фахівці, що засвоїли методи аналітичної хімії, з дотриманням усіх вимог щодо проведення лабораторних робіт.

**A.2** Випробування зразків проводять у розчинах кислот з показником рН, що дорівнює 2, 3 і 4.

**А.3** Показник рН дорівнює  $- \lg H^+$ . У розбавлених водних розчинах сильних кислот ( $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ) концентрація іонів водню  $H^+$  практично дорівнює концентрації  $C$  цих кислот у розчинах:

$$pH = - \lg H^+ = - \lg C. \quad (A.1)$$

Для розчинів цих кислот концентрацій 0,01; 0,001; 0,0001 ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ) рН дорівнює відповідно 2, 3 і 4. У розчинах слабких кислот концентрація іонів  $H^+$  дорівнює:

$$C_{H^+} = \sqrt{K_d C}, \quad (A.2)$$

де  $K_d$  - константа дисоціації кислоти:

$$pH = - \lg \sqrt{K_d C}. \quad (A.3)$$

Наприклад, для мурашиної кислоти  $K_d$  дорівнює  $1,5 \times 10^{-5}$ . Розчини концентрацій 0,1; 0,01; 0,001 мають рН відповідно 2,4; 2,91; 3,41.

**А.4** Титрувальний розчин готують згідно з ГОСТ 25794.1, ГОСТ 25794.2, ГОСТ 25794.3. Приготування розчину кислоти заданої концентрації починають з визначення густини концентрованої кислоти. За густиною розраховують кількість (у грамах) концентрованої кислоти в  $1 \text{ см}^3$  розчину. Наприклад, необхідно приготувати  $18 \text{ дм}^3$  розчину соляної кислоти з рН, що дорівнює 2 (концентрація  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ).

У  $1 \text{ дм}^3$  соляної кислоти концентрації  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  міститься  $0,365 \text{ г HCl}$ . Концентрована соляна кислота густиною  $1,19 \text{ г/см}^3$  містить  $0,4556 \text{ г/см}^3 \text{ HCl}$ . Кількість концентрованої кислоти для приготування  $18 \text{ дм}^3$  розчину  $HCl$  концентрації  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  дорівнює  $(18 \times 0,365) : 0,4556 = 14,42 \text{ см}^3$ . Вказану кількість кислоти вливають у  $18 \text{ дм}^3$  дистильованої води.

**А.5** Кількість кислоти в приготованому розчині визначають наступним чином. До певної кількості розчину, відібраного піпеткою із загального об'єму розчину, в присутності кислотно-основного індикатора поступово з бюретки підливають титрований об'єм основи (гідроксид натрію) до настання точки еквівалентності (нейтралізації) за переходом кольору забарвлення індикатора. Кількість кислоти, що міститься у випробовуваному розчині до випробувань  $d_1$  і в процесі випробувань  $d_2$ , визначають за об'ємом титрувального розчину гідроксиду натрію.

**А.6** Розчини гідроксиду натрію концентрацій  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  і  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  готують розчиненням відповідно  $4,0 \text{ г}$  і  $0,4 \text{ г NaOH}$  у воді в мірній колбі ємкістю  $1000 \text{ см}^3$ . Потім доводять розчин водою до мірної риски і перемішують. Нормальність розчину гідроксиду натрію визначають за розчином кислоти відповідної концентрації, приготовленої з фіксаналу.

**А.7** Титрування розчинів слабких кислот з рН, що дорівнює від 2,4 до 2,7 ( $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) проводять розчином гідроксиду натрію концентрації  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  при кімнатній температурі.

Титрування сильних кислот із значенням рН від 2 до 4 та слабких кислот із значенням рН більше ніж 3 проводять розчином гідроксиду натрію концентрацією  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  за температури кипіння для того, щоб виключити вплив вугільної кислоти.

**А.8** Як індикатор слід застосовувати від двох до трьох краплин розчину фенолфталеїну. Титрування сильних кислот з рН, що дорівнює 4 ( $0,0001 \text{ моль/дм}^3$ ) проводять розчином гідроксиду натрію концентрації  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  з мікробюретки.

**А.9** З точністю  $0,2 \%$  розчином гідроксиду натрію концентрації  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  можна титрувати розчини кислот з  $K_d$  більше ніж  $1 \times 10^{-6}$

## ДОДАТОК Б (довідковий)

### ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ ГЛИБИНИ РУЙНУВАННЯ БЕТОНУ В РОЗЧИНАХ КИСЛОТ

#### Приклад 1

Зразки з бетону марок за водонепроникністю W8 і W16 випробувані протягом 10 діб у розчині сірчаної кислоти з рН, що дорівнює 2 ( $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ). Склад бетону марки за водонепроникністю W8 - Ц:П:Щ = 1:1,3:2,6;

$V/C = 0,42$ ;  $C = 450 \text{ кг/м}^3$ ; вміст  $\text{CaO}$  в цементі 62 %. Склад бетону марки за водонепроникністю W16 - Ц:П:Щ = 1:1,2:2,4;  $V/C = 0,32$ ;  $C = 495 \text{ кг/м}^3$ ; модифікатор бетону МБ 10-01 - 15 % від маси цементу; вміст  $\text{CaO}$  в цементі 65 %.

За 10 діб випробувань кількість розчиненого цементного каменя в перерахунку на  $\text{CaO}$  становить для бетону марки за водонепроникністю W8 -  $\sum P_{\text{CaO}} = 0,013 \text{ г/см}^2$ , для бетону марки за водонепроникністю W16 -  $\sum P_{\text{CaO}} = 0,010 \text{ г/см}^2$ .

Глибина руйнування бетону марки за водонепроникністю W8, розрахована за формулою (3), становить:

$$\Gamma_p = \frac{0,013}{0,45 \cdot 0,62} = 0,046 \text{ см.}$$

Глибина руйнування бетону марки за водонепроникністю W16 становить:

$$\Gamma_p = \frac{0,010}{0,495 \cdot 0,65} = 0,031 \text{ см.}$$

Кожні наступні 10 діб до 6 міс розраховують глибину руйнування бетону і будують графік у координатах  $\sqrt{t} - \Gamma_p$ . Знаходять константу корозійного процесу  $K$  за графіком  $\sqrt{t} - \Gamma_p$  як тангенс кута нахилу прямої і сталу  $a$  і за формулою (4) розраховують глибину корозії бетону у певні терміни.

*Приклад 2*

Розрахунок глибини руйнування бетону за 50 років. Вихідні дані ті ж самі, що наведені в

прикладі 1. Зразки випробувані в розчині молочної кислоти концентрації  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ , з  $\text{pH} = 3,75$ .

Константа корозійного процесу для бетону марки за водонепроникністю W8 -  $8,3 \times 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{дб}^{1/2}$ , для бетону марки за водонепроникністю W16 -  $2,8 \times 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{дб}^{1/2}$ . Постійна  $a$  дорівнює нулю.

Глибина руйнування бетону марки за водонепроникністю W8 за 50 років згідно з формулою (4) становить:

$$\Gamma_p = 8,3 \cdot 10^{-3} \sqrt{50 \cdot 365} = 1,12 \text{ см.}$$

Глибина руйнування бетону марки за водонепроникністю W16 за 50 років згідно з формулою (4) становить:

$$\Gamma_p = 2,8 \cdot 10^{-3} \sqrt{50 \cdot 365} = 0,38 \text{ см.}$$

## ДОДАТОК В (довідковий)

### ПРОГНОЗУВАННЯ ГЛИБИНИ КАРБОНІЗАЦІЇ БЕТОНУ І ТРИВАЛОСТІ КАРБОНІЗАЦІЇ ЗАХИСНОГО ШАРУ БЕТОНУ

Глибину карбонізації бетону  $X$  за час  $t$  у повітряному середовищі з концентрацією вуглекислого газу  $C$  розраховують за формулою:

$$X = \sqrt{\frac{2D' C t}{m_0}}. \quad (\text{B.1})$$

Глибину карбонізації бетону  $X_1$  при концентрації вуглекислого газу в повітрі  $C_1$  за час  $t_1$  можна розрахувати, якщо отримані наступні дані про результати випробувань зразків у камері з підвищеною концентрацією вуглекислого газу  $C_2$ : глибина карбонізації бетону  $X_2$ , см, тривалість випробувань  $t_2$ , с. Розрахунок виконують за формулою:

$$X_1 = X_2 \sqrt{\frac{C_1 t_1}{C_2 t_2}}. \quad (\text{B.2})$$

Час карбонізації  $t_1$  захисного шару товщиною  $X_1$  при концентрації вуглекислого газу в повітрі  $C_1$  розраховують за формулою:

$$\tau_1 = \frac{X_1^2 C_2 \tau_2}{X_2^2 C_1}, \quad (B.3)$$

де  $C_2$  - концентрація вуглекислого газу в камері під час випробування;

$t_2$  - тривалість випробування;

$X_2$  - глибина карбонізації бетону за час випробування.

**Приклад 1**

Розраховують глибину карбонізації бетону  $X_1$ , що має ефективний коефіцієнт дифузії вуглекислого газу  $1 \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$  і реакційну ємність  $43,2 \text{ см}^3/\text{см}^3$  за 50 років при концентрації вуглекислого газу в повітрі 0,03 % (відносна величина  $3 \times 10^{-4}$ ):

$$X = \sqrt{\frac{2D' C \tau}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-4} (50 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600)}{43,2}} = 1,48 \text{ см.}$$

**Приклад 2**

Розраховують глибину карбонізації бетону за 50 років  $X_1$ , якщо за 7 днів випробувань при концентрації вуглекислого газу 10 % глибина карбонізації бетону дорівнює 0,8 см:

$$X_1 = X_2 \sqrt{\frac{C_1 \tau_1}{C_2 \tau_2}} = 0,8 \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-4} (50 \cdot 365)}{0,1 \cdot 7}} = 2,24 \text{ см.}$$

#### ДОДАТОК Г (довідковий)

### РОЗРАХУНОК ПОПРАВКИ І СТАЛОЇ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИФУЗІЇ ХЛОРИДІВ У БЕТОНІ

Готують розчин КСІ концентрації 1 моль/дм<sup>3</sup>, для чого 74,5 г хімічно чистого КСІ згідно з ГОСТ 4234 розчиняють у 500 дм<sup>3</sup> дистильованої води і додаванням води доводять об'єм розчину до 1000 дм<sup>3</sup>.

Виміряють внутрішній діаметр трубки  $D$  і відстань між середніми електродами  $l$  з точністю до 0,01 см. Запивають у трубку розчин таким чином, щоб над верхнім електродом був шар розчину завтовшки 2 см. Включають електричний ланцюг приладу і виміряють струм  $I$  і різницю потенціалів при включеному струмі  $\Delta V_{КСІ}$  і після відключення струму  $\Delta V_{КСІ-0}$ .

Розраховують значення питомого електричного опору розчину КСІ за формулою:

$$\rho_e = \frac{\pi D^2 (\Delta V_{КСІ} - \Delta V_{КСІ-0})}{4l \cdot I}. \quad (Г.1)$$

Діленням питомого електричного опору 1 н. розчину КСІ, отриманого з [1],  $\rho_c$  на експериментально отримане значення  $\rho_e$  розраховують значення поправки  $\Pi$  за формулою:

$$\Pi = \frac{\rho_c}{\rho_e}. \quad (Г.2)$$

Обчислюють сталу приладу  $K$  за формулою:

$$K = \frac{\pi D^2}{4l} \Pi. \quad (Г.3)$$

**Приклад**

Діаметр трубки приладу дорівнює 1,40 см, відстань між електродами 7 см, температура 23 °С, струм  $1,35 \times 10^{-3}$

А, різниця потенціалів  $\Delta V_{KCl}$  дорівнює 0,052 В та  $\Delta V_{KCl-0}$  дорівнює 0,000 В.

Тоді:

$$\rho_e = \frac{\pi 1,4^2 \cdot 0,052}{4 \cdot 7 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}} = 8,466 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Визначення повторюють три рази та отримують значення 8,466; 8,352; 8,869 Ом · см, що в середньому становить 8,562 Ом · см. За довідником знаходять, що розчин КСі концентрації 1 моль/дм<sup>3</sup> за температури 23 °С має питомий опір 9,268 Ом · см. Значення поправки  $\Pi$  дорівнює:

$$\Pi = \frac{9,268}{8,562} = 1,082.$$

Потім обчислюють значення сталої приладу  $K$ :

$$K = \frac{\pi 1,4^2 \cdot 1,082}{4 \cdot 7} = 0,2378.$$

#### ДОДАТОК Д (довідковий)

### РОЗРАХУНОК СТРУМУ КОРОЗІЇ ЗА ПОЛЯРИЗАЦІЙНОЮ КРИВОЮ

Струм корозії розраховують за значенням поляризаційного опору  $R$ , розрахованому для початкової ділянки поляризаційної кривої при зсуві потенціалу від сталого значення не більше ніж на 10 мВ.

Поляризаційний опір  $R$ , Ом, розраховують за формулою:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta i}, \quad (\text{Д.1})$$

де  $\Delta V$  - зсув потенціалу від сталого значення, В;

$\Delta i$  - зміна струму при вказаному зсуві потенціалу, А.

Струм корозії  $i_{кор}$ , А/см<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$i_{кор} = \frac{B}{R}, \quad (\text{Д.2})$$

де  $B$  - коефіцієнт, що дорівнює 0,026 В згідно з [1];

$R$  - визначається згідно з формулою (Д.1).

Критичним (пасивний стан) є струм корозії  $1 \times 10^{-7}$  А/см<sup>2</sup> (0,1 мкА/см<sup>2</sup>), відповідний швидкості корозії 1 мкм за рік.

### БІБЛІОГРАФІЯ

- [1] Справочник химика Т. III, М.Л., Изд. "Химия", 1965. С. 657.
- [2] RILEM TC 154-EMC "Electrochemical Techniques for Measuring Metallic Corrosion". Recommendations. Andrade C, Alonso 3 Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method // Materials and Structures, Vol, 37, November 2004, pp. 623-643.

Код УКНД: 91.080.40

**Ключові слова:** бетон, загізобетон, захист від корозії, методи випробувань, корозійна стійкість, захисні покриття, захисна дія бетону, сталева арматура, корозійні випробування, агресивні середовища, дифузійна проникність, корозійне розтріскування.