

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОТИОЖЕЛЕДНОЇ РІДИНИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Розглянуто фізико-хімічні показники протиожеледної рідини. Ці показники будуть використані під час розробки рекомендацій щодо боротьби з зимовою слизькістю.

### **Матеріали і методика досліджень.**

Для проведення випробувань було застосовано матеріал протиожеледної рідини (ПР) з порівняння результатів досліджень була використана сіль технічна поварена за ГОСТ 15574, яка широко застосовується у дорожніх господарствах України як протиожеледний реагент. Вода для приготування сольових розчинів відповідала вимогам ГОСТ 23732.

Випробування бетонних зразків (М 300) проводили згідно з такими документами: ГОСТ 10180 "Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам" (на приборі МІИ - 100 та пресі ЦД-40), ДСТУ Б В.2.7-47-96 «Бетони. Методи визначення морозостійкості» (в морозильній камері "Fuatron").

Асфальтобетонні зразки для випробувань були виготовлені з гарячої асфальтобетонної суміші типу А. Їх випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-89.

Масу зразків визначали шляхом зважування.

### **Дослідження протиожеледних властивостей рідини ПР**

Випробування ПР, як реагенту для боротьби з ожеледдю було проведено по двох напрямках:

- а) визначення часу потрібного на виникнення крижаної кірки товщиною 1 мм при різних температурах та нормах витрат матеріалу;
- б) визначення часу появи крижаної кірки на поверхні цементобетонного чи асфальтобетонного покриття після обробки його антиожеледним реагентом з профілактичною метою.

Крім того досліджували корозійний та морозокорозійний вплив ПР на властивості цементобетонних і асфальтобетонних зразків.

Випробування для визначення часу, необхідного для розтавання крижаної кірки, проводили таким чином:

На стандартних зразках з бетону (куби 10x10x10 см) та асфальтобетону (циліндри 7x7 см) робили бортик, що запобігає витіканню рідини, яку наносили на поверхню. Далі на поверхню зразків наливали воду шаром 1 мм.

Зразки з водою ставили в морозильну камеру, де їх заморожували при різних температурах, ( мінус 5 °С, мінус 10 °С, мінус 15 °С, мінус 20 °С ). Після повного замерзання води за допомогою оприскувача "Росинка" на льодову кірку, яка утворилась на зразках, наносились рідини: сольовий розчин з концентрацією 23,1 %; реагент ПР з концентрацією 52,7 % ( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ ) і реагент ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ ) вар'юючи з витрати матеріалів ( 250 мл/м ; 450 мл/м ; 700 мл/м ). Зразки поміщали у морозильну камеру і проводили вимірювання часу, необхідного для розтавання, тобто повного знищення крижаної кірки. Результати досліджень наведені в таблицях 1; 2; 3.

Таблиця 1

Час розтавання крижаної кірки під впливом соляного розчину з концентрацією 23,1 %

| Температура середовища, °С | Витрати соляного розсолу мл/м <sup>2</sup> | Час розтавання соляної кірки при товщині $h=1$ мм. хв. |
|----------------------------|--|--|
| мінус 5                    | 250  | 20   |
|                            | 450  | 17   |
|                            | 700  | 9  |
| мінус 10                   | 250  | 45   |
|                            | 450  | 30   |
|                            | 700  | 20   |
| мінус 15                   | 250  | 80   |
|                            | 450  | 60   |
|                            | 700  | 45   |
| мінус 20                   | 250  | 110  |
|                            | 450  | 80   |
|                            | 700  | 50   |

Аналізуючи результати досліджень, наведених у таблицях 1-3, можна зробити такі висновки:

1. Час розтавання крижаної кірки  $h = 1$  мм, під впливом реагенту ПР залежить від його концентрації. Так час розтавання крижаної кірки при дії рідини ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ ) практично у 1,5-2 рази коротший, ніж час розтавання льоду при застосуванні реагенту ПР з концентрацією 52,7 % ( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ ). Особливо це помітно при більш

низьких температурах навколишнього середовища.

2. Час розтавання крижаної кірки під впливом соляного розчину з концентрацією 23,1 % та реагенту ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ ) при температурах мінус 5 °С та мінус 10 °С практично однаковий. Але при більш низьких температурах ( мінус 15 °С, мінус 20 °С) дія реагенту ПР на розтавання льоду більш ефективна ніж для соляного розчину (приблизно у 1,5 рази).

Таблиця 2

Час розтавання крижаної кірки під впливом ПР з концентрацією 52,7 %  
( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ )

| Температура середовища, °С | Витрати рідини ПР<br>мл/м <sup>2</sup> | Час розтавання соляної кірки при її товщині<br>h = 1 мм, хв. |
|----------------------------|--|--|
| мінус 5                    | 250 450 700                            | 40   |
|                            |  | 25 11  |
| мінус 10                   | 250 450 700                            | 90 50  |
|                            |  | 21   |
| мінус 15                   | 250 450 700                            | 180 90   |
|                            |  | 35   |
| мінус 20                   | 250 450 700                            | 220 140  |
|                            |  | 55   |

Таблиця 3

Час розтавання крижаної кірки під впливом рідини ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ )

| Температура середовища, °С | Витрати рідини ПР<br>мл/м <sup>2</sup> | Час розтавання соляної кірки при її товщині h = 1 мм, хв. |
|----------------------------|--|---|
| мінус 5                    | 250                                    | 30  |
|                            | 450                                    | 10  |
|                            | 700                                    | 7   |
| мінус 10                   | 250                                    | 45  |
|                            | 450                                    | 30  |
|                            | 700                                    | 14  |
| мінус 15                   | 250                                    | 70  |
|                            | 450                                    | 40  |
|                            | 700                                    | 25  |
| мінус 20                   | 250                                    | 115   |
|                            | 450                                    | 60  |
|                            | 700                                    | 25  |

3. Час розтавання крижаної кірки при дії реагентів ПР та соляного розчину залежить від норм витрат матеріалу: При більших витратах рідини час знищення шару льоду скорочується. Для значення можливості використання досліджуваного матеріалу як профілактичного засобу у боротьбі з ожеледдю, було визначено час появи кристалів льоду на поверхні зразків після вилучення кашиці, яка утворилася із суміші змерзлої води та реагентів ПР і соляного розчину, після проведення експерименту по визначенню часу, необхідного для розтавання крижаної кірки. Це моделює реальні умови: обробка протиожеледним матеріалом дорожнього покриття до встановлення мінусових за Цельсієм температур - час дії матеріалу при заданій від'ємній температурі. Результати випробувань наведені у таблицях 4; 5; 6.

Таблиця 4

## Кінетика кригоутворення

| Температура середовища, °С | Час появи кристалів льоду на поверхні зразків, після вилучення кашиці з різними нормами витрат соляного розчину з концентрацією 23,1%, хв. |                       |                       |
|----------------------------|--|-----------------------|-----------------------|
|                            | 250 мл/м   | 450 мл/м <sup>2</sup> | 700 мл/м <sup>2</sup> |
| Мінус 5                    | 31   | 71                    | 113                   |
| Мінус 10                   | 25   | 32                    | 48                    |
| Мінус 15                   | 20   | 24                    | 37                    |
| Мінус 20                   | 15   | 20                    | 32                    |

Таблиця 5

## Кінетика кригоутворення

| Температура середовища, °С | Час появи кристалів льоду на поверхні зразків, після вилучення кашиці з різними нормами витрат рідини ПР з концентрацією 52,7 % ( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ ), х'в.. |                       |                       |
|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
|                            | 250 мл/м  | 450 мл/м <sup>2</sup> | 700 мл/м <sup>2</sup> |
| Мінус 5                    | 41  | 77                    | 132                   |
| Мінус 10                   | 22  | 33                    | 60                    |
| Мінус 15                   | 16  | 23                    | 47                    |
| Мінус 20                   | 10  | 16                    | 30                    |

## Кінетика кригоутворення

| Температура середовища, °С | Час появи кристалів льоду на поверхні зразків, після вилучення кашки з різними нормами витрат рідини ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ ), |                       |                       |
|----------------------------|--|-----------------------|-----------------------|
|                            | 250 мл/м   | 450 мл/м <sup>2</sup> | 700 мл/м <sup>2</sup> |
| Мінус 5                    | 90   | 184                   | 310                   |
| Мінус 10                   | 60   | 110                   | 208                   |
| Мінус 15                   | 33   | 62                    | 125                   |
| Мінус 20                   | 25   | 53                    | 103                   |

Аналіз даних у таблицях 3.4-3.6 показує, що час, необхідний для кригоутворення прямо пропорційний нормам витрат матеріалів, які випробувались; ця залежність спостерігається незалежно від температур при яких витримувались зразки. Але якщо кригоутворення після дії реагентів соляного розчину 23,1% та ПР з концентрацією 52,7% ( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ ) проходить практично за однаковим часом (невелика різниця помітна тільки при нормі витрат матеріалу 700 мл/м<sup>2</sup>), то час появи кристалів льоду після дії рідини ПР з концентрацією 61,65 % ( $\rho = 1,395 \text{ г/см}^3$ ) значно довший (приблизно у 2,5-3 рази). Це характеризує доцільність використання рідини ПР більш високої концентрації при боротьбі з зимовою слизькістю на складних рельєфах.

Перевірка матеріалу ПР з концентрацією 52,7 % ( $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ ) на агресивність відносно цементобетону проводилася за двома методиками : корозійній стійкості та морозосолистійкості.

Корозійна стійкість. Корозійна стійкість визначалася шляхом дослідження зміни міцності і маси зразків цементобетону в різних середовищах. З цією метою було заформовано бетонні зразки балочки 4x4x16 см (мілкозернистий бетон складу цемент і пісок =1:3).

За контрольні прийнято характеристики зразків, які зберігалися у воді. Крім того перевіряли корозійну стійкість зразків у 5 - процентному розчині солі. Міцність контрольних зразків у 28 -добовому віці складала на вигін -4,2 Мпа; на стиск -15,1 Мпа. Після витримки цих зразків на протязі 28 діб і визначення їх фізико-механічних властивостей вони поміщалися у різні середовища (табл. 4). Результати випробувань наведені у табл. 7

За результатами досліджень наведених в табл. 7 можна зробити такі висновки:

У зразках, які зберігалися у водному середовищі спостерігалось

монотонне збільшення міцності (як на стиск так і на вигин) та маси, що добре корелюється з класичною схемою в неагресивному середовищі.

Зразки, що витримувались в середовищі п'яти процентного водного розчину NaCl спочатку (30, 60 діб) спостерігався зріст міцності і маси, але потім у віці 90 діб почалося різке зниження цих показників (класична схема впливу хлорів на бетон).

Таблиця 7

## Корозійна стійкість бетонних зразків в різних середовищах

| Середовище        | Фізико-механічні властивості зразків при експозиції, доб. |                       |                 |                |                       |                 |                |                       |                 |
|-------------------|---|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|
|                   | 30  |                       |                 | 60             |                       |                 | 9              |                       |                 |
|                   | Міцність Мпа *  | Зміна на міцності %** | Зміна на маси % | Міцність Мпа * | Зміна на міцності %** | Зміна на маси % | Міцність Мпа * | Зміна на міцності %** | Зміна на маси % |
| Вода              | 5,00  | 19                    | 0               | 5,5            | 31                    | 0               | 5,8            | 38                    | +0,2            |
|                   | 18,2  | 21                    |                 | 20,1           | 33                    |                 | 22,5           | 49                    |                 |
| 5% соляний розчин | 5,3   | 26                    | +0,9            | 5,4            | 29                    | +1,1            | 5,2            | 24                    | -2,2            |
|                   | 18,6  | 23                    |                 | 20,0           | 32                    |                 | 18,9           | 25                    |                 |
| ПР                | 5,8   | 38                    | 0               | 6,3            | 50                    | 0               | 7,2            | 71                    | +0,1            |
|                   | 19,9  | 32                    |                 | 24,1           | 60                    | .«              | 25,3           | 68                    |                 |

Примітка: \* у чисельнику - міцність зразків на вигин; у знаменнику - міцність зразків на стиск. \*\* у чисельнику - зміна міцності зразків на вигин; у знаменнику - зміна міцності зразків на стиск.

Зразки, що перебували в середовищі № 3 - рідина ПР спостерігається зріст міцності і невелике збільшення маси. Однак абсолютні показники міцносних характеристик у віці 90 діб значно більше чим у контрольних (середовище-вода). Можливо це відбувається внаслідок поляризації чи гідрофобізації, але це буде предметом подальших досліджень.

Морозосолестійкість вивчалась на кубах 7,0x7,0x7,0 см за методикою, наведеною в ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.09-95). Але при цьому як контрольне середовище замерзання - відтаювання було використано розчин NaCl з концентрацією не 5 %, а 23,1 %, що відповідає температурі евтектики (тобто тої температури при якій розчин кристалізується і перетворюється в тверду суміш льоду та солі) при температурі 21,2°C. Така температура прийнята тому, що початок кригоутворення при замерзанні рідини ПР спостерігається при температурі 22°C (окремі кристали льоду); закінчення

процесу замерзання  $-29^{\circ}\text{C}$ ; (при цьому рідина переходить у кашоподібний стан).

Вивчення морозосолестійкості показано в табл. 8

Таблиця 8

Морозосолестійкість цементобетонів у різних середовищах після 30 циклів випробувань (заморожування при  $-50^{\circ}\text{C}$ )

| Агресивне середовище                 | Міцність на стиск, МПа | Зміна    |       |
|--------------------------------------|------------------------|----------|-------|
|                                      |                        | міцності | маси  |
| Контрольний                          | 24,7                   | -        | -     |
| Водний розчин хлориду натрію (23.1%) | 22,2                   | -10,1    | -2,1  |
| ПР                                   | 25,9                   | + 4,9    | + 0,2 |

Аналіз даних табл. 8, в якій наведено дані по морозосолестійкості бетону в різних середовищах показує, що міцність зразків, що заморожували в рідині ПР не тільки не втратили міцність, але й збільшили цей показник, що побічно підтверджує дані табл. 7; тоді як зразки витримані в сольовому розчині значно втратили міцність. Це характеризує доцільність використання рідини як протиожеледного реагенту.

### Висновки

Проведені дослідження дозволили зробити такі висновки:

Протиожеледна рідина не тільки не викликає корозію бетону, але й дещо збільшує показники механічних властивостей бетону.

Крім того ця рідина є екологічно чистим реагентом.

Визначено строки зниження крижаної кірки і час який потрібен на її утворення після обробки бетонних та асфальтобетонних поверхонь.

Ці дані буде використано при розробці рекомендацій по використанню рідини для боротьби з зимовою слизькістю. Аналіз фізико-хімічних показників протиожеледної рідини буде використаний під час розробки рекомендацій щодо боротьби з зимовою слизькістю

**Анотация**

Рассмотрены физико-химические показатели проивогололедной жидкости. Эти показатели будут использованы при разработке рекомендаций по борьбе с зимним гололедом.

**Annotation**

The physical and chemical indexes of proivogololednoy liquid are considered. These indexes will be used for development of recommendations on a fight against winter ice-storm.