

## **ВИЗНАЧЕННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ КОМПЛЕКСНО УКРІПЛЕНИХ ГРУНТІВ**

### **FROST RESISTANCE DETERMINATIONS REINFORCEMENT OF SOIL BY COMPLEX**

**Маліков В.В., к.т.н., доц. (Луцький НТУ, м. Луцьк), Боярчук Б.А., к.т.н., доц. (Луцький НТУ, м. Луцьк), Панасюк Я.І., к.т.н., старший викладач (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Malikov VV, Ph.D., senior lecturer (Lutsk National Technical University, Lutsk), Boyarchuk B.A., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National Technical University, Lutsk) Panasuk Y.I., Ph.D., senior teacher (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

У статті описано залежності міцності від процентного вмісту цементу, добавок «БЕТО-ЩЕЛЬ», «Coral MasterFix», «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» при укріпленні ґрунту та кількості циклів заморожування-відтавання із застосуванням математичного планування

This article describes the strength depending on the percentage of cement additives "Beto-SCHEL», «Coral MasterFix», «multigrade-UNIVERSAL" in strengthening the soil and the number of cycles of freezing and thawing with using mathematical planning. That was the aim Determination of research by physical and mechanical properties of application for reinforcement of soil layers mortars in clothing road.

As a result of experiments were obtained and identified according to the impact of changes in components of cementogenesis mixtures on the compressive strength, however, for finding optimal concentrations of components should reduce settings steps additives and displacement of the centre of the experiment, especially for additives "BETO-SCHEL" in subsequent surveys.

**Ключові слова:** цементогрунт, морозостійкість, «БЕТО-ЩЕЛЬ», «Coral MasterFix», «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ», математичне планування.

Keywords: tsementohrunt, frost, "Beta-SCHEL», «Coral MasterFix», «multigrade-UNIVERSAL", mathematical planning

Удосконалення рецептур цементогрунтових матеріалів для конструкцій автомобільних доріг може надати можливість знайти оптимальний шлях у вирішенні питань збереження якості при зменшенні витрат. Поява нових хімічних добавок для модифікації цементних композицій потребує всебічного вивчення їх впливу на фізико-механічні властивості ґрунтових сумішей.

Метою досліджень було визначення фізико-механічних властивостей необхідних для застосування цементогрунтових сумішей в якості шарів дорожніх одягів.

Для приготування сумішей на основі ґрунту в якості в'язучого використовувався портландцемент марки М 500, який відповідав вимогам [1], в якості добавок використовувалися «БЕТО-ЩЕЛЬ», «Coral MasterFix» та «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» відповідали вимогам [2,3,4]. Вода для приготування сумішей відповідала вимогам [5].

В якості ґрунту використовувався пісок мілкий [6], властивості якого наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Властивості прийнятого для досліджень ґрунту

Гранулометричний склад, %		
Розмір зерен, мм	2-1	0,4
	1-0,5	1,6
	0,5-0,25	32,8
	0,25-0,071	60,2
	<0,071	5
Границя текучості, %		7,5

За даними виробника «БЕТО-ЩЕЛЬ» це гідроізоляційна добавка, яка необхідна для гідроізоляції матеріалів на основі цементу, які будуть піддаватись впливу вологи та води. Дана добавка складається з набору натуральних жирних кислот, а також водного розчину силікату натрію (рідке / розчинне скло) [2]. Пластифікатор, прискорювач твердіння «Coral MasterFix». Пластифікатор розроблений для застосування в умовах термовологісної обробки матеріалів на основі цементу.

Склад пластифікатора адаптований до вітчизняних заповнювачів і цементів, в тому числі і шлаколузких, з вмістом шлаків до 80% [3]. «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» – пластифікатор карбоксилатного типу матеріалів на основі цементу при добових різких перепадах температури весною та восени від позитивної вдень (від +10°C до +20°C) до негативної вночі (від -1°C до -8°C) [4].

Концентрація цементу у складі досліджуваних сумішей становила 18% та 10% від маси сухого ґрунту. Кількість води становила 10% та 6 % від маси сухої цементогрунтової суміші. Для встановлення впливу концентрації добавок «БЕТО-ЩЕЛЬ», «Coral MasterFix» та «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» на міцність та водопоглинання було запропоновано процентний числовий ряд: 0,5% та 2,5% від маси цементу. Добавки вводились безпосередньо у воду. Також було виготовлено контрольну серію зразків із цемено-ґрунту без добавок.

Для досліджень властивостей укріпленого ґрунту застосовувались методи, які викладені в нормативних документах [7, 8, 9, 10].

Для визначення фізичних властивостей укріпленого ґрунту були заформовані серії зразків-циліндрів 50x50 мм (по 6 зразків на точку).

Зразки формувалися при навантаженні 150 кгс/см<sup>2</sup>. Після витримування виготовлених зразків терміном 28 діб в ванні з гідравлічним затвором, після чого вони були водонасичені терміном 2 доби після чого визначалась морозостійкість комплексно укріплених ґрунтів за критеріями міцності при стиску після 5, 10, 30, 50 циклів заморожування відтавання.

З метою встановлення залежностей морозостійкості від зміни концентрацій цементу, добавок та вмісту кількості води було запропоновано виконати експеримент на підґрунті методів математичного планування.

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки-прискорювача «Coral MasterFix» представлена в таблиці 2

Таблиця 2

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки-прискорювача «Coral MasterFix»

«Coral Master-Fix»	x0	x1	x2	x3	C	dod	H <sub>2</sub> O	Цем.	Дод.	H <sub>2</sub> O
					%	%	%	гр	гр	гр
1	1	1	1	1	18	2.50	10	432.00	10.80	227.42
2	1	-1	1	-1	10	2.50	6	240.00	6.00	211.68
3	1	1	-1	-1	18	0.50	6	432.00	2.16	226.73
4	1	-1	-1	1	10	0.50	10	240.00	1.20	211.30

Параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень та закодовані відповідно таблиці 3.

Таблиця 3

Закодовані параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень

Змінні	Фактори		i	+1	-1	0
% C	x1	X1	4	18	10	14
% dod	x2	X2	1	2.5	0.5	1.5
% H <sub>2</sub> O	x3	X3	2	10	6	8

Після обрахунку коефіцієнтів в поліноміальному рівнянні отримуємо узагальнену залежність:

$$y = -2,716 + 0,270x_1 + 0,328x_2 + 0,152x_3 \quad (1)$$

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки «БЕТО-ЩЕЛЬ» представлена в таблиці 4.

Таблиця 4

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки «БЕТО-ЩЕЛЬ»

Бето-щель	x0	x1	x2	x3	C	dod	H <sub>2</sub> O	Цем.	Дод.	H <sub>2</sub> O
					%	%	%	гр	гр	гр
1	1	1	1	1	18	2.50	10	432.00	10.80	227.42
2	1	-1	1	-1	10	2.50	6	240.00	6.00	211.68
3	1	1	-1	-1	18	0.50	6	432.00	2.16	226.73
4	1	-1	-1	1	10	0.50	10	240.00	1.20	211.30

Параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень та закодовані відповідно таблиці 5.

Таблиця 5

Закодовані параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень

Змінні	Фактори		i	+1	-1	0
% C	x1	X1	4	18	10	14
% dod	x2	X2	2	5.0	1.0	3.0
% H <sub>2</sub> O	x3	X3	2	10	6	8

Після обрахунку коефіцієнтів відповідно рівняння має наступний вигляд:

$$y = - 0,237 + 0,109x_1 - 0,223x_2 - 0,250x_3 \quad (2)$$

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» представлена в таблиці 6.

Таблиця 6

Матриця експерименту при зміні трьох факторів для добавки «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ»

Всесезон-універсал	x0	x1	x2	x3	C	dod	H <sub>2</sub> O	Цем.	Дод.	H <sub>2</sub> O
					%	%	%	гр	гр	гр
1	1	1	1	1	18	2.50	10	432.00	10.80	227.42
2	1	-1	1	-1	10	2.50	6	240.00	6.00	211.68
3	1	1	-1	-1	18	0.50	6	432.00	2.16	226.73
4	1	-1	-1	1	10	0.50	10	240.00	1.20	211.30

Параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень та закодовані відповідно таблиці 7.

Таблиця 7

Закодовані параметри кроків змінних встановлені за попередніми результатами досліджень

Змінні	Фактори		i	+1	-1	0
% C	x1	X1	4	18	10	14
% dod	x2	X2	2	5.0	1.0	3.0
% dH <sub>2</sub> O	x3	X3	2	10	6	8

Після обрахунку коефіцієнтів відповідно рівняння має наступний вигляд:

$$y = - 2,459 + 0,255x_1 + 0,089x_2 + 0,093x_3 \quad (3)$$

За результатами досліджень побудовані залежності міцності від процентного вмісту добавок в цементогрунті та кількості циклів заморожування-відтавання. Отримані залежності відображують декілька важливих питань, а саме:

- концентрація цементу в складах грає основну роль, всі серії із 10%-ною концентрацією не пройшли випробування до кінця;
- збільшення концентрації прискорювача «Coral MasterFix» - 2,5% (рис. 1) позитивно відображається на марочній міцності (збільшення 1,7...2,8 рази), коефіцієнт морозостійкості  $K_{мрз} = 0,94$ ;
- зменшення концентрації добавки «БЕТО-ЩЕЛЬ» – 0,5% дало змогу витримати, всім зразкам серії, 50 циклів однак коефіцієнт морозостійкості  $K_{мрз} = 0,69$  (рис.2);
- достатньо добре показала себе добавка «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» – 2,5% в суміші з  $K_{мрз} = 0,64$ , та зменшення концентрації – 0,5% в суміші показало зростання  $K_{мрз} = 1,02$  (рис. 3).

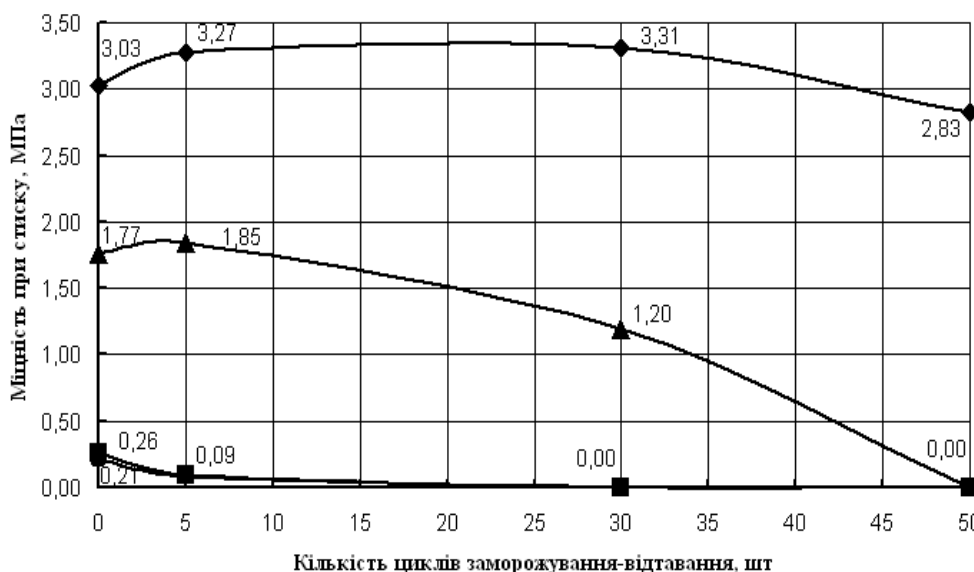


Рис. 1. Залежності міцності від процентного вмісту добавки «Coral MasterFix» в цементогрунті та кількості циклів заморожування-відтавання (◆ – 18 % цементу, 2,5 % добавки, 10 % води; ▲ – 18 % цементу, 0,5 % добавки, 6 % води; ■ – 10 % цементу, 2,5 % добавки, 6 % води; ● – 10 % цементу, 0,5 % добавки, 10 % води;)

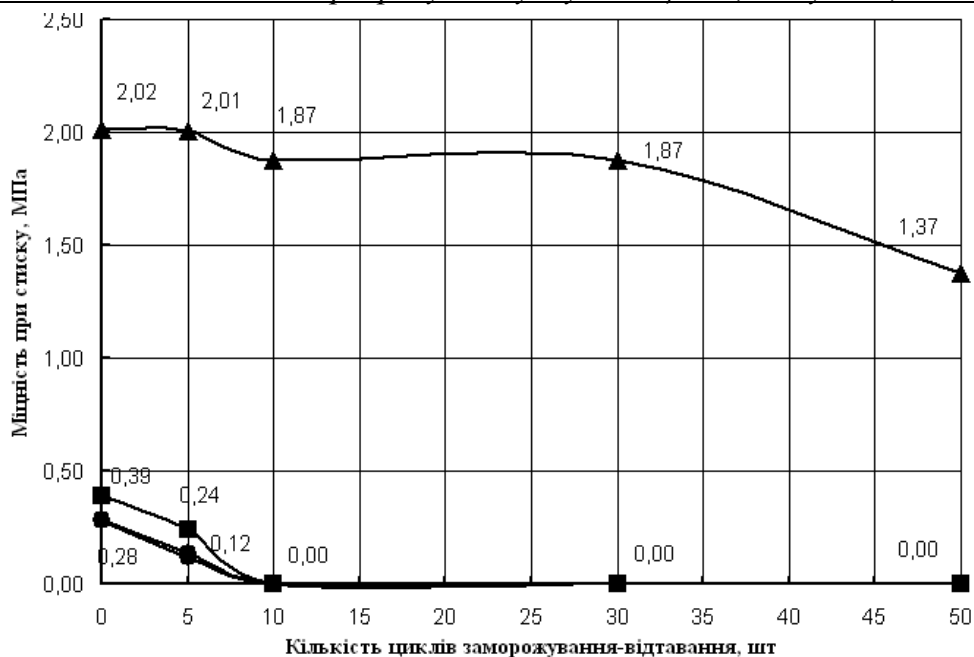


Рис. 2. Залежності міцності від процентного вмісту добавки «БЕТО-ЩЕЛЬ» в цементогрунті та кількості циклів заморожування-відтавання (◆ – 18 % цементу, 2,5 % добавки, 10 % води; ▲ – 18 % цементу, 0,5 % добавки, 6 % води; ■ – 10 % цементу, 2,5 % добавки, 6 % води; ● – 10 % цементу, 0,5 % добавки, 10 % води;)

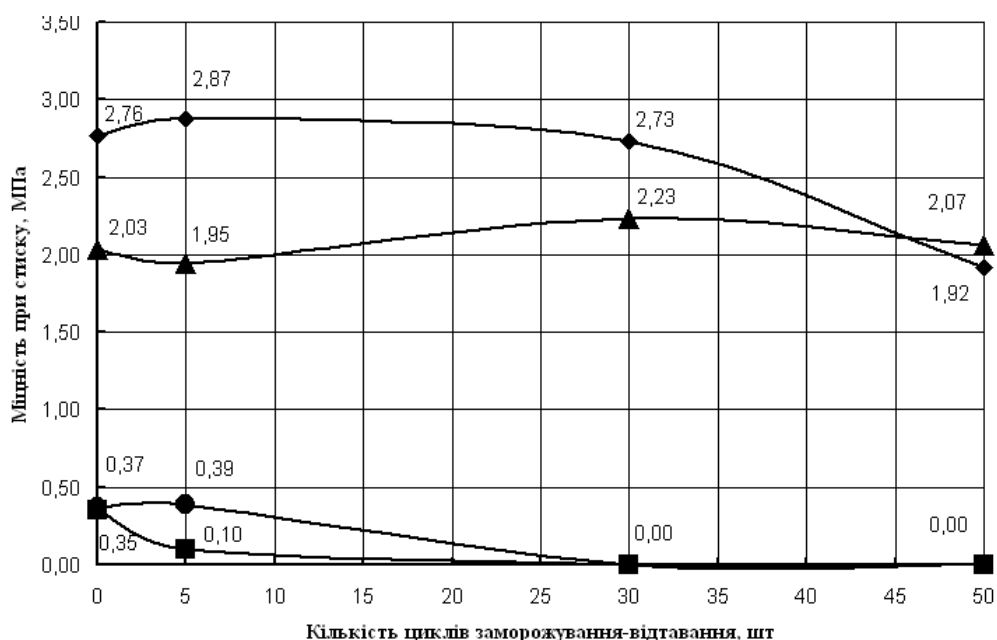


Рис. 3. Залежності міцності від процентного вмісту добавки «ВСЕСЕЗОН-УНІВЕРСАЛ» в цементогрунті та кількості циклів заморожування-відтавання (◆ – 18 % цементу, 2,5 % добавки, 10 % води; ▲ – 18 % цементу, 0,5 % добавки, 6 % води; ■ – 10 % цементу, 2,5 % добавки, 6 % води; ● – 10 % цементу, 0,5 % добавки, 10 % води;)

В результаті проведених дослідів були отримані залежності та виявлений вплив зміни складових цементогрунтових сумішей на міцність при стиску, однак для знаходження оптимальних концентрацій складових необхідно зменшення параметрів кроків добавок та зміщення центра постановки експерименту, особливо для добавки «БЕТО-ЩЕЛЬ», в наступних вишукуваннях.

1. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-46-96. – [Чинний від 1996-10-03] – Держкоммістобудування України. – К.: Держкоммістобудування України, 1996.

2. БЕТО-ЩЕЛЬ® — гидроизолирующая добавка в бетон. – Режим доступу до каталогу: <http://plastificator.com.ua>

3. Пластификатор - ускоритель твердения Coral MasterFix. – Режим доступу до каталогу: <http://www.coral.ua/products/master/masterfix>.

4. Пластификатор Всесезон-Универсал – Режим доступу до каталогу: [http://www.nl.ua/ru/otdelochnye\\_materialy/smesi/protivomoroznye\\_dobavki/plastifikator\\_vsesezon\\_universal\\_6\\_kg.html](http://www.nl.ua/ru/otdelochnye_materialy/smesi/protivomoroznye_dobavki/plastifikator_vsesezon_universal_6_kg.html).

5. Будівельні матеріали. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-273:2011 (ГОСТ 23732-79). – [Чинний від 2012-12-01]. – К.: Науково-дослідний інститут будівельних матеріалів і продукції, 2011.

6. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Класифікація. Державний комітет України містобудування і архітектури, Київ – 1997.

7. ВБН В.2.3-218-541:2010. Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами. Дордерж НДІ, Київ – 2010.

8. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом: ВБН В.2.3-218-002-95. – [Чинний від 1995-12-11]. – К.: Укравтодор, 1995.

9. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия: ГОСТ 23558-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – М., 1994.

10. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний: ГОСТ 12801-98. – [Чинний від 1998-11-12]. – М., 1998.