

УДК 691.5

¹ **К.К.Пушкарьова**, д.т.н, професор, ORCID 0000-0001-7640-8625;² **Л.В. Терещенко**, аспірант, ORCID 0000-0001-9860-2226^{1,2} Київський національний університет будівництва і архітектури

ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ ПІГМЕНТІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ ЦЕМЕНТІВ

Анотація. У статті представлено результати досліджень впливу неорганічних пігментів на технологічні властивості декоративних цементів. Встановлено, що незалежно від кольору пігменту, зі збільшенням його кількості в системі, отримуємо більш насичений та яскравий колір цементного каменю, але при цьому має місце його негативний вплив та технологічні та фізико-механічні властивості штучного каменю. Дослідження проводили на цементних системах на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором. Збільшення кількості пігменту, незалежно від його кольору, призводить до збільшення водопотреби цементної системи, однак, при введенні суперпластифікатора вплив пігмента не є таким чутливим. При цьому, введення суперпластифікатора зменшує водопотребу білого цементу в середньому на 37-40%. Окрім того, встановлено, що введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти, залежно від їх кольору та дозування, чинять різний вплив як на терміни початку, так і кінця тужавіння. Зі збільшенням вмісту пігменту в цементній системі без пластифікатора, час початку тужавіння збільшується, а найбільший вплив на кінець тужавіння такої системи має введення синього пігменту. Введення пігментів до пластифікованих цементних систем збільшує і час початку, і час кінця тужавіння. Зі збільшенням кількості пігментів всіх кольорів міцність зразків зменшується. При цьому, червоний пігмент призводить до найбільшого спаду міцності на всіх етапах твердіння. Зменшення міцності можна пояснити підвищеною водопотребою, і, як наслідок, підвищеною пористістю пігментованих зразків порівняно зі зразками без введення пігментів. Актуальними будуть подальші дослідження, спрямовані на пошук добавок, що будуть забезпечувати зменшення негативного впливу неорганічних пігментів на процеси гідратації та твердіння цементної системи, а отже, і на довговічність отриманого штучного каменю. При цьому важливим є збереження інтенсивності забарвлення ті відсутність висолоутворення.

Ключові слова: цементні системи, білий цемент, декоративний цемент, полікарбоксилатний пластифікатор, неорганічні пігменти, технологічні властивості, терміни тужавіння, водопотреба, міцність

Постановка проблеми

До сучасних будівельних матеріалів, в тому числі до будівельних матеріалів на основі декоративних цементів, що застосовуються для оздоблення зовнішніх елементів будівель та споруд, висуваються досить жорсткі вимоги щодо експлуатаційних властивостей та їх стабільності в процесі експлуатації. Для можливості забезпечення таких властивостей слід додатково вивчити характер впливу неорганічних пігментів на технологічні властивості декоративних цементів.

Аналіз останніх досліджень

Вплив пігментів на властивості цементних системи наразі висвітлено в багатьох джерелах [1-5]. В наявних дослідженнях зазначено, що при тривалій експлуатації при різних погодних умовах, неорганічні пігменти забезпечують стійкість кольору забарвлених матеріалів, хоча й мають меншу фарбувальну здатність порівняно з органічними пігментами [6]. Результати досліджень показали, що пігменти можуть зменшувати густину та збільшити водопоглинання цементних систем [7]. Також зазначено, що отримані властивості кольорових цементів залежать від виду, складу та дозування пігменту, а також, від дотримання технологічного процесу виробництва. Вплив залізооксидних пігментів на нормальну

густоту і терміни твердіння вже досліджувались раніше [8]. В даній роботі встановлено, що вплив пігменту на нормальну густоту в'язучого залежить від його кольору. Так, синій та червоний пігменти не впливають на нормальну густоту цементного тіста, а введення жовтого пігменту підвищує її, при чому, таке збільшення є пропорційним кількості пігменту. Щодо термінів тужавлення, то зазначено, що наявність пігментів не впливає на терміни початку тужавіння та прискорює терміни закінчення тужавіння цементних систем.

Оскільки, в сучасному будівництві непластифіковані цементні системи не використовуються, то доцільно дослідити дію пігментів на цементні системи, модифіковані полікарбоксилатними пластифікаторами.

Мета досліджень

Дослідити вплив неорганічних пігментів, що відрізняються за своїм складом на технологічні властивості декоративних цементів.

Матеріали та методи досліджень

В дослідженнях використовували білий портландцемент СЕМ І 52.5 виробництва Adana (Туреччина). Мінералогічний склад такого цементу наведено у Таблиці 1.

Мінералогічний склад білого портландцементу виробництва Adana (Туреччина)

CEM I 52.5	C ₃ S, %	C ₂ S, %	C ₃ A, %	C ₄ AF, %
	73,0	7,0	3,0	1,0

Для модифікації цементних систем на основі білого портландцементу використовували полікарбоксилатний суперпластифікатор німецького виробництва BASF Constraction Polymers (Trostberg, Німеччина) Melflux 1641 F.

В якості неорганічних пігментів використовували пігменти жовтого, синього, зеленого та червоного кольорів виробництва Multichem (Чернівці, Україна).

Дослідження проводили на цементних системах з вмістом води, що відповідає консистенції тіста нормальної густоти. Для приготування таких цементних систем спочатку перемішували сухі компоненти, до яких додавали воду.

Міцнісні характеристики цементних систем визначали на зразках розміром 2x2x2 см, які тверділи в нормальних умовах протягом 3, 7 та 28 діб.

Виклад основного матеріалу

На першому етапі досліджень проводили порівняння зміни інтенсивності кольору цементного каменю, забарвленого неорганічними пігментами в кількості 3, 6 та 9% (Таблиця 2). Отримані результати вказують на те, що, незалежно від кольору пігменту, зі збільшенням його кількості в системі, отримуємо більш насичений та яскравий колір цементного каменю, але при цьому має місце негативний вплив пігментів та технологічні та фізико-механічні властивості штучного каменю.

Для визначення впливу неорганічних пігментів на водопотребу цементних систем, дослідження проводили на цементних системах на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого

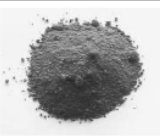
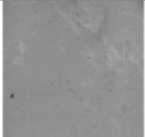
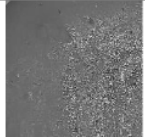
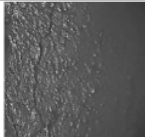

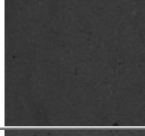
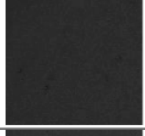


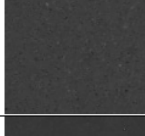

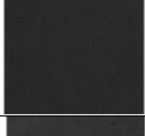

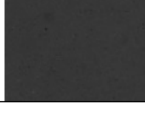
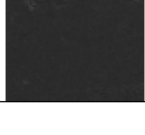

полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу (Рисунок 1). Збільшення кількості пігменту, незалежно від його кольору, призводить до збільшення водопотреби цементної системи, однак, при введенні суперпластифікатора вплив пігмента не є таким чуттєвим. Це відбувається за рахунок того, що пігменти представлені дрібнодисперсним порошком, нерозчинним у воді, який є наповнювачем у цементній системі. При цьому, введення суперпластифікатора зменшує водопотребу білого цементу без введення пігментів в середньому на 37-40%.

Визначення впливу пігментів на терміни тужавіння цементних систем на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу проводили за стандартною методикою. Встановлено, що введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти, залежно від їх кольору та дозування, чинять різний вплив як на терміни початку, так і на терміни кінця тужавіння (Рисунок 2).

Початок тужавіння цементної системи без пластифікатора при введенні пігментів скорочується, за виключенням пігментів синього кольору, які збільшують час початку тужавіння на 7...10% та червоного кольору у кількості 9%, введення якого майже не впливає на час початку тужавіння.

Зі збільшенням вмісту пігменту, час початку тужавіння збільшується. Введення зеленого пігменту у кількості 3% від маси цементу та жовтого пігменту скорочує час кінця тужавіння, а введення червоного пігменту у кількості 3% та зеленого у кількості 6% - не впливає на

Залежність кольору цементного тіста від вмісту неорганічних пігментів

Пігмент			Вміст пігменту, %		
Колір		Склад	3	6	9
жовтий		Метагідроксид заліза FeO(OH)			
зелений		Суміш 90% жовтого і 10% блакитного фталоціанінового			
синій		Кобальтоалюмінат оксид CoO.Al ₂ O ₃			
червоний		Оксид заліза Fe ₂ O ₃			

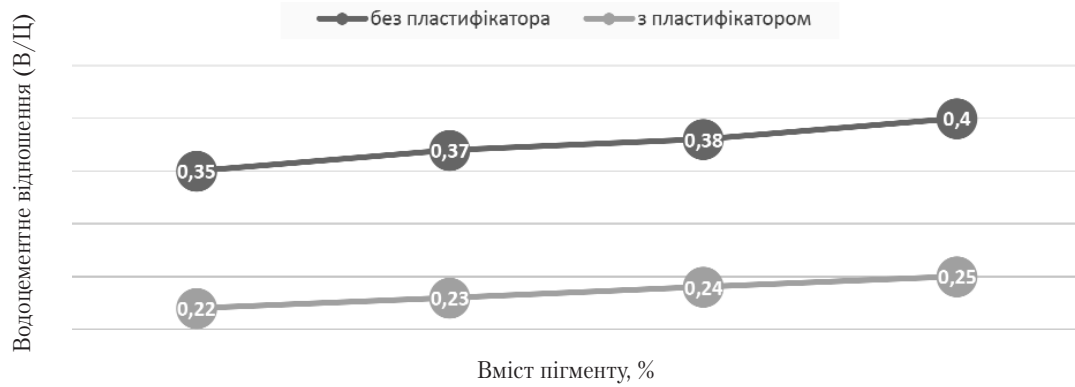


Рис. 1 – Зміна водоцементного відношення цементного тіста нормальної густоти на основі білого портландцементу без пластифікатора та модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641F у кількості 1,5% від маси цементу при введенні неорганічних пігментів у кількості 3...9%

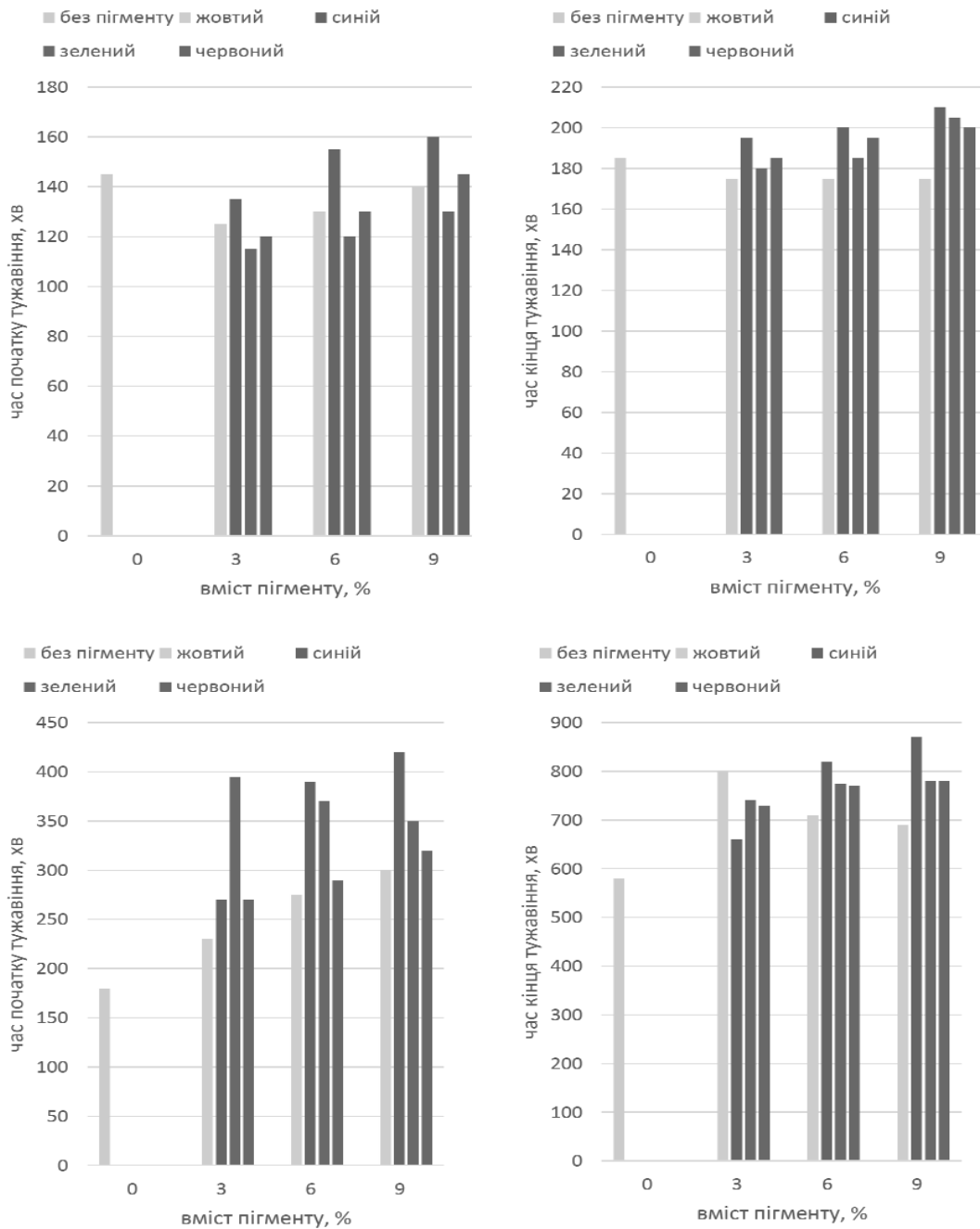


Рис. 2 Зміна термінів тужавіння цементного тіста нормальної густини на основі білого портландцементу без пластифікатора (а) та модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу (б) при введенні неорганічних пігментів різного кольору

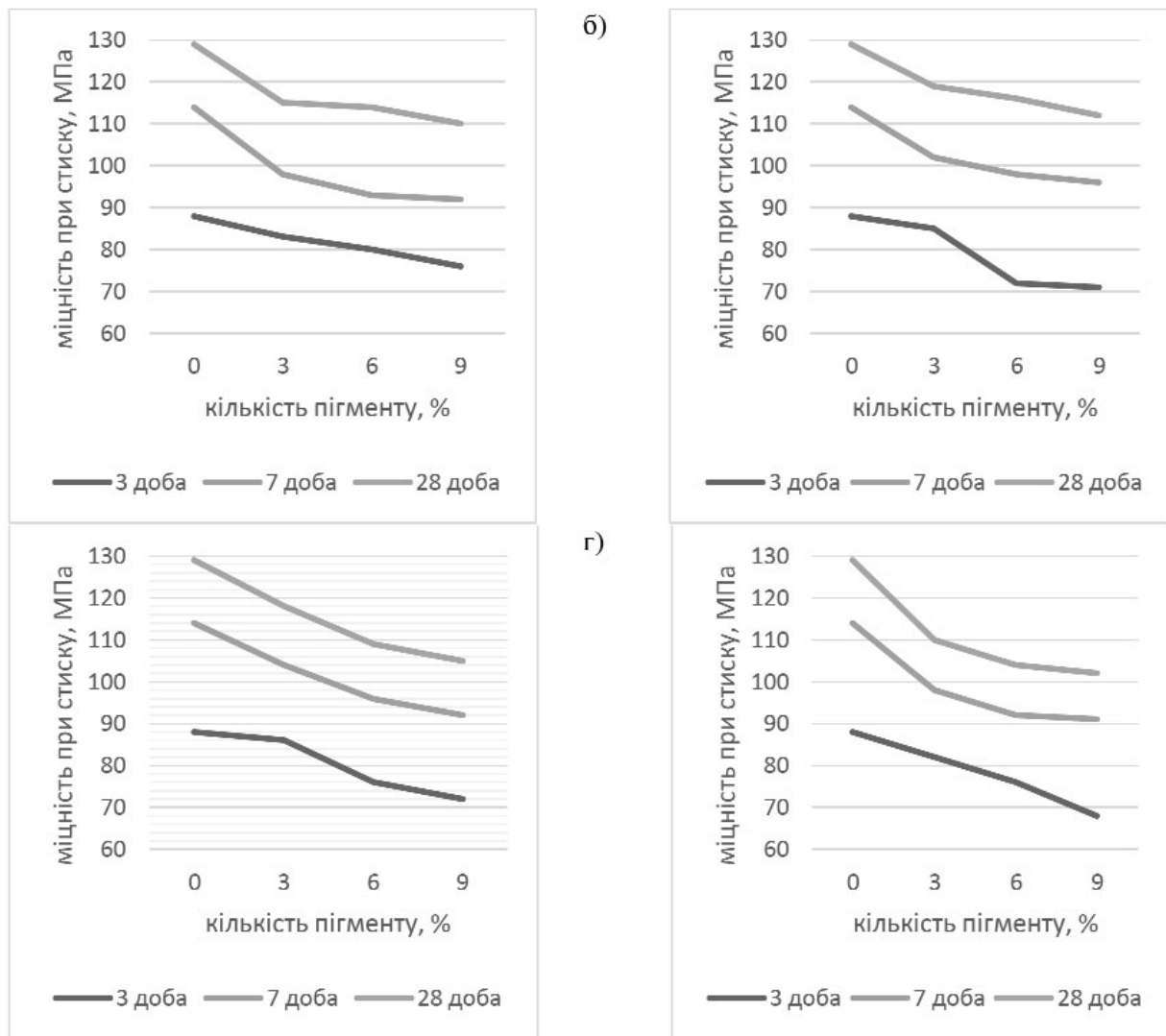


Рис. 3 Порівняння зміни міцності цементного тіста нормальної густини на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним пластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу та забарвленого неорганічними пігментами жовтого (а), синього (б), зеленого (в), та червоного (г) кольорів

нього порівняно зі зразками без пігменту. Всі інші пігменти збільшують час кінця тужавіння на 5-14%.

Найбільший вплив на кінець тужавіння має введення до системи синього пігменту.

Введення пластифікатора збільшує час початку тужавіння непігментованої цементної системи на 24%, а кінець – на 113% порівняно з цементом без введення пластифікатора. При цьому введення пігментів до пластифікованих цементних систем збільшує і час початку і час кінця тужавіння. Зі збільшенням вмісту пігменту, час початку тужавіння цементної системи збільшується; виключення становлять системи до яких введено зелений пігмент, при цьому збільшення кількості його знижує час початку тужавіння. Кінець тужавіння також збільшується при збільшенні кількості пігменту, окрім жовтого пігменту, який як і в непластифікованій цементній системі, призводить до скорочення часу кінця тужавіння при збільшенні його вмісту в системі.

На наступному етапі було досліджено зміну міцності зразків на основі білого цементу, модифікова-

ного полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% з додаванням неорганічних пігментів жовтого, зеленого, синього та червоного кольорів у кількості 3, 6 та 9% від маси цементу. Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити висновок, що зі збільшенням кількості пігментів всіх кольорів міцність зразків зменшується. При цьому, червоний пігмент призводить до найбільшого спаду міцності на всіх етапах твердіння (Рисунок 3).

При дозуванні червоного пігмента у кількості 3...9% від маси цементу, міцність цементної системи у віці 28 діб зменшується на 15...20% порівняно з системою без пігментів. Зменшення міцності можна пояснити підвищеною водо потребою, і, як наслідок, підвищеною пористістю пігментованих зразків порівняно зі зразками без введення пігментів.

Висновки

Введення неорганічних пігментів до складу цементних систем чинить вплив на технологічні властивості цементів, що призводить і до зміни їх міц-

нісних характеристик. Введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти різного кольору чинять різний вплив як на терміни початку, так і на терміни кінця тужавіння. Введення суперпластифікатора зменшує негативний вплив на терміни тужавіння. Інтенсивність кольору цементного каменю, забарвленого неорганічними пігментами прямопропорційна їх вмісту в цементній системі. Але, збільшення кількості пігменту, що вводиться в цементну систему призводить до збільшення водопотреби як чистого цементу, так і модифіко-

ваного полікарбоксилатними добавками. Саме через це, зі збільшенням вмісту пігменту в системі, відбувається спад міцності цементного каменю на всіх етапах твердіння. Тому актуальними будуть подальші дослідження, спрямовані на пошук добавок, що будуть забезпечувати зменшення негативного впливу неорганічних пігментів на процеси гідратації та твердіння цементної системи, а отже, і на довговічність отриманого штучного каменю. При цьому важливим є збереження інтенсивності забарвлення ті відсутність висолотування.

Література

1. Mehreen Z. Heerah, Isaac Galobardes, Graham Dawson. *Characterisation and control of cementitious mixes with colour pigment admixtures. Case Studies in Construction Materials* 15 (2021)
2. V. Corinaldesi et al. *Influence of inorganic pigments addition on the performance of coloured SCC. Construction and Building Materials* 30 (2012) P.289-293
3. Amr Maher El Nemr, Maha Ahmed Shawkky, Mahmoud El Khafif. *The effect of mineral pigments on mechanical properties of concrete. Journal of civil engineering and construction*, Vol. 11 (3), (2022), P.139-152
4. Kholod K. Salama, Mona F. Ali, Said M. El-Sheikh, *The different influence of nano materials on pigments. Scientific culture*, Vol. 3, (2018), P.1-7
5. Sadik Alper Yildizel, Gokhan Kaplan, Ali Ugur Ozturk. *Cost optimization of mortars containing different pigments and their freeze-thaw resistance properties. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering*. Vol. 2016, P. 1-6
6. Margoldova J. *Colored, not only grey concrete, Materialy a Technologie*, Vol. 1 (2010), P. 32-36
7. Viola Hospodarova, Jozef Junak, Nadezda Stevulova. *Color pigments in concrete and their properties. Pollack periodica. An International Journal for Engineering and Information Sciences*. Vol. 10 (2015), P. 143-151
8. А.В. Мишутін, С.М. Петричко. *Вплив кольорових пігментів на нормальну густоту і терміни тужавіння цементу. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск 45 (2012), С. 143-146*

References

1. Mehreen Z. Heerah, Isaac Galobardes, Graham Dawson. *Characterisation and control of cementitious mixes with colour pigment admixtures. Case Studies in Construction Materials* 15 (2021)
2. V. Corinaldesi et al. *Influence of inorganic pigments addition on the performance of coloured SCC. Construction and Building Materials* 30 (2012) P.289-293
3. Amr Maher El Nemr, Maha Ahmed Shawkky, Mahmoud El Khafif. *The effect of mineral pigments on mechanical properties of concrete. Journal of civil engineering and construction*, Vol. 11 (3), (2022), P.139-152
4. Kholod K. Salama, Mona F. Ali, Said M. El-Sheikh, *The different influence of nano materials on pigments. Scientific culture*, Vol. 3, (2018), P.1-7
5. Sadik Alper Yildizel, Gokhan Kaplan, Ali Ugur Ozturk. *Cost optimization of mortars containing different pigments and their freeze-thaw resistance properties. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering*. Vol. 2016, P. 1-6
6. Margoldova J. *Colored, not only grey concrete, Materialy a Technologie*, Vol. 1 (2010), P. 32-36
7. Viola Hospodarova, Jozef Junak, Nadezda Stevulova. *Color pigments in concrete and their properties. Pollack periodica. An International Journal for Engineering and Information Sciences*. Vol. 10 (2015), P. 143-151
8. A.V. Myshutin, S.M. Petrychko. *Vplyv kolorovykh pigmentiv na normalnu hustotu i termyny tuzhavinna tsementu. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. Vypusk 45 (2012), S. 143-146*

¹ **Pushkarova K.**, doctor of technical sciences, professor, ORCID 0000-0001-7640-8625;

² **Tereshchenko L.**, postgraduate, ORCID 0000-0001-9860-2226

^{1,2} Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF INORGANIC PIGMENTS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DECORATIVE CEMENTS

Abstract. *The article presents the results of research on the influence of inorganic pigments on the technological properties of decorative cements. It has been established that regardless of the color of the pigment, with an increase in its quantity in the system, we get a more saturated and bright color of cement stone, but at the same time there is a negative effect of pigments and technological and physical and mechanical properties of artificial stone. The research was conducted on cement systems based on white Portland cement without additives and on cement systems based on white Portland cement modified*

with polycarboxylate superplasticizer. An increase in the amount of pigment, regardless of its color, leads to an increase in the water consumption of the cement system, however, when a superplasticizer is introduced, the effect of the pigment is not so significant. At the same time, the introduction of a superplasticizer reduces the water consumption of white cement without the introduction of pigments by an average of 37-40%. In addition, it was established that the introduction of pigments affects the hardening time of cement systems. At the same time, pigments, depending on their color and dosage, have different effects on both the start and end of aging. With an increase in the pigment content in a cement system without a plasticizer, the time of the onset of hardening increases, and the introduction of a permanent pigment has the greatest effect on the end of hardening of such a system. The introduction of pigments into plasticized cement systems increases both the start and end time of hardening. As the number of pigments of all colors increases, the strength of the samples decreases. At the same time, the red pigment leads to the greatest decline in strength at all stages of hardening. The decrease in strength can be explained by the increased water consumption, and, as a result, the increased porosity of pigmented samples compared to samples without the introduction of pigments. Further research aimed at finding additives that will reduce the negative impact of inorganic pigments on the processes of hydration and hardening of the cement system, and therefore on the durability of the obtained artificial stone, will be relevant. At the same time, it is important to preserve the intensity of the color and the absence of sediment formation.

Keywords: *cement systems, white cement, decorative cement, polycarboxylate plasticizer, inorganic pigments, technological properties, hardening terms, water consumption, strength*