

Міністерство освіти і науки України

Національна академія наук України

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

**«АКАДЕМІЧНА Й УНІВЕРСИТЕТСЬКА НАУКА:
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»,
присвячена 90-річчю Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Збірник наукових праць
за матеріалами

**XII Міжнародної
науково-практичної конференції**

6 грудня 2019 року

Полтава 2019

УДК 666.9.038

*Онищенко В.О., д.е.н., професор, ректор
Філонич О.М., к.е.н., проректор
з економічних питань
Стороженко Д.О., к.х.н., доцент
Бунякіна Н.В., к.х.н., доцент
Сененко Н.Б., к.ф.-м.н., доцент
Національний університет
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТВОРЕНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЗАЛИШКІВ БЕТОНУ НА МАТЕРІАЛ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИХ ФОРМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ

Створено та запропоновано нову композицію для розчинення затверділого цементного розчину з поверхонь форм для виготовлення тротуарної плитки. Виконано порівняльний аналіз запропонованих авторами засобів і тих, що наявні на ринку. Доведено, що м'яка здатність нової композиції відповідає вимогам та має мінімальний вплив на матеріал форми (поліпропілен) при тривалому обробленні.

***Ключові слова:** засоби для розчинення цементного розчину, шаблонні форми, тротуарна плитка.*

UDC 661.18:637.115

*Onyshchenko V.O., D.Sc., Full Professor, Rector
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"
Filonych O.M., Ph.D., Vice-Rector
for economic issues
Storozhenko D.O., Ph.D., associate professor
Bunyakina N.V., Ph.D., associate professor
Senenko N.B., Ph.D., associate professor
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF NEWLY CREATED CONCRETE RESIDUES REMOVAL MEANS ON POLYPROPYLENE MATERIAL OF MOLDS FOR PAVING SLABS MANUFACTURE

New composition for dissolving hardened cement mortar from polypropylene surfaces of molds in the paving slabs manufacture was created and proposed. Comparative analysis of the means proposed by the authors and those available on the market was done. It was proved that the cleaning ability of the new composition meets the requirements and has minimal impact on the material of the form (polypropylene) during prolonged processing.

***Keywords:** means for cement mortar dissolving, molds, paving slabs.*

Вступ. У теперешній час найбільш поширеним покриттям міських тротуарів, паркових доріжок, підлог торговельних центрів та виставкових павільйонів і інших об'єктів інфраструктури є бетонна тротуарна плитка (фігурний елемент мощення). Безперечною перевагою цього виду покриття є його експлуатаційні властивості: міцність, низька зношуваність, морозостійкість, незначне водопоглинання, стійкість до стирання і впливу багатьох хімічних речовин. Вони забезпечують багаторічний термін служби тротуарного покриття навіть в умовах сучасного мегаполісу. Екологічність і простота укладання роблять

тротуарну плитку оптимальним способом благоустрою території

Як було зазначено в [3] цементно-бетонна суміш затвердіває на будь-яких поверхнях. Після відпрацьованого циклу поверхню форми потрібно очистити від залишків бетону. Свіжі залишки бетону видалити відносно легко. Але якщо суміш затверділа, то процес видалення є непростим, вимагає застосування спеціальних розчинів. Методика видалення повинна бути безпечною як для обладнання, так і для шаблонних форм. Інакше форми із залишками затверділого бетону не можна використовувати надалі, бо будуть утворюватися дефекти поверхні виробів. А при видаленні залишків із застосуванням механічних процесів, або агресивних розчинів, будуть пошкоджені поверхні форм, що автоматично зробить їх непридатними для подальшого застосування. Крім того реагенти, що застосовують для видалення бетону, повинні бути максимально безпечними для працівників

Завдання видалення залишків бетону ускладнюється тим, що бетон має мінеральну природу. Це означає, що видалити його можна тільки кислотою. Саме концентрована кислота і дає потрібний ефект – вона проходить у глибокі шари засохлого цементного розчину та руйнує його.

Будь-який засіб для видалення бетону містить [1 – 3]:

- концентровану кислоту, яка руйнує структуру бетону;
- інгібітори, котрі захищають поверхню форми від дії кислот;
- речовини, що виконують захисні функції.

Засоби, які пропонують сучасний світовий і український ринки, на жаль мають певні недоліки. Якісні засоби містять значну кількість дорогих компонентів, є складними в приготуванні, що значно підвищує собівартість плитки. Дешеві засоби, як правило, мають недостатню мийну спроможність, що вимагає додаткової механічної обробки, а це руйнує поверхню поліпропіленової форми.

Автори вивчали особливості взаємодії бетону з поліпропіленом, а саме адгезійні властивості. Оскільки адгезія бетону до поліпропіленових поверхонь є значною, метою першої частини роботи було розробити мийний засіб з високою розчинною здатністю бетонної суміші з одночасним забезпеченням захисту поверхні форми. Тобто перед авторами стояла задача зменшити адгезію між поліпропіленом та бетоном. В роботі [4] подано результати досліджень методів обробки поліпропіленових поверхонь та виробів з поліпропілену для зменшення адгезії. Оскільки зазвичай виробники плитки не мають можливості подібного впливу на поліпропіленові поверхні форм, перед авторами стояла задача створення мийного засобу з властивостями, що забезпечують повне відмивання бетону без додаткового механічного втручання.

Після одержання результатів дослідження властивостей відомих сумішей за вимогою виробників тротуарної плитки ця задача була поставлена перед авторами. Тому виконання цієї роботи має значне практичне значення.

Досліджений хімічний склад засобу для видалення затверділого бетону з поверхонь вантажівок, змішувачів та іншого обладнання, представлений в роботі [5]. Ця композиція містить, мас %: гідроксіоцтову кислоту – 17,5; мило – 4; знежирювальний агент – 2; воду – 76,5. Для видалення затверділого бетону засіб рівномірно наносять на поверхню затверділого бетону і витримують у контакті з бетоном протягом п'яти хвилин. Затверділий бетон перетворюється засобом на м'які шпаклеподібні шматочки, які видаляються з поверхні механічним методом. Але недоліком цього засобу є недостатнє розм'якшення залишків застарілого бетону та додаткове застосування механічного втручання.

Відома композиція для очищення та дезінфекції поверхонь будівельних матеріалів [6]. Вона виготовлена у вигляді розчину, котрий містить, мас. %: поверхнево-активні речовини – 0,1 – 20; гіпохлорит лужного або лужноземельного металу – 1 – 50; силікат лужного металу або амонію – 0,1 – 50; фторсилікат лужного металу або амонію – 0,01 – 2; воду – решта. Основним недоліком цієї композиції є значна кількість її складових. Це значно збільшує вартість суміші та ускладнює процес її приготування. Крім того поверхнево-активні речовини негативно впливають на довкілля, а гіпохлорити лужного або лужноземельного

металу – нестійкі сполуки і легко розкладаються, виділяючи активний хлор. Наслідком є різкий та неприємний запах. Це ускладнює роботу з композицією та робить її небезпечною для виробників плитки.

Автори вивчили відомий мийний засіб для видалення твердої або напівтвердої цементної речовини, представленої в [7]. Вона містить за одним із варіантів, мас. %: безводну лимонну кислоту – 60; ксантан як загусник – 0,01; триетаноламін лаурилсульфат як зволожуючий агент – 0,1; воду – решта. Композицію наносять на поверхню і витримують до тих пір, поки цементна речовина не трансформується у тверді компоненти і цитрат кальцію. Тверді частинки, які залишилися, і цитрат кальцію або відпадають під дією сили тяжіння, або можуть бути видалені з поверхні водою чи механічно. Недоліком цієї композиції є застосування дорогих реагентів (лимонна кислота, ксантан, триетаноламін, лаурилсульфат), тривалий час експозиції композиції на поверхні та знову ж необхідність додаткової механічної очистки, що може зашкодити стану поліпропіленової поверхні.

При вивченні відомого засобу [8] для хімічного видалення залишків цементних розчинів з твердих мінеральних поверхонь та інших облицювальних матеріалів, який має у складі наступне співвідношення компонентів, мас. %: калій гідрофторид – 5 – 10; трьохзаміщений калій цитрат – 50 – 57; лимонна кислота – 3 – 10; вода – решта, автори теж виявили ряд недоліків. Це недостатня екологічність через наявність токсичного калій гідрофториду та висока вартість інгредієнтів.

Авторами було виявлено композицію [9], яка найбільше підходить для застосування і розв'язання поставленої задачі. До її складу входять такі компоненти, мас. %: HCl (кислота хлоридна) – 40 – 60; сечовина – 42; комплексний замінений кетоамін гідрохлорид – 0,067; ізопропіловий спирт – 0,067; етоксирований нонілфенол – 0,022; пропаргіловий спирт – 0,022; метиловий вінілкетон – 0,022; ацетон – 0,022; ацетофенон – 0,0022. Але і тут було виявлено ряд недоліків. Це велика кількість компонентів, складність приготування засобу, його собівартість, а також здатність руйнувати оброблювальні поверхні.

З урахуванням усіх вищезазначених недоліків, вимог і особливостей авторами був розроблений дешевий засіб видалення залишків затверділого бетону з поліпропіленових форм виготовлення тротуарної плитки. Це розчин, який, котрий містить кислоту, зволожуючий агент, воду, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: 13% кислота хлоридна – 50 – 99; зволожуючий агент – 0 – 0,1; вода – решта [11].

Метою другої частини роботи було покращити властивості створеного засобу із збереженням високої розчинювальної здатності цементного розчину при мінімальному впливові на поверхню форм із поліпропілену для забезпечення їх багаторазового використання. Задачею цієї частини роботи було створити новий розчин [12], дослідити його властивості та довести його переваги над існуючими.

Методика досліджень. Для видалення забруднень з поверхні використовують різні методи, котрі за механізмом протікання процесів поділяють на фізичні та хімічні. Хімічні методи ґрунтуються на переведенні забруднення в результаті хімічної реакції в нові сполуки, які легко видаляються [10]. У розроблених та представлених авторами засобах [12], як і в [11], залишки затверділого бетону розчиняються в результаті хімічної реакції між хлоридною кислотою і складовими частинами бетонної суміші.

Для покращення властивостей композиції до її складу додали сечовину і гліцерин. Відомо, що сечовину застосовують у мийних засобах для збільшення мийної здатності без негативного впливу на поверхню, яка обробляється [9]. Гліцерин використовують для зменшення сил адгезії між застарілим бетонним розчином і поверхнею матеріалу форми. Запропонований покращений засіб має наступне співвідношення компонентів, в мас. %:

кислота хлоридна	5 – 15;
сечовина	5,1 – 5,9;
гліцерин	30 – 35;
вода	решта.

Методика приготування засобу. Розроблена та запропонована авторами методика приготування та застосування суміші: хлоридну кислоту, сечовину, гліцерин і воду в рецептурній кількості додають у реактор і перемішують протягом 30 – 40 хвилин. Готовий продукт подають на фасування. Композицію застосовують після розведення водою у співвідношенні 1:1.

Дослідження властивостей засобу. Оцінювання здатності покращеного засобу до видалення затверділих залишків бетонної суміші з форм проводили на матеріалі форм, забруднених у результаті реального виробничого процесу виготовлення тротуарної плитки. Для цього із поліпропіленових форм вирізали зразки розміром 2 × 2 см. Зразки висушували в сушильній шафі до постійної маси за температури 100 – 105°C, охолоджували в ексікаторі і зважували на аналітичних вагах. Потім їх занурювали на 30 хвилин у композицію для видалення залишків бетонної суміші у стаціонарному режимі, після чого промивали дистильованою водою, висушували у сушильній шафі, охолоджували та зважували з залишками бетону як зазначено вище. За зменшенням маси зразків визначали здатність запропонованої композиції до розчинення затверділих залишків бетонної суміші. Кожен із зразків піддавали трьом послідовним обробленням по 30 хвилин. Після першого оброблення втрата маси зразками становила, в мас. %: 3,00, після другого – 1,74, після третього – 0,95. Із наведених результатів можна зробити висновок, що максимальне розчинення затверділого бетону відбувається під час першого оброблення. Окрім того, зменшення залишків затверділого бетону на поверхні зразків визначали візуально.

Оскільки форма для виготовлення тротуарної плитки повинна витримувати до 500 циклів виробництва, то важливо оцінити ступінь руйнування поверхні поліпропіленової форми під дією покращеного засобу. Тому паралельно досліджували контрольні проби щодо впливу створеної композиції на поліпропіленову поверхню зразка. Ті самі досліди проводили зі зразками без нанесеного бетону, тобто перевіряли вплив суміші на матеріал поліпропілен.

Для цього зразки розміром 2 × 2 см без бетонної суміші витримували протягом різного часу у композиції, після чого їх промивали дистильованою водою, висушували у сушильній шафі, охолоджували і зважували. За зменшенням маси зразків оцінювали ступінь руйнування їх поверхні. Усі визначення робили методом вагового аналізу.

Крім того автори виконали дослідження впливу на поліпропіленову поверхню створеного засобу з різними співвідношеннями складових компонентів. В той же час автори виконали дослідження засобу [12] в аналогічних умовах з метою порівняння впливу складових.

Для дослідження впливу складу компонентів засобу на матеріал форм готували розчини такого складу:

- розчин № 1 – 13% хлоридна кислота;
- розчин № 2 – 13% хлоридна кислота і вода у співвідношенні 1:1;
- розчин № 3 – 100 мл 13% хлоридної кислоти, 50 мл гліцерину;
- розчин № 4 – 100 мл 13% хлоридної кислоти, 10 г сечовини;
- розчин № 5 – 100 мл 13% хлоридної кислоти, 50 мл гліцерину, 10 г сечовини.

Зміну маси зразків визначали при обробленні їх у цих розчинах 30 хв., а потім поетапно 60 хв. (30 хв. + 30 хв.), 90 хв. (30 хв. + 30 хв. + 30 хв.), 120 хв. (30 хв. + 30 хв. + 30 хв. + 30 хв.), 1 добу, 6 діб і 23 доби.

За результатами досліджень було обрано найкращий оптимальний інтервал умісту кожного компоненту для засобу розчинення залишків затверділої бетонної суміші на поверхні поліпропіленових форм з виготовлення тротуарної плитки, мас %:

кислота хлоридна	5 – 15;
сечовина	5,1 – 5,9;
гліцерин	30 – 35;
вода	решта.

Якщо для приготування засобу використовувати 13%-й розчин хлоридної кислоти, то рекомендована рецептура є такою, мас. %:

кислота хлоридна (13%-й розчин) 50 – 99;
сечовина 5,1 – 5,9;
гліцерин 30 – 35;
вода решта.

Висновки. Створено та запропоновано покращений засіб розчинення цементного розчину з поліпропіленової поверхні форми для виготовлення тротуарної плитки.

При практичному використанні запропонований склад засобу і кількісне співвідношення компонентів мають мінімальний вплив на матеріал форми (поліпропілен) при тривалому обробленні. Тобто, авторами запропоновано оптимальний хімічний склад та співвідношення компонентів.

Засіб простий у виготовленні, містить нетоксичні речовини, а також є дешевшим, ніж інші мийні композиції.

Створений засіб може бути виготовлений з вихідних розчинів широкого діапазону концентрацій, які не є прекурсорами. Засіб може зберігатися необмежений термін і не вимагає спеціальних умов зберігання.

Створену та запропоновану авторами мийну композицію можна готувати як на спеціальних промислових об'єктах, так і безпосередньо на робочих ділянках по виготовленню плитки.

Література

1. Rajani, B. (2002) *Best Practices for Concrete Sidewalk Construction*. *Construction Technology Update*, No. 54, ISSN 1206-1220 [PDF version] [Electronic resource]. Access mode: https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/en/ctu_sc_n54/doi:10.1139/cjce-24-2-303.
2. Momot, I. (2003) *Road to the future*” *Construction and reconstruction*, No 6., pp.28–29, available online: <https://docplayer.net/55225923-Budivelni-materiali-ta-virobi.html>
3. Onyshchenko, V., Storozhenko, D., Senenko, N., Bunyakina, N. (2018) *Mixes for Concrete Residues Removal from Sidewalk Tiles Production Molds Invention and Analysis*. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.8) 497-501.
4. *Experimental investigation into the properties of self-compacting rubberised concrete incorporating polypropylene and steel fibers* Farhad Aslani Ronny Gedeon *Журнал Structural Concrete Volume 20, Issue 1 First published: 11 September 2018* <https://doi.org/10.1002/suco.201800182>
5. Патент USA SU 5451264 A. *Method for removing hardened concrete* / Jarvis M., James Jr.; опубл. 19.09.95.
6. Патент на корисну модель України UA 72581. *Композиція для очищення та дезінфекції будівельних матеріалів* / А.В. Пантелеймонов, А.Ю. Барабан; опубл. 27.08.2012.
7. Патент USA US 6592658 B1. *Concrete removing composition* / John Gairdner; опубл. 15.07.2003.
8. Патент EA 028996B1 20180131. *Средство для очистки твердых поверхностей* / Я.В Чиркова; опубл. 31.01.2018.
9. Патент USA US 7938912 B1. *Composition for removing cementitious material from a surface and associated methods* / John MacDonald; опубл. 10.05.2011.
10. Методы удаления загрязнений. <http://www.chemicalnow.ru/chemies-6183-1.html>
11. Патент на корисну модель № 129742. *Засіб видалення залишків затверділого бетону з форм виробництва тротуарної плитки*. Онищенко В.О., Філонич О.М., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Сененко Н.Б., Шульгін В.В. *Номер заявки и 2018 05014 від 07.05.2018* *Видача патенту: бюлетень № 21 від 12.11.2018*.
12. Патент на корисну модель. *Композиція для видалення залишків затверділого бетону з форм виготовлення тротуарної плитки*. Онищенко В.О., Філонич О.М., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Сененко Н.Б., Ахмеднабієв Р.М., Завора Т.М. *Номер заявки и 2019 05244 від 17.05.2019*.