

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ КОНДЕНСАТУ ВОДЯНОЇ ПАРИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

Михайлюк В. В., Процюк В.Р., Дейнега Р. О.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна*

**Анотація.** *Виробництво цементу спричинює значні викиди парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, що веде до глобального потепління. Розробка методів утилізації цих викидів є актуальним завданням. У роботі досліджено можливість використання конденсату пари димових газів цементного виробництва як сировини для отримання цементного каменю. Визначено механічні характеристики цементного каменю виготовленого із застосуванням конденсату пари димових газів та порівняно із характеристиками цементного каменю, що виготовлений на водопровідній воді. Встановлено, що найкращими механічними властивостями володіє цементний камінь, отриманий із застосуванням конденсату пари димових газів. Отриманий цемент має більшу розтічність порівняно із цементом виготовленим на водопровідній воді, а цементний камінь – вищі напруження згину та напруження стиску. При цьому, крихкість цементного каменю виготовленого із перемішаного конденсату пари димових газів залишилась такою ж, як і у цементного каменю виготовленого з використанням водопровідної води.*

**Ключові слова:** *цемент, шкідливі викиди, конденсат пари димових газів, цементний камінь, бетон, утилізація.*

Цемент – найпоширеніший будівельний матеріал для виготовлення бетонних і залізобетонних виробів, різноманітних будівельних конструкцій, гідроізоляції, а у нафтогазовій галузі застосовується під час будівництва свердловин і фундаментів для різних машин та устаткування. Виробництво цементу значно впливає на екологічну систему планети та за рахунок шкідливих викидів сприяє глобальному потеплінню, підкислення океану і деградації ґрунтів. Згідно джерела [1] щороку під час виробництва цементу у атмосферу потрапляє близько 8 відсотків від загального обсягу викидів вуглекислого газу. Це надзвичайно багато, тому над зменшенням цієї кількості проводяться дослідження багатьма науковцями.

Варто зазначити, що основними парниковими газами в атмосфері Землі є пари води (H<sub>2</sub>O), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), закис азоту (N<sub>2</sub>O), метан (CH<sub>4</sub>), озон (O<sub>3</sub>),

гексафторид сірки ( $SF_6$ ), гідрофторвуглецеві сполуки (ГФВ) і перфторвуглецеві сполуки (ПФВ) [2].

Існують різноманітні способи та заходи для зменшення викидів парникових газів [1], які мають відповідно ряд переваг та недоліків. Оскільки під час виробництва цементу одним із парникових газів є водяна пара, то для її вилучення із димових газів цементного виробництва пропонується отримувати її конденсат за допомогою розробленого способу виділення рідини і механічних домішок із газового потоку [3]. При цьому також будуть вилучені із димових газів механічні мікрочастинки та інші сполуки шкідливих речовин. Для реалізації способу розроблено багатосопловий пристрій [4] та газорідинний сепаратор, із врахуванням складу та різних характеристик димових газів цементного виробництва.

З використанням вищезгаданого способу та розробленого і виготовленого обладнання було отримано конденсат пари димових газів цементного виробництва. Одним із способів його утилізації є використання його як сировину для отримання цементного каменю (додавати у цементний розчин при виробництві бетону та виробів з нього).

Для визначення механічних характеристик цементного каменю (напруження згину  $\sigma_{зг}$ , стиску  $\sigma_{ст}$  та крихкість  $K_K$ ) виготовленого із застосуванням конденсату пари димових газів цементного виробництва та їх порівняння із цементним каменем виготовленим за традиційним способом було виготовлено відповідні дослідні зразки. Визначення характеристик цементного каменю проводилось згідно ДСТУ Б В.2.7-86-99 [5].

Результати лабораторних досліджень цементних каменів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики цементних каменів

№ з/п	Цементний камінь виготовлений на основі	Розтічність Р, мм	$\sigma_{зг}$ , МПа	$\sigma_{ст}$ , МПа	Крихкість $K_K = \sigma_{ст} / \sigma_{зг}$	Тривалість формування, год
1	Конденсату пари димових газів (відстояний)	220	1,2	4,7	3,9	24
2	Конденсату пари димових газів (перемішаний)	215	1,3	4,6	3,5	
3	Водопровідної води	205	1,0	3,5	3,5	

Виходячи із отриманих результатів (табл. 1) найкращим за механічними властивостями є цементний камінь, отриманий із застосуванням конденсату пари димових газів. Варта зауважити, що перед виготовленням дослідних зразків вищезазначений конденсат пари перемішувався із наявним у ньому осадом. Отриманий цемент має більшу розтічність порівняно із цементом виготовленим на водопровідній воді, а цементний камінь вищі напруження згину на 30% та вищі на 31% напруження стиску. При цьому, крихкість цементного каменю виготовленого із перемішаного конденсату пари димових газів залишилась такою ж, як і у цементного каменю виготовленого з використанням водопровідної води.

**Висновки.** Технологічні процеси виробництва цементу супроводжуються значними викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище. З метою утилізації окремих видів шкідливих речовин, що знаходяться у димових газах цементних виробництв, розроблено спосіб та обладнання за допомогою якого вилучається водяна пара (із неї отримується конденсат). У цьому конденсаті також будуть уловлені різні механічні мікрочастинки та інші сполуки шкідливих речовин. Утилізація отриманого конденсату пари димових газів полягає у його застосуванні для виготовлення виробів із цементу. Для визначення механічних характеристик цементного каменю (напруження згину  $\sigma_{зг}$ , стиску  $\sigma_{ст}$  та крихкості  $K_K$ ) виготовленого із застосуванням конденсату пари димових газів та їх порівняння із цементним каменем виготовленим за традиційним способом було виготовлено відповідні дослідні зразки та проведено експериментальні дослідження. Найкращими механічними властивостями володіє цементний камінь, отриманий із

застосуванням конденсату пари димових газів. Отриманий цемент має більшу розтічність порівняно із цементом виготовленим на водопровідній воді, а цементний камінь – вищі напруження згину на 30% та вищі на 31% напруження стиску. При цьому, крихкість цементного каменю виготовленого із перемішаного конденсату пари димових газів залишилась такою ж, як і у цементного каменю виготовленого з використанням водопровідної води.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва. Цементна промисловість / с.в. Плашихін. – К.: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2020. – 96 с.
- 2.[Електронний ресурс] - <http://surl.li/kxpw0>
- 3.Патент на корисну модель № 152837, Україна, В03С 3/02. Спосіб виділення рідини і механічних частинок з газового потоку / Патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA) // Крижанівський Є.І., Лях М. М., Михайлюк В. В., Маковійчук М.В., Кучірка Ю.М., Витриховський Є.А. (UA) – u202200306; Заявл. 25.01.2022; Опубл. 19.04.2023, Бюл. № 16. – 4 с.
4. Лях М.М., Михайлюк В.В., Яцишин Т.М., Витриховський Є.А. (2022). Дослідження впливу геометричних параметрів сопла Лавалю на зміну температури потоку газу. Прикарпатський вісник наукового товариства імені Шевченка. Число, 17(64), 108-117. [https://doi.org/10.31471/2304-7399-2022-17\(64\)-108-117](https://doi.org/10.31471/2304-7399-2022-17(64)-108-117).
5. ДСТУ Б В.2.7-86-99. Цементи тампонажні. Методи випробувань (ГОСТ 26798.1-96)

### **RESEARCH OF THE STRENGTH OF CEMENT STONE BASED ON THE WATER VAPOR CONDENSATE OF FLUE GAS**

Vasyl Mykhailiuk, Vasyl Protsiuk, Ruslan Deineha

**Abstract.** *The production of cement causes significant emissions of greenhouse gases, in particular CO<sub>2</sub>, which leads to global warming. The development of methods of disposal of these gases is an urgent task. The paper examines the possibility of using steam condensate from the flue gases of cement production as a raw material for obtaining cement stone. The mechanical characteristics of the cement stone made with the use of flue gas vapor condensate and in accordance with the characteristics of the cement stone made on tap water were determined. It was established that the cement stone obtained with the use of steam gas condensate has the best mechanical properties. The resulting cement has higher flexural strength than tap water cement, and cement stone has higher flexural and compressive stresses. At the same time, the fragility of cement stone made from mixed condensate of flue gas steam remained the same as in cement stone made using tap water.*

**Keywords:** *cement, harmful emissions, flue gas vapor condensate, cement stone, concrete, disposal.*

#### **REFERENCE**

1. Dovidnik z resursoefektivnogo ta chistogo virobnitstva. Tsementna promislivost / s.v. PlashivIn. – K.: Tsentr resursoefektivnogo ta chistogo virobnitstva, 2020. – 96 p.
2. [Electronic resource] - <http://surl.li/kxpwo>
3. Patent na korisnu model # 152837, UkraYina, V03S 3/02. Sposib vidlennya ridini i mehanichnih chastinok z gazovogo potoku / Patentovlasnik Ivano-Frankivskiy natsionalniy tehničniy universitet nafti i gazu, vul. Karpatska, 15, m. Ivano-Frankivsk, 76019 // Krizhanivskiy E.I., Lyah M. M., Mihaylyuk V. V., Makovlychuk M.V., Kuchirka Yu.M., Vitrihovskiy E.A. – u202200306; Zayavl. 25.01.2022; Opubl. 19.04.2023, Byul. # 16. – 4 p.
4. Lyah M.M., Mihaylyuk V.V., Yatsishin T.M., Vitrihovskiy E.A. (2022). Doslidzhennya vplivu geometrichnih parametriv sopla Lavalya na zmlnu temperaturi potoku gazu. Prikarpatiskiy visnik naukovogo tovaristva imeni Shevchenka. Chislo, 17(64), 108-117. [https://doi.org/10.31471/2304-7399-2022-17\(64\)-108-117](https://doi.org/10.31471/2304-7399-2022-17(64)-108-117).
5. DSTU B V.2.7-86-99. Tsementi tamponazhni. Metodi viprobuvan (GOST 26798.1-96).