

УДК 624.124

Михайловська О.В.,

etikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-7451-3210

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій,

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ БЛОКІВ З ДОБАВКОЮ ЗОЛИ

Анотація. Розглянуто та проаналізовано технологічні рішення виготовлення блоків із ґрунтоцементу. Запропоновано виготовляти блоки із ґрунтоцементу із портландцементу марки 400 в кількості 20% від маси ґрунту, води. Наступним етапом було додавання до розчину золи-винесення у кількості 5% від вмісту цементу та перемішування. Далі додавали ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 14%. Рекомендовано виготовляти цементну суспензію за допомогою розчинозмішувачів за умови забезпечення її однорідності. Запропоновано додавати золу винесення Миколаївської ТЕЦ, яка була просіяна на ситі 4 мм, тому що зола містить значну кількість домішок. Вміст включень від 1 до 4 мм було до 40%. Середня вологість золи виносу склала 0,6%. Водоцементне відношення прийнято 1,0. Суміш перемішували до однорідної маси протягом не менше 5 хв. Запропоновано виготовляти блоки таким чином щоб розмір готового ґрунтоцементного блоку був аналогічним розміру цегли. Ґрунтоцементні блоки запропоновано виготовити суцільними. Для забезпечення якісного ущільнення вміст вологи вмісту для більшості ґрунтів повинен знаходитися в межах 14-23%. Визначення міцності ґрунтоцементу проведено шляхом вимірювання мінімальних зусиль, при яких виникають тріщини контрольних зразків при статичному навантаженні з постійною швидкістю росту навантаження. За максимальне зусилля, яке витримує зразок приймали за руйнуюче навантаження. Встановлено, що застосування золи винесення у складі суміші при виготовленні ґрунтоцементу дає позитивний ефект. Зі збільшенням терміну витримки зразків у воді до 180 діб зростає середня міцність на стиск зразків ґрунтоцементу без добавки та з додаванням відповідного відсотку золи виносу на величину 12-15%.

Ключові слова: зола винесення, ґрунтоцемент, блок, відходи, теплоелектро станція.

Mykhailovska O.V.,

etikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-7451-3210

Ph.D., Associate Professor,

Associate Professor of Oil and Gas Engineering and Technology,

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava

TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF SOIL-CEMENT BLOCKS WITH THE ADDITION OF ASH

Abstract. Technological solutions for the production of soil cement blocks are considered and analyzed. It is proposed to make blocks of soil cement from Portland cement brand 400 in the amount of 20% by weight of soil, water. The next step was to add 5% of the cement content to the removal ash solution and mix. Then soil (loam loam) with a moisture content of 14% was added. It is recommended to make a cement slurry using mortar mixers, provided that it is homogeneous. It is offered to add ash of removal of the Mykolayiv thermal power plant which was sifted on a sieve of 4 mm as ash contains a considerable amount of impurity. The content of inclusions from 1 to 4 mm was up to 40%. The average humidity of the removal ash was 0.6%. Water-cement ratio is taken 1.0. The mixture was stirred to a homogeneous mass for at least 5 minutes. It is proposed to make the blocks in such a way that the size of the finished soil-cement block was similar to the size of the brick. It is proposed to make solid cement blocks solid. To ensure good compaction, the moisture content for most soils should be in the range of 14-23%. Determination of the strength of soil cement was performed by measuring the minimum forces at which cracks of the control samples at static load with a constant rate of load growth. For the maximum effort that can withstand the sample was taken as a destructive load.

It is investigated that the use of fly ash in the mixture in the manufacture of soil cement gives a positive effect. With increasing the shelf life of samples in water to 180 days, the average compressive strength of soil cement samples without additives and with the addition of the appropriate percentage of removal ash by 12-15%.

Key words: ash, soil cement, block, waste, thermal power plant.

JEL Classification: L 69

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-31-02>

Постановка проблеми. Грунтоцемент має досить широке використання для індивідуального будівництва. Якість грунтоцементних блоків залежить від дотримання правил приготування та укладання сумішей, контролю за твердінням блоків.

При виготовленні грунтоцементних блоків є необхідність використання значної кількості води, яка потрібна для доведення ґрунту, який перемішується із цементом, до напіврідкого стану. Влаштування стрічкових і пальових фундаментів з грунтоцементу рекомендується для будівель не більше трьох поверхів з несучими стінами III класу відповідальності, а також для будівель II класу відповідальності заввишки до двох поверхів включно [1 с. 16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час відома технологія, де ґрунт прямо в місці залягання подрібнюють і змішують із в'язучою речовиною. Потім цю масу зволожують та трамбують. Таким чином влаштовують основи під різними спорудами та будинками.

Також відома технологія влаштування плит перекриття із грунтоцементних блоків. В даному випадку використовується грунтоцемент отриманий напівсухим способом зі зв'язних ґрунтів (глини, суглинку), мінеральних в'язучих води та домішок. Товщина грунтоцементного перекриття варіюється в межах від 50 – 80 мм. Подібні рішення дозволяють знизити вагу конструкції перекриття, і позбутися від ефекту екранування електромагнітних випромінювань, виключивши з неї арматуру [2, с. 128].

Маєвська І.В. пропонує виготовлення готових блоків та плит, необпаленої цегли. Щоб збільшити міцність, виробу пропонується обробляти гарячою парою з температурою 100–300°C. Основною перевагою грунтоцементних блоків є низька ціна. Доведено, що при високому вмісті цементу матеріал стає крихким, на його поверхні з'являються тріщини У свою чергу зайва вода може негативно вплинути на міцність матеріалу [3].

Основна перевага грунтоцементу це низька вартість його виготовлення. Адже близько 70%

його складу – це ґрунт майданчика будівництва. Тому такий матеріал найчастіше використовують із метою економії коштів.

Постановка завдання. Метою дослідження є запропонувати технологію виготовлення блоків із грунтоцементу, покращення міцності грунтоцементних блоків за рахунок додавання золи винесення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зола винесення є одним із найпоширеніших видів відходів теплових електростанцій. В Україні її не переробляють в достатній кількості, що призводить до її накопичення на значних площах. Запаси золи на майданчиках для зберігання відходів забруднюють атмосферу, ґрунтові води та ґрунт.

Зола винесення (або летюча зола) – це тонкодисперсний залишок мінеральних домішок, що залишилися після спалювання палива. Цей залишок, зважений у димовому газі, забруднює атмосферу і подібно до наждачного паперу стирає зсередини димоходи та труби котельні.

Величезні маси золи та шлаків, що складаються біля ТЕЦ у безпосередній близькості від міст, виключають з господарського обороту великі ділянки земель, а солі важких металів, що вилугуються з неї, забруднюють ґрунтові води та ґрунт. Таким чином, у результаті діяльності підприємств вугільної енергетики сформувалися штучні та зовсім не безпечні для навколишнього середовища родовища зол та шлаків, що безперечно поповнюються.

Загальне річне виробництво золи віднесення у світі сягає 700 – 800 мільйонів тон. У країнах Європи близько 43% золи використовують для виробництва будівельних матеріалів, тоді як в Україні частка золи, що переробляється, становить не більше п'яти відсотків. Великі витрати потрібні для складування золи у відвали. У вартості електроенергії та тепла, вироблених теплоелектроцентралями (ТЕЦ), закладено десятки відсотків, що йдуть на обслуговування відвалів золи та мокре транспортування золи. Існуючі на ринку пропозиції щодо утилізації золи часто не

враховують технологічних можливостей виробника, не відрізняються комплексністю та мають достатньо вузьку сферу застосування – бетонні та штукатурні розчини, розчини для оздоблення.

Відомо, що застосування золи виносення у складі суміші при виготовленні ґрунтоцементу дає позитивний ефект. Встановлено, що оптимальною кількістю золи у складі ґрунтоцементної суміші є вміст золи виносення в діапазоні від 5 до 12% від ваги ґрунту [4]. За допомогою додавання оптимальної кількості золи може бути досягнена потрібна міцність ґрунтоцементних блоків та утилізовано певну кількість відходів теплоелектростанцій (ТЕС). Відомо введення до складу будівельних розчинів до 20% тонкодисперсної летючої золи з метою економії портландцементу високих марок. У даному випадку золі відводиться роль мінерального мікрозаповнювача цементу, який сприяє збільшенню пластичності розчинів.

Авторами пропонується виготовляти блоки із ґрунтоцементу за такою технологією: цементна суспензія готується в бетонозмішувачі безперервної дії із портландцементу марки 400 в кількості 20% від маси ґрунту, води. Таким чином отримували «цементне молоко». Потім в отриманий розчин додавали та золу-виносення у кількості 5% від вмісту цементу та перемішували. До «цементного молока» з додаванням золи виносення додавали ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 14%.

При проведенні лабораторних досліджень використали ґрунт м. Полтави, що розташована у межах Полтавського лесового плато. На глибині до 25 м переважають лесові та лесовані суглинки з числом пластичності до 17%. У цих ґрунтах переважають пилюваті частинки каолінітів і гідролюд – до 87%, глинистих частинок – до 20%, піщаних – до 10%. Пористість їх досягає 47%. Модуль деформації їх у природному стані досягає $E = 12$ Мпа [6, с. 10].

Глини малоприсадатні для виготовлення блоків із ґрунтоцементу. Середня міцність матеріалу на їх основі у 2-2,5 рази менша, ніж на основі супісків. Причиною обмеження застосування ґрунтів з числом пластичності більше 14 є значна трудомісткість робіт з їх подрібнення. Однорідність ґрунту суттєво впливає на міцність та морозостійкість ґрунтоцементних блоків (вміст частинок понад 5 мм допускається до 25%, а більших за 10 мм до 5%). Однак, для будь-яких типів ґрунтів вміст органічних часток має бути не більше 6%.

З метою виготовлення експериментальних зразків і їх дослідження використовували портландцемент, виготовлений згідно з вимогами ДСТУ Б В. 2.7-46-96 марки ПЦІІ/Б-Ш-400. Основний компонент виробництва цементу – клінкер. Це проміжний напівфабрикат, що отримується випалюванням суміші вапняку (крейди, мергелю або інших порід) у кількості 75% та 25% глини.

З метою виготовлення зразків використовувалась вода гідро-карбонатнокальцієва, з низьким вмістом солей та показником $pH = 8$. Вода була фільтрована та не містила домішок, які могли б перешкоджати нормальному твердінню цементу.

Виготовляти цементну суспензію можна за допомогою одного з розчинозмішувачів, які випускає промисловість, за умови забезпечення однорідності суспензії [2].

Пропонується додавати золу виносення Миколаївської ТЕЦ, яка була просіяна на ситі 4 мм тому що зола містить значну кількість домішок. Вміст включень від 1 до 4 мм було до 40%. Середня вологість золи виносення складала 0,6%. Водоцементне відношення (В/Ц) приймали 1,0. Суміш перемішували до однорідної маси протягом не менше 5 хвилин. Перемішану суміш пропонується поміщати у форми. Для забезпечення якісного ущільнення вміст вологи вмісту для



Рис. 1. Загальний вигляд зразків: 1 – зола виносення Миколаївської ТЕЦ; 2 – суглинок лесовий.

більшості ґрунтів повинен знаходитися в межах 14-23%.

Форми пропонується виготовляти таким чином щоб розмір готового ґрунтоцементного блоку був 250×120×65 мм. Пропонується влаштувати ґрунтоцементні блоки суцільними. При проведенні експерименту зразки виготовляли циліндричної форми діаметром близько 1,5-1,8 мм, висотою 2,5-3 см.

Визначення міцності ґрунтоцементу проводили шляхом вимірювання мінімальних зусиль, при яких виникають тріщини контрольних зразків при статичному навантаженні з постійною швидкістю росту навантаження. За максимальне зусилля, яке витримує зразок приймали за руйнуюче навантаження.

Для набору міцності слід витримати такі блоки зануреними у воду 28 добу за нормальних умов тверднення ($t=20\pm 2$ °C). Основний недолік використання золи виносення полягає у повільному наборі міцності бетонними виробами [5, с. 126].

Зоценко М.Л. [6] досліджено, що тужавіння ґрунтоцементу за умов вологого зберігання відбувається тривалий час (до 2 – 3 років). При цьому слід враховувати, що при зберіганні ґрунтоцементу на повітрі його міцність зменшуються за 2 роки майже у 2 рази.

Це пов'язано з припиненням тужавіння суміші внаслідок недостатньої кількості вологи, яка необхідна для гідратації цементу. Тому застосування ґрунтоцементних блоків пропонується при будівництві у вологих і водонасичених ґрунтах (пливуні, слабкі водонасичені глинисті ґрунти, мули, заторфовані ґрунти тощо) [6].

Встановлено, що середня міцність ґрунтоцементного елемента з додаванням золи виносення у кількості 5 мас. % становить 3,64 МПа при витримці у водному середовищі, при витримці 180 діб середня міцність становитиме 4,14 МПа. Міцність на стиск керамічної цегли М75 становить 5МПа.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Наведений спосіб виготовлення блоків із ґрунтоцементу є актуальним. Перевагами запропонованої технології є додавання золи виносення Миколаївської ТЕЦ у кількості 5 мас.% від маси цементу з метою підвищення міцності блоків. Встановлено що зі збільшенням терміну витримки зразків у воді до 180 діб зростає середня міцність на стиск зразків ґрунтоцементу без добавки та з додаванням відповідного відсотку золи виносення на величину 12 – 15%.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Киричек Ю.А., Комиссаров Г.В. Методы устройства искусственных оснований из ґрунтоцемента под фундаменты мелкого заложения. *Вісник ПДАБА*. 2014. №7 (196). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-ustroystva-iskusstvennyh-osnovaniy-iz-gruntotsementa-pod-fundamenty-melkogo-zalozheniya> (дата звернення: 14.06.2022).

2. Мислицька А.О., Савицький М.В., Шехоркіна С.Є. Ґрунтобетонні перекриття малоповерхових будівель: огляд сучасних технологій і розробка нового конструктивного рішення. *Науковий вісник будівництва*. 2020. Т. 100, № 2. С. 126 – 132. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2020_100_2_22

3. Маєвська І. В., Очеретний В. П., Гончарук М.С. Визначення впливу добавок золи-виносення на властивості ґрунтоцементу. *Іноваційні технології в будівництві. Міжнародна науково-технічна конференція. ВНТУ, Вінниця, 2018*. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>.

4. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Використання золи виносення ТЕС у будівельних матеріалах. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2014. № 1. С. 35-40.

5. Герасимова Н.П. Установка для интенсификации процесса затвердевания бетона с использованием зола уноса ТЭЦ. *Вестник ИргТУ*. 2016. №7 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustanovka-dlya-intensifikatsii-protsesta-zatverdevaniya-betona-s-ispolzovaniem-zoly-unosataets> (дата звернення: 20.06.2022).

6. Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Зоценко В.М. *Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом*: Монографія Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 94 с.

7. Marchenko V., Nesterenko T. Influence of vibration time during preparation soil-cement piles on their bearing capacity // Conference reports materials «Problems of energy saving and nature use 2013». Budapest, 2014. P. 78 – 83.

8. Larsson S. Mixing processes for ground improvement by deep mixing. Doctoral thesis / S. Larsson. – Stockholm: Royal Institute of Technology, 2003. 218 p. 52.

9. Influence of Fly Ash Additives on Strength Characteristics of Soil–Cement as a Material for Waste Storage Construction // Zotsenko, M., Mykhailovska, O., Shirinzade, I., Lartseva, I. Lecture Notes in Civil Engineering Conference Paper, 2022, P. 457– 464

10. Ларцева І.І., Рожовська Л.І. Будівництво об'єктів гірничо-збагачувального комбінату на ґрунтах, заріплених з використанням бурозмішувальної технології // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). 2012. № 4. С. 165 – 170.

REFERENCES:

1. Kirichek Yu.A, Komissarov G.V. (2014) Metody ustroystva iskusstvennykh osnovaniy iz gruntotsementa pod fundamenti melkogo zalozheniya. *Visnik PDABA*. №7 (196). [in Russian] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-ustroystva-iskusstvennyh-osnovaniy-iz-gruntotsementa-pod-fundamenti-melkogo-zalozheniya> (application date:14.06.2022).
2. Myslytska A.O, Savitsky M.V, Shekhorkina S.E (2020) Hruntobetonni perekryttya malopoverkhovykh budivel': ohlyad suchasnykh tekhnolohiy i rozrobka novoho konstruktyvnoho rishennya . *Naukovyy visnyk budivnytstva* Vol. 100, № 2. 126 – 132. [in Ukrainian] http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2020_100_2_22
3. Maevska I.V., Ocheretny V.P., Goncharuk M.S. (2018) Vyznachennya vplyvu dobavok zoly-vynesennya na vlastyvoli gruntotsementu. Inovatsiyni tekhnolohiyi v budivnytstvi. Mizhnarodna naukovotekhnichna konferentsiya. VNTU, Vinnytsya [in Ukrainian] <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>.
4. Kovalsky V.P., Sidlak O.S. (2014) Vykorystannya zoly vynosu TES u budivel'nykh materialakh. *Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi*. № 1. С. 35-40. [in Ukrainian].
5. Gerasimova N.P. (2016) Ustanovka dlya intensifikatsii protsessa zatverdevaniya betona s ispol'zovaniyem zoly unosa TETS. *Vestnik IrGTU*. №7 (114). [in Russian] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustanovka-dlya-intensifikatsii-protsessa-zatverdevaniya-betona-s-ispolzovaniem-zoly-unosa-tets> (дата звернення: 20.06.2022).
6. Zotsenko M.L., Vynnikov Y.L., Zotsenko V.M. (2016) *Burovi gruntotsementni pali, yaki vyhotovlyayut'sya za burozmishuval'nyim metodom: Monohrafiya* Kharkiv: «Drukarnya Madryd», 94.
7. Marchenko V., Nesterenko T. Influence of vibration time during preparation soil-cement piles on their bearing capacity // *Conference reports materials «Problems of energy saving and nature use 2013»*. Budapest, 2014. P. 78 – 83.
8. Larsson S. *Mixing processes for ground improvement by deep mixing. Doctoral thesis / S. Larsson*. – Stockholm: Royal Institute of Technology, 2003. 218 p. 52.
9. Influence of Fly Ash Additives on Strength Characteristics of Soil–Cement as a Material for Waste Storage Construction // Zotsenko, M., Mykhailovska, O., Shirinzade, I., Lartseva, I. *Lecture Notes in Civil Engineering Conference Paper, 2022*, P. 457– 464
10. Lartseva, I. I., Rozhovskaya, L. I. (2012). Building facilities mining and processing plant on the soils, enshrined using of boring and mixing technology. *Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)*, 1 (4), 165–170. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpgmb_2012_4%281%29__24

Стаття надійшла до редакції 01 жовтня 2022 року