

УДК 691.32

ШЛАКОЛУЖНІ СУМІШІ ПРИДАТНІ ДЛЯ 3D БУДІВЕЛЬНОГО ПРИНТЕРУ

В. В. Дворянський

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня 2 курсу спеціальності «Технології будівельних конструкцій», навчально-науковий інститут будівництва та архітектури.

Наукові керівники – д.т.н., професор Л. Й. Дворкін, к.т.н., доцент В. В. Марчук.

*Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна*

У статті показана можливість отримання сумішей придатних для 3D-будівельного принтеру на основі шлаколужних в'язучих. Отриманий комплекс експериментально-статистичних моделей міцності сумішей при стиску та згині.

Ключові слова: доменний гранульований шлак, 3D будівельний принтер, шлаколужні в'язучі.

The article shows the possibility of producing mixtures for a 3D construction printer based on slag-alkaline binders. A set of experimental and statistical models of the strength of mixtures in compression and bending was obtained.

Keywords: blast furnace slag, 3D construction printer, slag-alkaline binders.

Важливою проблемою, що виникає при реалізації концепції 3D-будівельного друку, є розробка суміші, яка враховує технологічні вимоги до будівельної суміші та необхідні фізико-механічні властивості матеріалу за різних умов його твердіння. Найбільш розповсюдженими матеріалами, які використовуються в 3D принтері є дрібнозернисті, зазвичай швидкотверднучі суміші, що містять мінеральні добавки різного походження для покращення механічних характеристик [1–4]. Розробка таких сумішей передбачає підвищену ранню міцність.

Таким чином аналіз стану сучасної технології 3D-друку у будівництві дозволяє стверджувати, що є передумови для ефективного використання промислових відходів як мінеральних добавок з досягненням оптимального складу сумішей, що забезпечує необхідні нормовані характеристики таких сумішей.

Мета роботи полягала в отриманні сумішей придатної для 3D-будівельного принтеру на основі шлаколужного в'язучого.

Дослідження проводилися з застосуванням методів математичного планування експериментів. Для цього було реалізовано тривірневий двофакторний план B_2 [5].

Варійованими факторами вибрано: вміст портландцементу у в'язучому, %, (ПЦ) $X_1 = 10\% \pm 5$, вміст активатора твердіння NaOH, %, (А), $X_2 = 2,5\% \pm 0,5\%$.

Склад суміші був наступний: в'язуче (ПЦ+шлак) : пісок 1:3, В/Ц=0,4, витрата води – 200 мл. Витрати портландцементу та активатора підбирали згідно матриці планування. Для випробувань формували зразки-балочки розміром 40x40x160 мм згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-239, зразки тверділи при нормальних умовах у спеціальній камері за температури $20 \pm 2^\circ \text{C}$ і вологості $W > 90\%$ протягом 1 та 28 діб.

На основі отриманих даних були побудовані адекватні рівняння регресії:

$$\text{Міцність на стиск у віці 1 доби, МПа} \\ f_{cm}^1 = 3,6 + 1,47x_1 + 0,82x_2 + 0,12x_1^2 + 0,07x_2^2 - 0,35x_1x_2$$

Міцність на стиск у віці 28 діб, МПа
 $f_{cm}^{28} = 28,5 + 6,28x_1 + 5,37x_2 + 1,43x_1^2 - 1,92x_2^2 - 1,13x_1x_2$

Міцність на згин у віці 28 діб, МПа
 $f_{cm}^{28} = 3,4 + 1,38x_1 + 0,8x_2 - 0,06x_1^2 + 0,09x_2^2 - 0,48x_1x_2$

Аналізуючи отримані моделі приходимо до висновку, що одночасне збільшення вмісту портландцементу, та активатора в загальній масі в'язучого, позитивно впливають на міцність розчину. Це пов'язано з тим, що в присутності дисперсних частинок прискорюється гідратація склоподібної фази доменного гранульованого шлаку, внаслідок чого відбувається утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію.

На основі адекватних рівнянь регресії було побудовано графічні залежності міцності при стиску у віці 1 доби (рис. 1) і 28 діб (рис. 2) та міцності при згині у віці 1 доби (рис. 3) і 28 діб (рис. 4), сумішей на основі активованих шлаколузних в'язучих. Дані суміші можуть бути використані як будівельні розчини при датні для використання в 3D будівельному принтері.

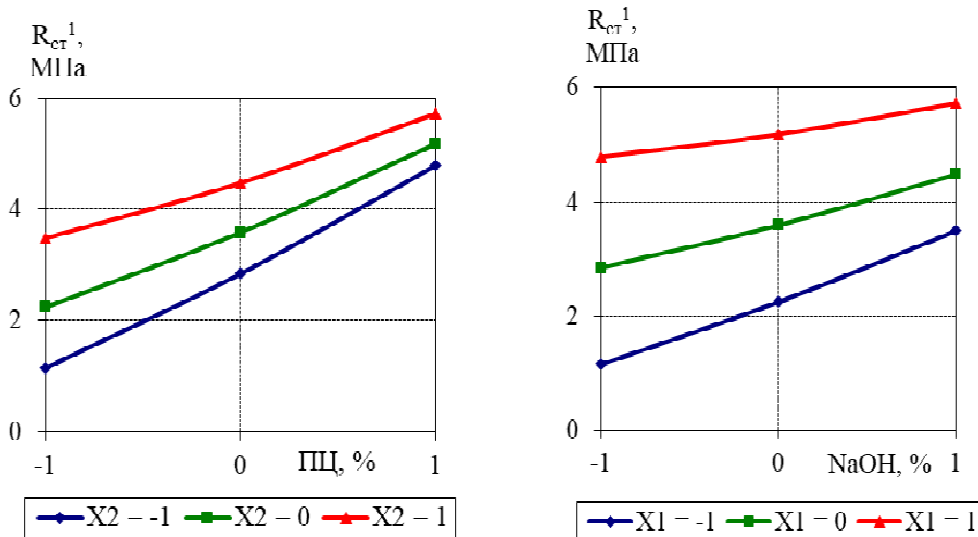


Рис. 1. Міцність при стиску у віці 1 доби

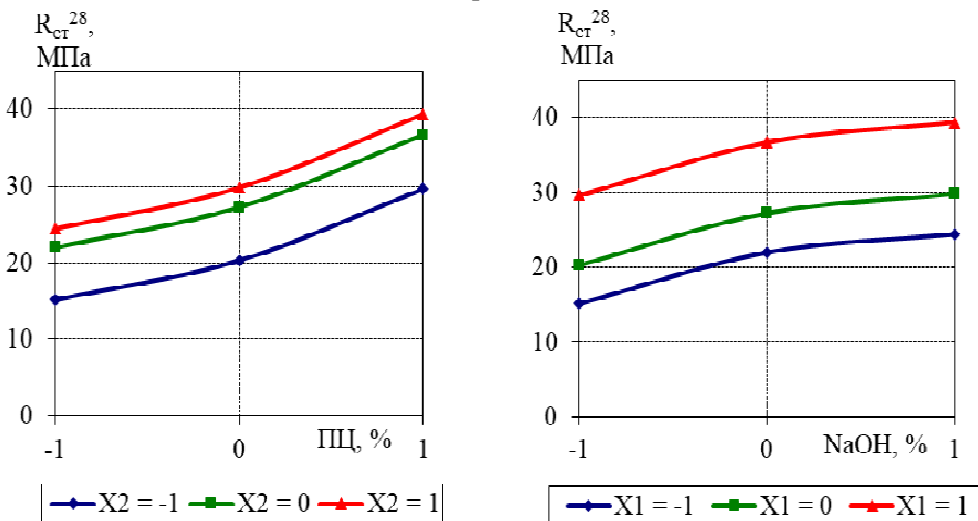


Рис. 2. Міцність при стиску у віці 28 діб

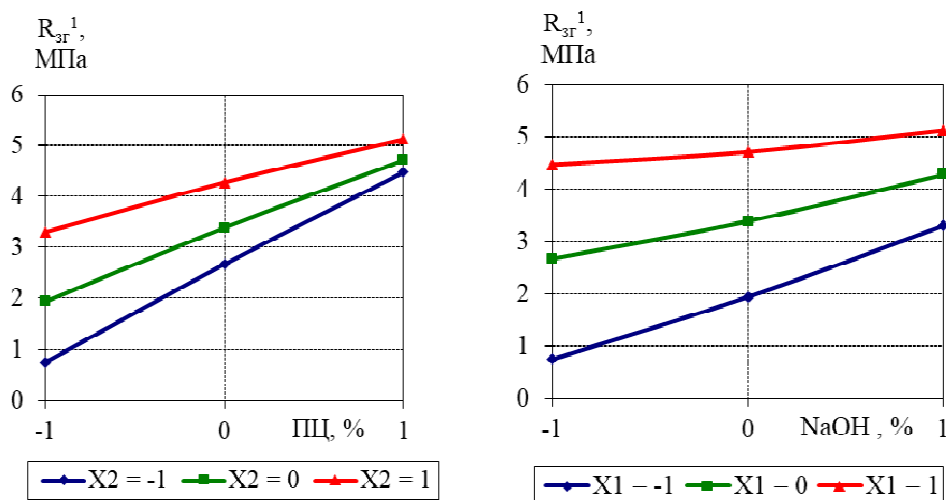


Рис. 3. Міцність при згині у віці 1 доби

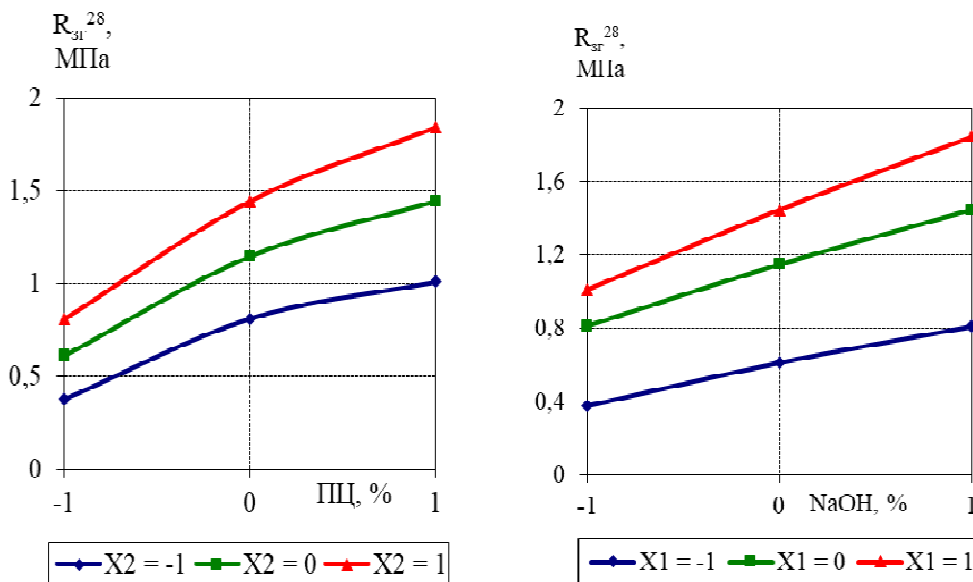


Рис. 4. Міцність при згині у віці 28 діб

Експериментально обґрунтована можливість отримання сумішей придатних для 3D-будівельного принтеру на основі шлаколужного в'язучого активованого гідроксидом натрію.

1. Dvorkin L.; Marchuk V.; Hager I.; Maroszek M. Design of Cement-slag Concrete Composition. *Energies*. 2022. Vol. 15(13). 2. Бетони нового покоління / Л. Й. Дворкін, В. В. Житковський, О. М. Бордоженко, В. В. Марчук, Ю. О. Рубцова. Рівне : НУВГП, 2021. 317 с. 3. Саницький М. А., Соболь Х. С., Марків Т. Е. Модифіковані композиційні цементи. Львів : Вид. ЛП. 2010. 130 с. 4. Рунова Р. Ф., Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Носовський Ю. Л. В'язучі речовини : підручник. К. : Основа, 2012. 5. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Житковський В. В. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту. Рівне : НУВГП, 2011. 174 с.