

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІДВАЛЬНИХ
ГОРІЛИХ ШАХТНИХ ПОРІД ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО
БУДІВНИЦТВА**

**PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF MINE
PRODUCTION WASTES FOR ROAD CONSTRUCTION**

**Панасюк Я.І., к.т.н., доц., Маліков В.В. к.т.н., доц., Талах Л.О.,
к.т.н., доц., (Луцький національний технічний університет)**

**Panasiuk Y.I., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Malikov V.V.,
Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Talakh L.A., Ph.D. in Engineering,
Associate Professor (Lutsk National Technical University)**

Експериментально доведено можливість використання відходів шахтного виробництва для дорожнього будівництва. Запропоновані склади сумішей для будівництва шарів дорожніх одягів.

Experimentally proved the possibility of using mining waste for road construction. The proposed compositions mixtures for the construction of pavement layers. A prospective and economically viable way is to use waste from mine production. Old and completely burnt mine waste heaps often contain high quality burned rocks. To assess the physico-mechanical characteristics of burnt rocks with cement addition, samples were prepared for each test mixture for testing compressive strength at a standard age (3 samples per point for each type of test). Preparation mixtures of waste coal industry fortified with cement was performed in a laboratory mixer. When preparing mixtures in burned rocks, a mineral binder was added, and then the required amount of water was injected. The manufacture of cylindrical specimens with diameters and heights of 50 and 70 mm was performed under laboratory conditions at a temperature of 20°C. Samples were formed by compacting the mixture with a hydraulic press under a load of 150 kgf/cm² for 3 minutes, after which they were placed in a hydraulic bath and solidified under normal conditions, tested after the calculated period. The studied waste from the mine production Novovolinsky coal-mining region is characterized by the following indicators of physical and mechanical properties: the content of powdered-clay particles -

2.1%; crushability - 26.9%; bulk density - 1330 kg/m³. At the same time, with the addition of 5% cement, the strength of the samples was 7.3 MPa, and with the addition of 20% cement, the strength of the products increased 2-fold - 15.1 MPa on the 28th day of hardening. Increasing the strength of the samples when adding cement increases due to the hydration cement minerals, which are evenly distributed throughout the volume of the material. Moreover, the more additives, the higher the density and strength of the samples.

Ключові слова: відходи шахтного виробництва, цемент, міцність при стиску, гранулометричний склад.

Keywords: mining waste, cement, compressive strength, particle size distribution.

Найважливіший резерв ресурсозбереження в будівництві – це широке використання вторинних матеріальних ресурсів, якими є відходи виробництва та споживання.

Продуктами випалу порожніх порід, супутніх родовищам кам'яного вугілля, є горілі породи. Їх різновидами є гліскі - глинисті та глинисто-піщані породи, обпечені в надрах землі при підземних пожежах у вугільних пластах, і відвальні горілі шахтні породи.

У дорожньому будівництві актуальним є питання про можливість заміни ґрунтів при зведенні земляного полотна або основ із щебенів. Одним з можливих замінників можуть бути відвальні горілі породи. На сучасний момент відвальна горіла порода застосовується у багатьох галузях народного господарства багатьох країн, приблизний розподіл обсягів у відсотках наведений на рис.1. (для дорожнього будівництва об'єм використання складає приблизно 20%).

Особлива увага повинна приділятися ущільненню шарів з відвальної горілої породи та їх гідроізоляції. Значна неоднорідність шахтних горілих відвалів за складом, станом, міцністю та стійкістю до впливу кліматичних факторів вимагає диференційованого підходу до цього матеріалу. У кожному конкретному випадку оцінюється агрегатна міцність відходів, що характеризує їх будівельні властивості.

Перспективним та економічно доцільним є використання шахтних порід для спорудження земляного полотна для

будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу, для вирівнювання територій і будівельних майданчиків тощо. Особливої ваги набуває проблема розширення сфери використання шахтних відвальних порід в умовах дефіциту місцевих природних кам'яних матеріалів на території Волинської області. Досвід застосування цих порід дає змогу прогнозувати, що за дотримання належної підготовки та укладання добре випалені шахтні горілі породи можна успішно використовувати і в конструктивних шарах дорожнього одягу.

До горілих порід, поряд з природною сировиною, відносяться і перегорілі порожні шахтні породи, що містять мінімальну (менше 5%) кількість вуглистих домішок і мінеральну глинисто-піщану частину, обпалену в тій чи іншій мірі. Порооди змішані з відходами вугілля, горючих сланців, сірки тощо. Під дією кисню повітря вугілля і сірка окислюються і samozагораються, а під впливом високих температур (до 1000°C) порода піддається природньому випалу. Органічні домішки при цьому частково вигорають. Найбільш інтенсивно горять породи в териконах шахт з коксівним або антрацитовим вугіллям. Ступінь випалу горілих порід залежить від багатьох причин. Нерівномірне надходження вологи в гарячий шар породи, нерівномірна кількість повітря, що стикається з поверхнею породи в териконі, а також велика кількість дрібних фракцій, що ускладнюють доступ кисню до осередків горіння, призводить до того, що випал відбувається вкрай нерівномірно, незважаючи на високу температуру в териконі [1-5]. В результаті утворюється матеріал різного ступеня випалу – від спеченого до слабо випаленого, з неоднаковими фізико-механічними властивостями. На рис. 1 (м. Нововолинськ, відвал шахти Бутанська) – різні кольори показують нерівномірність випалу.

Неоднорідність матеріалу в териконі – один з його істотних недоліків. Розмір частинок коливається в межах від 400 мм до < 0,071. У териконах зустрічаються щільні та пористі різновиди горілих порід. Горілі породи – продукт самовипалення порожніх порід. Їх хіміко-мінералогічний склад визначається характером вугленосної свити басейну. Якщо горіння відбувалося в надрах землі при підземних пожежах, то в результаті стійкої ерозії утворилися природні горілі породи, або глієжі. Під час окислювального самовипалу шахтних порід, в яких знаходиться до

30% кам'яного вугілля, виходять відвальні горілі породи, що мають щільно шарувату будову.



Рис. 1. Фото відвалу шахти Бутанська у м. Нововолинськ Волинської області

Власне горілими породами називаються перегорілі порожні шахтні породи, що містять мінімальну (менше 5%) кількість вуглистих домішок і мінеральну глинисто-піщану частину, обпалену в тій чи іншій мірі. До них відносяться всі різновиди природних обпалених глинисто-піщаних сумішей з різною кількістю вуглистих домішок, іноді неповністю вигорілих.

Відвальні горілі породи (з териконів шахт) є найбільш поширеною і дешевою сировиною. Однак ці породи мають підвищений вміст незгорілого вугілля і потребують ретельного відбору та збагачення.

Старі та повністю перегорілі шахтні терикони часто містять горілі породи високої якості.

За основними фізичними та хімічними властивостями вони близькі до обпалених глин при 800.....1000°C. Хіміко-мінералогічний склад горілих порід різноманітний, проте загальним для них є наявність активного глинозему у вигляді радикалів дегідратованих глинистих мінералів або у вигляді активних глинозему, кремнезему та залізистих сполук. На відміну від зол і шлаків горілі породи майже не містять склоподібних компонентів і характеризуються високою сорбційною здатністю.

Основні фізико-механічні характеристики шахтних горілих порід Львівсько-Волинського вугільного басейну:

- густина, $\text{кг}/\text{м}^3$ – 2370...2580;
- об'ємна маса грудок, $\text{кг}/\text{м}^3$ – 1690...2460;
- насипна маса, $\text{кг}/\text{м}^3$ – 1360...1510;
- водопоглинання, % до маси – 1,95...6,35;
- пористість, % до об'єму – 3,5...30,2;
- стирання в поличковому барабані, % до маси – 13,7 і більше;
- межа міцності на стиснення, МПа – 6,7...71,3;
- марка щебеню за показником дробимости в циліндрі (у сухому стані) – 300...600.

Для визначення фізико-механічних характеристик використовували стандартні методи досліджень [1-4].

Для оцінки фізико-механічних характеристик горілих порід з додаванням цементу готували зразки кожного досліджуваного складу суміші для випробування на міцність при стиску в нормативному віці (по 3 зразків на точку на кожен вид випробування).

Приготування сумішей відходів вугільної промисловості, укріплених цементом, виконували в лабораторній мішалці. При приготуванні сумішей до горілих порід додавали мінеральне в'язуче, а потім вводили необхідну кількість води.

Виготовлення циліндричних зразків діаметром та висотою 50 та 70 мм виконували в лабораторних умовах при температурі 20°C згідно [6-9]. Зразки формували шляхом ущільнення суміші за допомогою гідравлічного пресу при навантаженні $150 \text{ кгс}/\text{см}^2$ протягом 3 хв., після чого вони поміщались у гідравлічну ванну та тужавили при нормальних умовах [6], випробовувались після розрахункового періоду згідно [6-9].

Досліджувані відходи шахтного виробництва Нововолинського вуглевидобувного регіону характеризуються такими показниками фізико-механічних властивостей: вміст пилювато-глинистих часток – 2,1%; дробимість – 26,9%; насипна щільність – $1330 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Результати дослідження зернового складу відібраних проб відходів за матеріалами попередніх досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Гранулометричний склад відходів шахтного виробництва

Вміст зерен, %, більше даного розміру, мм	Залишки на ситах, %	
	Часткові	Повні
40	7,9	7,9
20	14,5	22,4
15	4,4	26,9
10	8,3	35,2
5	15,9	51,1
2,5	16,0	67,1
1,25	7,2	74,3
0,63	7,2	81,4
0,315	5,4	86,8
0,14	4,1	90,9
0,071	7,6	98,5
<0,071	1,5	100,0

За попередніми результатами досліджень, міцність зразків на основі самої горілої породи недостатня, у межах 3.....4 МПа. Тому вирішено підвищити міцність матеріалу введенням до складу маси портландцементу.

При виконанні роботи застосована наступна методика. Відсіви фракції 2.5 мм 75% та фракції 0.071 мм 25% змішувалися та додавався портландцемент, кількість якого змінювалася – від 5, 10, 15 та 20%. Зразки формувалися із додаванням 10% води від маси сухих компонентів. Після ретельного перемішування отриману зволожену масу зважували для формування зразків. Зразки формували відповідно до стандартної методики. Зразки витримувалися в ексікаторі при температурі 20°C 3, 7 та 28 діб. Кількість зразків у серії – 6 шт.

У таблиці 2 наведені експериментальні властивості зразків, які тужавіли в нормальних умовах. Як видно з таблиці 2, зі збільшенням відсоткового вмісту портландцементу поступово підвищується середня щільність і межа міцності на стиск.

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості зразків в залежності від кількості цементу

Кількість цементу, %	Середня щільність г/см ³	Межа міцності на стиск МПа		
		3 доби	7 діб	28 діб
5	1,81	5,4	6,1	7,3
10	1,83	6,7	8,3	10,2
15	1,85	8,1	10,4	12,8
20	1,87	10,4	12,8	15,1

При цьому, при добавці 5% цементу міцність зразків склала 7,3 МПа, а при добавці 20% цементу міцність виробів збільшується у 2 рази – 15,1 МПа на 28 добу тужавіння. Отримані залежності наведені на рис. 2.

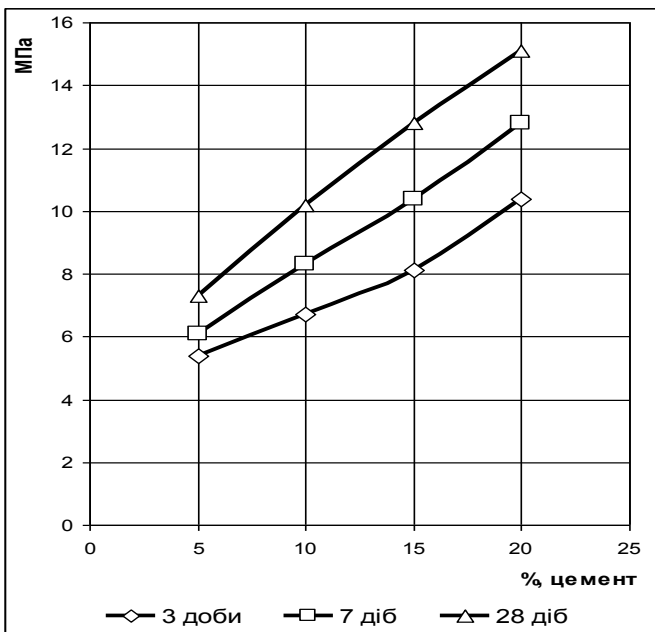


Рис. 2. Залежність границі міцності при стиску лабораторних зразків від кількості цементу

Встановлено, що при додаванні 15% цементу, через 3 доби міцність зразків підвищується до 8,1 МПа а при добавці 20% цементу, міцність зразків через 3 доби дорівнює 10,4 МПа. У результаті твердіння, через 28 діб, міцність зразків підвищується до 15,1 МПа.

Зі збільшенням кількості цементу поступово підвищується середня щільність зразків – від 1,81 г/см³ до 1,87 г/см³ при добавці 5 та 20% цементу відповідно.

Підвищення міцності зразків при додаванні цементу збільшується за рахунок гідратації цементних мінералів, які рівномірно розподілені по всьому об'єму матеріалу. При цьому, чим більше добавки, тим вища щільність і міцність зразків.

Список використаних джерел

1. Жданюк В.К., Гнатів М.Я., Говоруха О.В., Бойко Є.М. Застосування відходів шахтного виробництва при благоустрої територій та будівництві автомобільних доріг. Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: мат. VIII Междунар. научн.-техн. интернет-конф. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 153 с.

2. Сасько Н.Ф. Особенности технологиестроительства земполотна из углеотходов // Автошляховик України. – 1992. – № 1.

3. Мнухин А.Г. Породные отвалы – сырье будущего. Уголь Украины. 2009, 5, 28–32.

4. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород, М.: Стройиздат, 1986. 207 с.

5. Мовчан М.І., Акімов Д.М. Використання шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну в дорожньому будівництві // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2011. – № 697.

6. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів укріплених цементом. Проектування та будівництво: ГБН В.2.3-37641918-554:2013. – К:Укравтодор-2013. – 43 с.

7. Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами: ВБН В.2.3-218-541:2010. – К.: Укравтодор, 2010 – 39 с.

8. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и ґрунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия: ГОСТ 23558-94. – М., 1994. – 9 с.

9. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186-2004. – К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.