

Висновки та напрямок подальших досліджень. В роботі наведена коротка характеристика організації та складу робіт при інженерно-геологічних і інженерно-геотехнічних вишукуваннях. Надані основні відомості щодо геофізичних досліджень та характеристик ґрунтів. У статті наведені методи, якими можна визначити осідання основ та фундаментів.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99) Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості.
2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд.
3. ДСТУ Б В.2.1 – 5-96 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань»
4. ДСТУ Б В.2.1-3-96. Основи і підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Лабораторні випробування. Загальні положення.
5. ДСТУ Б В.2.1-19:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення гранулометричного (зернового) та мікроагрегатного складу».
6. ДСТУ Б В.2.1-9:2016. Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням.
7. ДБН А.2.1 – 1 – 2008. Інженерні вишукування для будівництва
8. Білецький В. С. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т./ за ред.В. С. Білецького — Д., 2004.— Т. 1: А — К. — 640 с.
9. Суярко В. Г. Інженерна геологія (з основами геотехніки)/ В.Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилюк, В. В. Сухов, О. В. Нижник, В. С. Білецький, А. В. Матвеев, О. А. Улицький, О. В. Чусенко. За заг. ред. проф. В. Г. Суярка. — Х: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019. — 278 с.
10. Зоценко М.Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти/ М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. — П.: ПНТУ, 2003. — 13 – 554 с.
11. Oleksandr Ye. Lapshyn, Oleksandr O. Lapshyn, and Mykola Khudyk / The tragic consequences of the collapse of the earth's surface within the mining allotment of Ordzhonikidze mine // E3S Web Conf., - Volume 166, 2020., URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/26/contents/contents.html>

Рукопис подано до редакції 24.04.2023

УДК 625.861

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,
В.В. АФАНАСЬЄВ, М.О.ВАЛОВОЙ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХВОСТІВ СМС ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ

Мета. Визначення фізико-механічних властивостей піска і щебню з хвостів. Точкові проби хвостів відібрано з терміналу окремої технологічної лінії грохочення. Лабораторні випробування хвостів проведено згідно зі зернового складу, вмісту зерен лещадної і голчатої форми, насипної щільності і пустотності, подрібнення (марки за міцністю).

Методи дослідження. До випробувань використовували лабораторну пробу, яку висушували до постійної маси, з котрої брали аналітичні проби. Просіювали ручним засобом через сита з отворами нормативних розмірів. Результати випробування полягали у визначенні залишку на кожному ситі.

Наукова новизна. Експериментальним шляхом були отримані фізико-механічні показники, дані про хімічний та гранулометричний склад щебеню та піску з відходів збагачення залізних руд.

Практична значимість. Для уникнення деформацій під залізничним навантаженням забезпечують загальну стійкість верхньої будови залізничної колії, стійкість і міцність основного майданчика земляного полотна (упільнення, укоси, берми, укладання геотекстильних матеріалів, запас на осадку). Ці передбачені заходи економічно не завжди є доцільними. З другого боку, запаси нерудних будівельних матеріалів (граніт, то що), які є у залізничному кар'єрі, обмежені, видобуток – епізодичний. У зв'язку з цим для будівництва і відновлення земляного полотна на слабких основах і для верхньої будови залізничних колій актуальним є використання хвостів.

Результати. Щебень з хвостів рекомендовано застосовувати для підсилення слабких основ при будівництві земляного полотна залізничних колій. Щебень з хвостів рекомендовано застосовувати для верхньої будови залізничних колій. За рахунок використання відходів при будівництві залізниць у залізобетонних блоках можливо суттєве покращення екологічного стану підприємства на відвалах та в кар'єрі. Нова розроблена конструкція верхньої будови залізничної колії є екологічно захищеною від утворення пилу, допускає роботи з виправлення колії, заміни шпал і рейок.

Ключові слова: щебень, залізничні колії, відходи збагачення, міцність

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Будівництво і відновлення залізниць в умовах існуючого кар'єру та відвалів розкривних гірських порід Інгулецького гірничозбагачувального комбінату (ПАТ «ІнгЗК») виконується безперервно і цілорічно. При погонному навантаженні від локомотива та думкару виявляються залишкові опади, підняття, зміщення, пошкодження або руйнування земляного полотна та його елементів від природних, техногенних впливів та поїздного навантаження. Утворюються нерівності позовного профілю довжиною боєм 25м. Виникають відхилення конструктивного геометричного положення рейкової колії від проектного, що нормується. Мають місце відмови в роботі, які полягають у порушенні працездатності рейкошпальних грат верхньої будови колії локомотивом при його сходженнях (відрив, перелом підрейкової основи). У цих випадках верхня будова залізничної колії виконується з утопленою баластною призмою і проводяться часті ремонти. Для будівництва залізничних колій [5] комбінат використовує скальні щільні гірські породи кар'єру (граніт, тощо), які попутно розробляють, та хвости сухої магнітної сепарації (СМС) [2].

Хвости СМС мають крупність 0-70 мм. Утворюються у поточному виробництві рудозбагачувальної фабрики комбінату, де виконано термінал для тимчасового їх зберігання, з якого відбувається відвантаження для внутрішнього використання при будівництві залізничних колій. Нереалізована частина відходів СМС вивозиться у відвал розкривних порід. Для розподілення хвостів СМС в технологічній лінії фабрики створена окрема технологічна лінія грохочення, де отримують фракції щебінь 0-5мм, 5-10мм, 10-20мм, 20-40 мм. Хвости СМС після розподілу фракцій складають у відкритих конусних терміналах технологічної лінії грохочення і використовують разом з хвостами СМС крупністю 0-70 мм.

Аналіз досліджень і публікацій. Для уникнення деформацій під залізничним навантаженням забезпечують загальну стійкість верхньої будови залізничної колії, стійкість і міцність основного майданчика земляного полотна (ущільнення, укосу, берми, укладання геотекстильних матеріалів, запас на осадку). Ці передбачені заходи економічно не завжди є доцільними. З другого боку, запаси нерудних будівельних матеріалів (граніт, то що), які є у залізничному кар'єрі, обмежені, видобуток - епізодичний. У зв'язку з цим для будівництва і відновлення земляного полотна на слабких основах і для верхньої будови залізничних колій [1] актуальним є використання хвостів СМС.

Постановка задачі. Визначення зернового складу. Для визначення фізико-механічних властивостей приймали пісок і щебінь з хвостів СМС ПАТ «ІнгЗК». Точкові проби хвостів СМС відібрано з терміналу окремої технологічної лінії грохочення (рис. 1).

Лабораторні випробування хвостів СМС проведено згідно [2] зі зернового складу, вмісту зерен лещадної і голчатої форми, насипної щільності і пустотності, подрібнення (марки за міцністю).

Викладення матеріалу та результати. Визначення зернового складу. До випробувань використовували лабораторну пробу, яку висушували до постійної маси, з котрої брали аналітичні проби. Просіювали ручним засобом через сита з отворами нормативних розмірів [2] (рис. 2). Результати випробування полягали у визначенні частинного залишку на кожному ситі.



Рис. 1. Хвости СМС у відкритому конусному терміналі технологічної лінії грохочення ПАТ «ІнгЗК»



Рис. 2. Просіювання навішування класу 0-70 мм на стандартному наборі сит

Зерновий склад суміші 0 – 70 мм з хвостів СМС представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Зерновий склад хвостів 0-70 мм СМС, маса проби 5675 г

Найменування залишку	Залишки, за масою на ситах										Дно
	40	20	10	7,5	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	-0,16
на ситі, мі, г	59	2212,5	2828,5	385,5	129,5	33,5	3,5	-	-	19	4
аі, %	1	39	49,8	6,8	2,3	0,6	0,1			0,3	0,1
Повний, m повн, %	1	40	89,8	96,6	98,9	99,5	99,6	-	-	99,9	100

Суміш піску 0 – 5 мм з хвостів СМС, котра по залишкам на ситах і модулю крупності перевірялась на відповідність будівельному піску за нормативними документами [2, 4/ приведено у табл. 2.

Обробка результатів. Для класу 0 -70 мм з хвостів СМС максимальний відсоток щебіню у фракції 40-70 мм (1%), 20-40 мм (39%), 10-20 мм (49,8%), відповідає [2], п. 5.5. Пісок 0 -5 мм з хвостів СМС за $M_{кр} = 3,1$ є підвищеної крупності, а за повним залишком на ситі № 063, у відсотках за масою, 53% відповідає крупному піску [2].

Визначення вмісту зерен лещадної і голчатої форми. Визначення вмісту зерен лещадної і голчатої форми у щебені з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК» [3/ приведено у табл. 3.

Обробка результатів: вміст зерен лещадної (голчатої) форми у щебені 5 -40 мм з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК»: $П_{пл} = 0,14/1000 \times 100\% = 0,1\%$, $П_{пл} = 1479/5000 \times 100\% = 3\%$. Група щебіню 5 -40 мм за формою зерен з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК»: 5-10 мм – 2 (поліпшена); 10-20 мм –2 (поліпшена); 20-40 мм – (звичайна).

Таблиця 2

Зерновий склад піску 0-5 мм з хвостів СМС, 1755г

Сита, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	-0,16
мі, г	724	131	218	166	214	229
аі, %	44	7	12	9	12	16
mповн, %	44	51	53	72	84	100
Модуль крупності, $M_{кр}$	3,1					

Таблиця 3

Вміст зерен лещадної (голчатої) форми у щебені 5 -40 мм з хвостів СМС

Найменування залишку	Залишки, за масою на ситах		
	5-10	10-20	20-40
m, г	10000	1000	5000
Кубічн., г	6995	688	524
m1, г	0,14	12	148
Ппл, %	0	1	0

Визначення насипної щільності. Щебін з хвостів СМС насипали в попередньо зважений вимірювальний циліндр, після чого зважували циліндр зі щебенем [3]. Зважування мірного циліндру зі щебенем (m1) на настільних електричних вагах показано на рис. 3. Результати визначення насипної щільності і пустотності щебіню фракції 5-40 мм з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК» приведено у табл. 4, 5, де кожної фракції щебіня співпадав мірний циліндр ємності V за [3] п. 4.17.2.1. При цьому було прийнято дві аналітичні проби сумішей щебіня (1) і (2). Насипна щільність суміші піску 0-5мм; 0,16-5мм з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК» приведена у табл. 6.



Рис.3. Зважування вимірювального циліндру зі щебенем на настільних електричних вагах

Обробка результатів. По визначенню насипної щільності і пустотності суміші (1) щебіня 5-40 мм з хвостів СМС ІнГЗК: $\rho_n(5-10) = 1700 \text{ кг/м}^3$; $V_{п(5-10)} = 6\%$; $\rho_n(10-20) = 1800 \text{ кг/м}^3$; $V_{п(10-20)} = 2\%$; $\rho_n(20-40) = 1800 \text{ кг/м}^3$; $V_{п(20-40)} = 2\%$.

Обробка результатів. По визначенню насипної щільності і пустотності суміші (2) щебіня 5-40 мм з хвостів СМС ІнГЗК: $\rho_n(5-10) = 1580 \text{ кг/м}^3 = 1600 \text{ кг/м}^3$; $V_{п(5-10)} = 40\%$; $\rho_n(10-20) = 1800 \text{ кг/м}^3$; $V_{п(10-20)} = 2\%$; $\rho_n(20-40) = 1520 \text{ кг/м}^3$; значення

наважки за [3/ збільшуємо на 5%: $\rho_n(20-40) = 1,52 + 1,52 \times 0,05 = 1600 \text{ кг/м}^3$. $V_{п(20-40)} = 40\%$.

Хвости СМС ПАТ «ІнГЗК» складаються з щільної гірської породи, насипна щільність щебіня з якої 1600...1800 кг/м³.

Таблиця 4
Насипна щільність суміші (1) щебіня 5-40 мм
з хвостів СМС

V	5л	10л	20л
Фракція	5-10	10-20	20-40
m1/m	948/542	19969/1440	878/2880
ρн	1,7	1,8	1,8

Таблиця 5
Насипна щільність суміші (2) щебіня 5-40 мм
з хвостів СМС

V	5л	10л	20л
Фракція	5-10	10-20	20-40
m1/m	840/542	19450/1440	16650/1440
ρн	1,6	1,8	1,6

Таблиця 6
Насипна щільність суміші піску 0-5мм; 0,16-5мм з
хвостів СМС

V	1л	1л
Фракція	0-5мм	0,16-5мм
m1	1959	170
m	215	215



Рис. 4. Встановлення циліндру з наважкою
щебіня з хвостів СМС під прес

Обробка результатів: по визначенню насипної щільності суміші піску 0-5мм; 0,16-5мм з хвостів СМС ІнГЗК: $\rho_n(0-5)=1700 \text{ кг/м}^3$; $\rho_n(0,16-5)=1500 \text{ кг/м}^3$.

Визначення подрібнення щебіня з хвостів СМС. Встановлення циліндру з наважкою щебіня фракції 20-40 мм з хвостів СМС під прес показано на рис. 4. Наважку щебіня з хвостів СМС ІнГЗК під навантаженням 200 кН показано на рис. 5, зважування наважки щебіня з хвостів СМС ІнГЗК після дроблення – на рис. 6.



Рис. 5. Наважка щебіня з хвостів СМС ІнГЗК
після навантаження



Рис. 6. Зважування наважки щебіня з хвостів
СМС ІнГЗК після дроблення

Результати визначення дроблення щебіня з хвостів СМС ІнГЗК приведено у табл. 7.

Обробка результатів з визначення дроблення щебіня фракції 20-40 мм з хвостів СМС ІнГЗК: $D_r = (m - m_1) / m = 6,3\%$. Для щебіня з хвостів СМС ПАТ «ІнГЗК» приймаємо марку дроблення 1400.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для верхньої будови залізничної колії кар'єру та відвалів оптимальними для ПрАТ «ІнГЗК» є хвости СМС з наступними фізико-механічними властивостями: за міцністю відповідають щебеню для будівельних робіт; за щільністю – 1600 кг/м^3 ; містять зерен лещадної та голчастої форми менш ніж 35%; являють собою якісну суміш щебеню 10-70 мм (84...99%), мінімально «подрібнені» крупністю 0 -1,25 мм (0,1...2%) [1].

Таблиця 7
Подрібнення щебіня 20-40 мм з хвостів СМС

Фракція, мм	20-40
m, г	2727
m1, г	2554

За рахунок використання відходів СМС при будівництві залізниць у залізобетонних блоках можливо суттєве покращення екологічного стану підприємства ПАТ «ІнГЗК» на відвалах та в кар'єрі.

Нова розроблена конструкція верхньої будови залізничної колії є екологічно захищеною від утворювання пилу, допускає роботи з виправлення колії, заміни шпал і рейок.

Список літератури

1. Патент № 151112 України, МПК (2009), E01B 2/00 Верхня будова залізничної колії/ авт. Валоной О.І., Афанасьєв В.В., Валоной М.О., Гавриленко О.Ю., Волков С.О. - опубл. 08.06.22, Бюл.№ 23.
2. ДСТУ Б В.2.7-33-2001 Пісок кварцево-залізистий і тонкодисперсна фракція для будівельних робіт з відходів гірничо-збагачувальних комбінатів України. Технічні умови. Наказ держбуду України від 31 жовтня 2001 р. № 206.
3. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт.
4. ДСТУ Б В.2.7-32 95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. Наказ від 31.10.1995 № 211.
5. СНІП 32-01-95 Залізнична колія 1520 мм. Наказ Мінбуду Росії від 18 жовтня 1995 р. № 18-94.

Рукопис подано до редакції 25.04.2023

УДК 622.235:622.271

Д.Ю. МАЛИХ, гірн. інж., заст. ген. директора з виробництва,
ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат»

Г.І. ЄРЕМЕНКО, канд. техн. наук, доц., Д.А. ТІТОВ, магістр, Академія гірничих наук України

УТОЧНЕННЯ РОЗРАХУНКУ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД СВЕРДЛОВИННИМИ ЗАРЯДАМИ З ДИФЕРЕНЦІЙОВАНО РОЗПОДІЛЕНОЮ ВР В ЇХ РЯДАХ

Основною метою дослідження є уточнення розрахунків при математичному моделюванні взаємодії свердловинних зарядів, у яких частини вибухової речовини розосереджені по довжині свердловини інертним матеріалом, які підриваються послідовно. При цьому проаналізовано особливості динамічного навантаження скельного масиву, який підривається, в залежності від послідовності відривання цих зарядів та їх частин. Це уточнення стосується удосконалення методики параметричних розрахунків і спрямоване на вирішення актуальної проблеми – зниження питомої витрати вибухових речовин для руйнування скельних гірських порід.

Методами дослідження є аналіз геомеханічних процесів математичним моделюванням динамічного напруження породного масиву вибухом на відкритих гірничих розробках.

Наукова новизна дослідження полягає в уточненні закономірностей взаємодії енергії вибуху свердловинних зарядів спеціальної конструкції з оточуючим їх скельним масивом.

Практичне значення. Подальший розвиток і виробниче застосування результатів досліджень забезпечить значне зниження собівартості залізничної продукції за рахунок підвищення ефективності бурових і вибухових робіт у залізничному кар'єрі.

Результати. Для теорії і практики ведення вибухових робіт важливо знати особливості формування і взаємодії силових полів свердловинних зарядів ВР, що підривають із затримкою. Основну роль в процесі руйнування гірського масиву за цих умов відіграє конструкція підривних свердловинних зарядів. Підбором мас зарядів з різним співвідношенням їх частин в свердловинах послідовних рядів і варіюванням тривалості затримки між вибухами можна регулювати процес вибухового навантаження в залежності від конкретних гірничо-геологічних умов ведення вибухових робіт. За рахунок зміни способів формування і порядку підривання зарядів ВР в руйнованому обсязі, можна впливати на процес руйнування, знаючи особливості формування силових полів. З огляду на часові та геометричні характеристики породного масиву, можна припустити, що його напружений стан буде повністю відповідати фізичним параметрам інтегральної зони, за яких втрата енергії вибухових хвиль мінімізується. Отримані результати можуть бути використані для розробки вибухових технологій, заснованих на руйнуванні гірського масиву, приведенного попередньо в напружений стан від вибуху зарядів ВР, конструкція яких пропонується авторами даного дослідження.

Ключові слова: гірська порода, вибух, вибухове руйнування, скельне середовище, свердловинні заряди.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Одним з основних показників ефективності роботи буро-підривного комплексу є якість дроблення підірваної гірни-