

Перетинання тріщин відколу й тріщин відриву даної системи утворює в масиві ромбовидну сітку.

Перетинання всіх перерахованих вище систем тріщин визначає форму елементарних структурних блоків. Основною формою за даними проведених досліджень є паралелепіпед і його різновид - куб, ромбоїд, плитчаста відокремленість. При наявності діагональної системи з'являється об'ємний клин. Розмір ребра елементарного структурного блоку 1,18м. Коефіцієнт тріщинуватості рівний 0,85.

Базуючись на останніх дослідженнях ФГУП «ВІОГЕМ» та дослідженнях, проведених службою по нагляду за стійкістю бортів Інгулецького кар'єру та ярусів відвалів, приведених у даній статті. Було проведено районування кар'єру по секторам впливу тріщин і побудована карта районування Інгулецького кар'єру за фактором тріщинуватості (рис. 3).

Висновки. 1. В ході виконаних досліджень тріщинуватості південно-східного борту кар'єру встановлені основні системи тріщин (М, N, С, Д), форма й розмір ребра елементарного структурного блоку-1,18м.

2. Установлений вплив систем тріщин на стійкість східного і південного бортів кар'єру:

Поперечні тріщини (N) крутопадаючі й вертикальні на стійкість південного та східного борту впливу не проявляють;

Поздовжня система (М) у цілому значного впливу на стійкість східного борту не виявляє, тому що незважаючи на витриманість і досить велику довжину тріщин даної системи східне крило загальної синклінали на ділянці досліджень має вертикальне й круте східне падіння, ускладнене складчастістю більш високих порядків, що сприятливо сказується на стійкості останнього. Одиначні виключення можливі на південному борті в межах 30-метрового уступу, де крила синклінальних складок високих порядків мають зустрічне падіння вимірюване в північних румбах;

3. Аналіз даних по тріщинуватості показав наявність несприятливо орієнтованих (падаючих убік кар'єру) тріщин, що впливають на стійкість які становлять: на південному борті - 15,4 %, на східному - 22 %.

4. Було проведено районування кар'єрного поля, критерієм якого стали коефіцієнт тріщинуватості масиву та відсотковий показник несприятливо направлених тріщин, як результат, була виявлена найбільш потенційно небезпечна зона на Інгулецькому кар'єрі за фактором тріщинуватості масиву.

Список літератури

1. Михайлов А.Е. «Структурная геология и геологическое картирование» Учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1984. - 464с.
2. Невский В.А. «Трещинная тектоника рудных полей и месторождений» - М.: Недра, 1979. - 224 с.

Рукопис подано до редакції 18.02.13

УДК 622.271.333:621.86.06

Ю.М. НИКОЛАШИН, д-р техн. наук, проф.,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
Н.В. КОРЧАГИН, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ИЗ ОТХОДОВ СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

Выполнена оценка условий устойчивости насыпи высотой более 30 м из отходов переработки сырой руды для внутренних железнодорожных путей внешних отвалов ПАО «ИнГОК» в сложных инженерно-геологических условиях.

Ключевые слова: устойчивость откосов, железнодорожная насыпь, переработка кварцитов, отходы сепарации, противооползневые мероприятия.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Среди отходов сухой магнитной сепарации железистых кварцитов значительную долю занимают объемы мелких фракций щебня с размером зерен до 10 мм, которые могут быть использованы для дорожно-строительных работ, в том числе насыпей.

Проблема использования мелкого щебня для строительства насыпей рассматривается редко. В то же время строительными нормами и правилами (1992 г.) предусматривается возможность использования отходов горнорудного производства в конструкциях и элементах сооружений промышленного транспорта. При этом возникает научно-практическая задача по строительству насыпей внутренних железнодорожных путей со сроком службы до трех лет в карьерах и на отвалах.

Анализ исследований и публикаций. Насыпи из отходов горнорудного производства высотой до 20 м осуществляют по типовым проектам с применением типовых поперечных сечений [1,2]. При этом профиль откоса имеет слабовогнутую поверхность, состоящую из трех частей: верхняя высотой 10 м с углом откоса 38° (1:1,3); средняя – 5 м с углом откоса $33^\circ,5$ (1:1,5) и нижняя - 5 м с углом откоса 30° (1:1,75), а результирующий угол откоса насыпи равен $34^\circ,5$.

Проектирование земляного полотна внутренних железнодорожных путей высотой более 20 м осуществляют по индивидуальным проектам на основании исследований инженерно-геологических условий трассы, плана развития горных работ по годам до конца их завершения, внутриплощадочного водоотвода поверхностного стока и противооползневых мероприятий насыпи.

Расчеты на прочность земляного полотна должны учитывать нагрузки на ось думпкара и погонную нагрузку от подвижного состава.

Оценка устойчивости насыпи выполняется с применением методик и правил используемых в горном отделе [3-5].

Постановка задачи. В условиях расширения отвала № 2 ПАО «ИнГок» в сторону водохранной зоны р. Ингулец на участке примыкания к хвостохранилищу запроектировано строительство временной насыпи с двухпутным железнодорожным движением. В качестве материалов тела насыпи предполагается использовать мелкий щебень сухой магнитной сепарации (СМС)[6] и скальную вскрышу. Для обоснования конструкции насыпи по условию ее устойчивости необходимо использовать результаты инженерно-геологических изысканий и графо-аналитические расчеты устойчивости откосов насыпи.

Изложение материала и результаты. Объектом исследований являлось двухпутное земляное полотно, выполняемое с использованием отходов СМС и скальных вскрышных пород. Исследования состояли в анализе инженерно-геологических условий строительства железнодорожной насыпи и физико-механических свойств отходов СМС; выборе расчетной схемы устойчивости насыпи; оценка степени устойчивости насыпи нормативными методами; разработке противооползневых мероприятий.

В геологическом строении до глубины 30 м участок примыкания проектируемой насыпи к хвостохранилищу и отвалу № 2 представлен [7]: палеоаллювиальными песками, глинами, супесями; средне- и верхнечетвертичными суглинками; техногенными насыпными грунтами.

Литологические слои не выдержаны по простиранию и глубине, наблюдается их выклинивание и изменение мощности.

Грунты обладают просадочными свойствами с относительной просадочностью при $P=0,3\text{МПа}$ от 0,014 до 0,42.

Основным неблагоприятным фактором для строительства по условиям устойчивости насыпи является просадочность суглинков, супесей и глин.

В периоды интенсивных дождей и снеготаяния основание насыпи будет замачиваться, т.к. она препятствует поверхностному стоку в сторону р. Ингулец.

Грунтовые воды встречены при бурении скважин на глубинах от 1,3 до 11,6 м при мощности водоносного горизонта от 6,4 до 18,1 м, их водоупором служат глины залегающие на глубинах от 8,7 до 24,5 м.

В основании данных о геологическом строении, гидрогеологических условиях и физико-механических свойствах пород основания насыпи относится к «слабым». В связи с чем, расчетные схемы устойчивости насыпи рассматривались с поверхностями скольжения, формирующиеся ниже ее подошвы.

Физико-механические свойства щебня характеризуются [6]: по прочности - очень прочный; по содержанию слабых зерен, пылевидных и глинистых частиц - низкое.

Нормативные значения плотности щебня и зернового состава определены при влажности 1,5% (табл. 1)

Таблиця 1

Насыпная плотность щебня из отходов СМС и скальных пород при влажности 1,5% [6]

Наименование фракций	Фракции СМС от...до..., мм	Насыпная плотность, кг/м ³
1. Отходы СМС:		
общая масса	исходная	1510
щебень мелкий	3-10	1530
щебень крупный	10-40	1560
2. Дробленые скальные породы:		
общая масса	исходная	1490
щебень	5-20	1400
щебень	20-70	1420
песок	0-5	1470

Таблиця 2

Зерновой состав отходов СМС

Остатки на ситах, %	Размер фр., от до, мм	Диаметр отверстий контрольных сит, мм											
		50	40	25	20	15	12,5	10	7,5	5	3	2,5	1,25
Частный	3-10	-	-	-	-	-	0	2,6	63,0	12,5	19,7	1,05	1,15
	5-20	-	-	0	7,5	43,5	21,5	7,5	9,0	9,6	0	0,28	0,11
	10-40	0	3,1	79,6	4,6	6,4	3,0	4,8	0	0	0	1,19	0,1
Полный	3-10	-	-	-	-	-	0	2,6	65,6	78,1	97,8	98,85	100
	5-20	-	-	0	7,5	51,0	72,5	80,0	89,0	98,6	-	98,88	98,99
	10-40	0	3,1	80,0	84,6	91,0	94,0	98,8	-	-	-	99,99	100

Остатки на ситах, %	Размер фр., от до, мм	Диаметр отверстий контрольных сит, мм											
		50	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16	
Частный	Исходн.	0	3,6	27,4	39,6	16,1	5,6	1,5	1,7	1,1	2,4	1,0	
Полный	Исходн.	0	3,6	31,0	70,6	86,7	92,3	93,8	95,5	96,6	99,0	100	

Графо-аналитические расчеты устойчивости насыпи железнодорожного полотна выполнены при следующих исходных данных:

план-схема ведения горных работ на отвале № 2 и на участке примыкания ж.д. насыпи к телу плотины хвостохранилища;

объемы скальной вскрыши (300 тыс. м³) и отходов сухой магнитной сепарации (1600 тыс. м³);

длина насыпи 1200 м, высота (max) - от 20 до 31 м, ширина поверху - 30 м, ширина подошвы до 50 м, длина откоса плотины (вкостр простираения) хвостохранилища - 60 м; угол откоса плотины на участке примыкания насыпи от 23 до 27°;

угол естественного откоса - не менее 35° (в сухом состоянии), 30° (при насыщении водой); 45° - при уплотнении;

сопротивление скальных пород на сжатие не менее 91,0 МПа, угол естественного откоса - 35°;

статистическая нагрузка на пог.м от массы тягового агрегата – не более 30 т.

Физико-механические свойства грунтов основания по лабораторным испытаниям изменяются в следующих пределах: плотность водонасыщенных – 1830 – 2010 кг/м³; углы внутреннего трения (с 0,95 обеспеченностью надежности): суглинок – 17,4 -23°,8; супесь – 22,6-24°,6; песок – 20,0-34,6; глина – 21,1-24°,6; удельное сцепление: суглинок – 0,005-0,015 МПа, супесь – 0,013-0,016 МПа, глина – 0,028-0,068 МПа.

Требования СНиПа 2.05.07.91 (Промышленный транспорт) к обеспечению устойчивости насыпи следующие [1]:

при отсыпки насыпей железных дорог и проведения укрепительных работ необходимо, чтобы щебень СМС не ухудшал физико-механические свойства материала (по п.2.10, указанного СНиПа);

земляной полотно внутренних железнодорожных путей следует рассчитывать на прочность при движении составов (тяговый агрегат и до восьми думпкаров);

при проектировании земляного полотна следует предусматривать уплотнение грунтов, отвод поверхностного стока атмосферных осадков в подошве насыпи, возможность залегания уровня грунтовых вод в основании на глубине менее 5 м в просадочных породах, учитывать величину осадки пород основания в процессе их консолидации и земляного полотна в период эксплуатации железной дороги (по п.п. 3.66-3.79).

Расчеты выполнены следующими методами оценки устойчивости насыпных откосов с ко-

ефективним запасом урахуванням часу стояння земляного полотна до трьох років, рівного 1,1 [4]:

с використанням графіків залежності кутів відкосів від висоти насипу, фізико-механичних властивостей ґрунту основи і тіла насипу;

алгебраїчного складання сил, касательних напружень і векторного складання сил при максимальній висоті насипу 31 м з кутом відкоса, рівного 35°.

При використанні графічних рішень з допомогою номограм отримані наступні результати:

по графікам по $H'(l)$ і $\varphi_n=32^\circ$ - розрахунковий кут відкоса насипу дорівнює 37° і перевищує проектний - на 2° [4];

по графікам при $N_s=3$, $N_f=7$ і 32° - розрахунковий коефіцієнт запасу стійкості насипу, примикаючої до дамби хвостохранилища, дорівнює більше нормативного: 1,5 [8];

по графіку при $A>20$ і 32° - розрахунковий кут відкоса насипу перевищує проектний - на 4° [4].

Графо-аналітичні розрахунки стійкості насипу з відходів СМС показали наступне:

при круглоциліндричній поверхні сколювання ширина призми можливого оползання становить 3 м (при розрахунку методом алгебраїчного суммування сил без урахування статическої навантаження від тягового агрегата);

при круглоциліндричній поверхні сколювання з заглибленням в слабе основице до 2 м ширина призми можливого оползання становить 7 м (від верхньої бровки насипу до верхнього строєння залізничного шляху), при якій коефіцієнт запасу стійкості навантаженого відкоса, розрахований методом касательних напружень, перевищує нормативне значення на 7%;

виконана контрольна оцінка степені стійкості насипу методом векторного складання сил при її висоті, рівній 33 м, і куті відкоса, рівного 35°, підтвердив результати, отримані іншими методами, так багоругольник сил «перезамкнувся».

В якості розрахункових показувачів (γ , φ і c) з урахуванням нормативного значення коефіцієнта запасу стійкості відкосів прийняті їх середньваженні значення величин: насипу $\gamma_{\text{СМС}} = 1560 \text{ кг/м}^3$; $\gamma_{\text{СК}} = 2100 \text{ кг/м}^3$; $\varphi_{\text{СМС}} = \varphi_{\text{СК}} = 32^\circ,3$ ($\text{tg } \varphi = 0,6317$); основице насипу: $\gamma_o = 21^\circ,4$ (0,3908), $c_o = 0,4 - 1,0 \text{ т/м}^2$. Крім того, в призмі можливого оползання урахування навантаження від тягового агрегата і навантажених думпкарів, рівна 30 т на пог.м в межах довжини «поєзда».

Висновки. Виконані дослідження дозволяють рекомендувати до використання при проектуванні наступне: будівництво земляного полотна двохпутної залізничної дороги з щебня сухої магнітної сепарації забезпечується за умов стійкості насипу на висоту 31 м і результуючим кутом відкоса, рівним 35°; конструкція насипу висотою 31 м складається з верхньої частини висотою 20 м і елементами, вказаними в СНиПе [1], і нижньої частини висотою 11 м і кутом відкоса 34°; укладку в земляне полотно щебня СМС фракції від 3 до 10 мм виробляти в об'ємі до 50% одночасно з фракціями - від 10 до 40 мм в будь-якому співвідношенні, але не менше 10-15% кожної з них. Крім цього можуть бути використані дроблені скальні породи з фракцією щебня від 5 до 70 мм і піску з фракцією від 0 до 5 мм в об'ємі до 25%; укладку щебня і піску в тіло земляного полотна виробляти з укаткою шарів потужністю до 0,5 м; укріплення поверхонь відкосів насипу скальними породами (з кусками не більше 400-500 м) в вигляді трикутних призм висотою до 2 м при укатці шарів. Крім цього необхідно забезпечити дренаж в подошві насипу на ділянці примикання її до дамби хвостохранилища і на ділянці поверхневого стоку в сторону р. Ингулец.

Список літератури

1. Промисловий транспорт / СНиП 2.05.07.91. - М.: Госстандарт, 1992. - С.16-21.
2. Залізничні колії 1520 мм / ДБН В.2.3-19-2008. - К.: Державні будівельні норми України, 2008. - С.26-35.
3. Правила забезпечення стійкості відкосів на угольних розрізах. - Спб., 1998. - 208 с. (Минтопэнерго РФ РАН Гос. НИИ горн. геомех. і маркшейд. дела).
4. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. - К.: Мінпромполітики України, 2007. - 134 с.
5. Інструкція по спостереженню за деформаціями бортов, відкосів уступів і отвалів на кар'єрах і розробках мероприятій по забезпеченню їх стійкості. - Л.: ВНИМИ, 1971. - 187 с.
6. ТУ У В.2.7-14.2-00190905-007:2010. Щебень сухої магнітної збагачення ВАТ «ІнгЗК» для будівельних робіт. - Кривий Ріг: ВАТ «ІнгЗК», 2010. - 17 с.
7. Розширення отвала № 2. Інженерно-геологічні дослідження. Робочий проект: Отчет/Кривбаспроект; ПЗ-04237. Автор Л.В. Петрова. - Том 1. - Кривий Ріг, 2005. - 61 с.
8. Хуан Я.Х. Стійкість земляних відкосів. М.: - Стройиздат, 1988, - 240 с.

Рукопис подано до редакції 18.02.13