

УДК 622.271.45

Р.Г. Клейменов, Е.В. Костюков, С.М. Простов, А.В. Громыко

ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД НА НАМЫВНОМ ОСНОВАНИИ

На "Сартакинском угольном разрезе" планируется организовать внутренний автоотвал емкостью более 15 млн. м³ на площади ранее намытого гидроотвала. Площадь проектируемого отвала "сухих" пород составляет 1500 м с севера на юг и 600 м с запада на восток. Проектная высота отвала принята 70 м, мощность насыпного массива будет составлять 20 м. При годовом объеме 2200 тыс. м³ породы, отсыпаемой в отвал, срок службы отвала составит 7 лет.

Площадь гидроотвала разбивается на две части. Первая часть имеет протяженность 600 м от Северной дамбы к Южной. После заполнения отвалом "сухих" пород первой части гидроотвала начинается формирование его второй части, имеющей протяженность до Южной дамбы 900 м. Отвальный фронт разбивается на три блока, последовательная смена которых обеспечивает запас времени для затухания деформаций (рис. 1).

Альтернативными являются три основные схемы формирования автоотвала:

№ 1 – первоочередное наращивание призмы из скальных вскрышных пород сразу на всю проектную высоту (20 м) и последующая отсыпка

автоотвала по площади (рис. 2, а);

№ 2 – послойное формирование автоотвала, заключающееся в отсыпке первого слоя мощностью 5 м длиной 80–100 м и наращивание автоотвала в высоту путем отсыпки второго и последующих слоев (рис. 2, б);

№ 3 – отвалообразование встречными заходками.

Основание проектируемого автоотвала представлено слабыми водонасыщенными намывными грунтами глинистого состава бывшего гидроотвала в выработках пластов 1 и 2 участка № 5. Для обоснования технологических параметров автоотвала, формируемого на поверхности бывшего гидроотвала, было выполнено численное моделирование геомеханических процессов в намывном массиве основания [1].

Физико-механические свойства определялись в лабораторных условиях в двух состояниях: естественном и водонасыщенном. Следует отметить, что физико-механические свойства пород характеризуются широким диапазоном, в частности, угол внутреннего трения изменяется от 3 до 40°, а сцепление от 0,01 до 1,1 МПа (табл. 1).

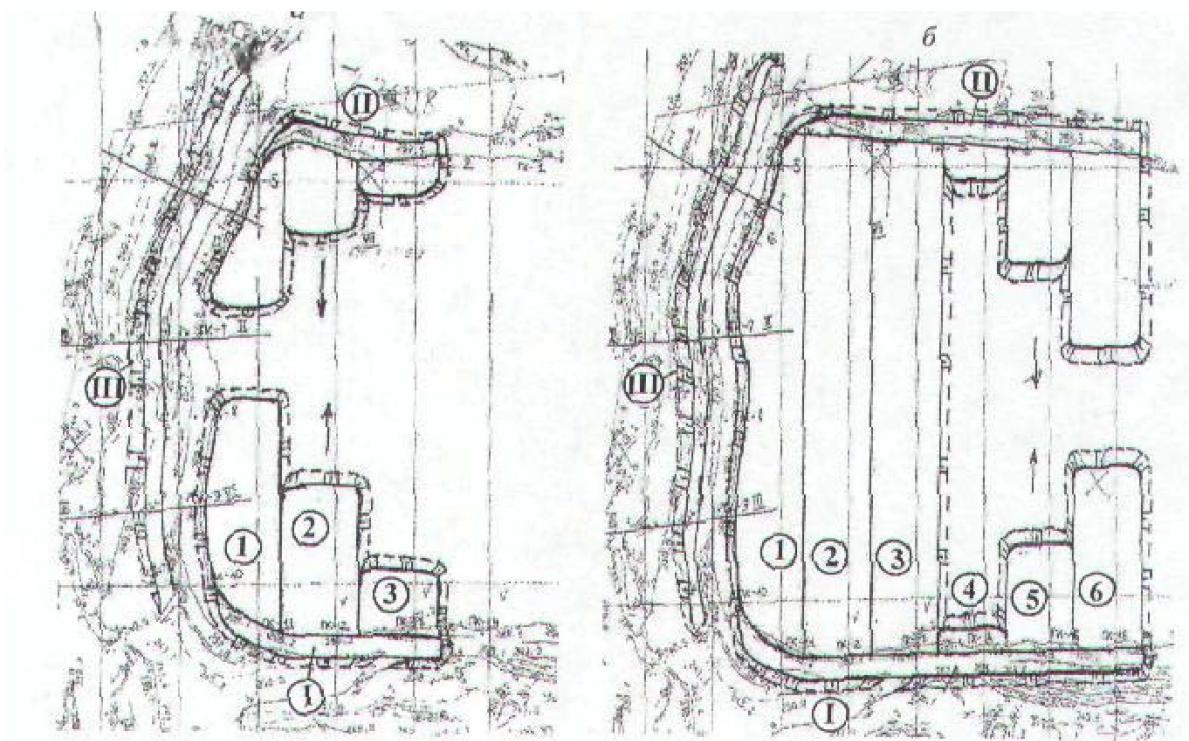


Рис. 1. Порядок отсыпки отвальных блоков 1, 2, 3 (а) и 4, 5, 6 (б) на площади гидроотвала:
I – западная пионерная насыпь; II – восточная пионерная насыпь; III – пригрузочный ярус;
→ – направление движения отвального фронта

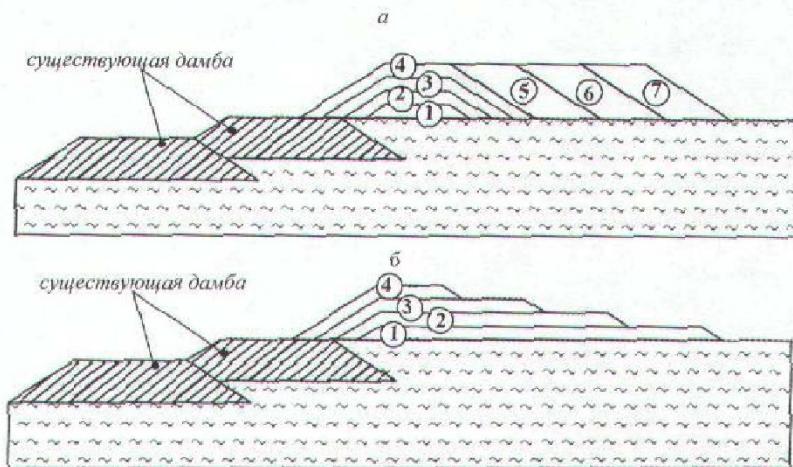


Рис. 2. Схемы формирования автоотвала при отсыпке на всю высоту (а) и послойная (б):
 1–7 – последовательность отсыпки слоев

Проведен расчет коэффициентов запаса устойчивости системы "отвал скальных вскрышных пород – намывное основание" методом алгебраи-

(рис. 3):

– определение величины высоты H_{90} вертикальной трещины отрыва

$$H_{90} = \frac{\sigma_{cж}}{g\gamma} = \frac{2C}{g\gamma} \operatorname{ctg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

где $\sigma_{cж}$ – предел прочности пород при сжатии; C – сцепление; γ – плотность; φ – угол внутреннего трения;

– из точки A' проводят прямую линию под углом $\omega = 45^\circ + \varphi/2$;

– из нижней бровки откоса под углом β к горизонту проводят линию CE до пересечения с линией AE в точке E и ломаную $BB'E$, симметричную $AA'E$, $\beta = (\alpha + \varphi)/2$, где α – угол откоса, $^\circ$;

– в основании откоса строят угол $\varepsilon = 45^\circ - \varphi/2$, в точках C и E восстанавливают перпендикуляры к отрезкам CF и $B'E$, определяют точку O , из нее радиусом R проводят дугу CE , так получая поверхность скольжения $BB'EC$.

2. Разбиение призмы возможного обрушения на n вертикальных блоков одинаковой ширины, определение коэффициента запаса устойчивости

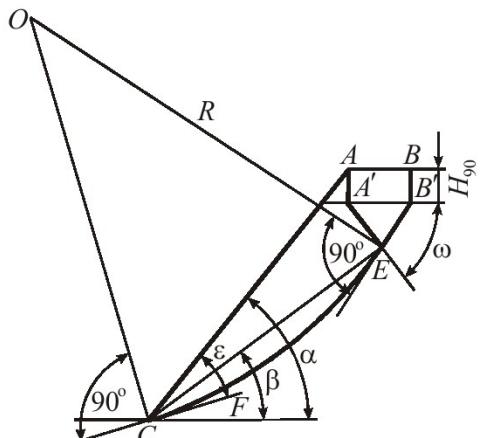


Рис. 3. Схема построения призмы возможного обрушения

ческого сложения сил с учетом значений избыточного порового давления в намывных грунтах по следующей схеме.

1. Построение призмы возможного обрушения

Таблица 1. Физико-механические характеристики грунта

Наименование характеристики	На стадии геологической разведки	Изыскания 2001 г.	
		естественное состояние	водонасыщенное состояние
Естественная влажность	0,14–0,16	0,097–0,247	–
Полная влажность	–	–	0,14–0,322
Число пластичности	0,09–0,13	0,087–0,228	–
Показатель текучести	–0,36	(-0,89)–0,28	(-0,43)–0,76
Плотность, г/см ³	1,62–1,65	1,75–2,18	1,92–2,23
Коэффициент пористости	0,48	0,38–0,88	–
Коэффициент водонасыщения	0,42–0,46	0,56–0,93	–
Модуль деформации, МПа	–	2,10–12,40	3,4–8,5
Угол внутреннего трения, град.	26	9–40	6–30
Сцепление, МПа	0,040	0,025–0,109	0,01–0,075

откоса отвала естественного η и обводненного $\eta_{об}$ уступов по соотношению удерживающих и сдвигающих сил:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi \sum_{i=1}^n P_i \cos \alpha_i + C \sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n P_i \sin \alpha_i}; \quad (1)$$

$$\eta_{об} = \frac{\sum_{i=1}^n \{P'_i \cos \alpha_i - F_i\} \operatorname{tg} \varphi_i + C_i l_i}{\sum_{i=1}^n P'_i \sin \alpha_i}, \quad (2)$$

рассматриваемых схем отвалообразования; l_i – длина поверхности скольжения в пределах i -го блока.

Результаты расчетов η и $\eta_{об}$ для каждого этапа отсыпки отвала для трех рассматриваемых схем отвалообразования приведены в табл. 2 и 3.

Практические рекомендации

1. Коэффициент запаса устойчивости отвала, отсыпаемого на поверхность гидроотвала в выработках пластов 1 и 2, в значительной мере зависит от избыточного порового давления, возникающего в намывных грунтах основания, поскольку отношение $\eta / \eta_{об}$ составляет 1,1–1,24.

2. Наиболее безопасной схемой отвалообразования с точки зрения обеспечения устойчивости является схема № 2 ($\eta_{max} = 2,76$, $\eta_{об max} = 2,39$, η

Таблица 2 .Коэффициенты запаса устойчивости отвала для схем № 1 и № 2

Схемы	Вид расчета (формула)	Этапы				
		1	2,70	1,38	1,19	1,20
1	η (1)					
	$\eta_{об}$ (2)		2,27	1,18	1,01	1,02
2	η (1)		2,74	2,76	1,70	1,278
	$\eta_{об}$ (2)		2,32	2,39	1,40	1,08

Таблица 3 .Коэффициенты запаса устойчивости отвала для схемы № 3

Этап	Вид расчета (формула)	Высота отсыпки, м							
		Первая заходка				Вторая заходка			
		20	15	10	5	5	10	15	20
1	η (1)	–	2,01	2,43	2,45	2,45	2,43	2,01	–
	$\eta_{об}$ (2)	–	1,70	1,96	2,06	2,06	1,96	1,70	–
2	η (1)	2,07	2,01	2,43	2,45	2,45	2,43	2,01	2,07
	$\eta_{об}$ (2)	1,68	1,72	2,06	2,17	2,17	2,06	1,72	1,68
3	η (1)	1,8	2,39	2,71	2,56	–	1,57	2,55	1,59
	$\eta_{об}$ (2)	1,48	1,96	2,19	2,22	–	1,32	2,05	1,30
4	η (1)	1,59	2,55	1,57	–	–	–	1,29	1,47
	$\eta_{об}$ (2)	1,30	2,09	1,25	–	–	–	1,1	1,22

где P_i – вес i -того блока, отнесенный к единичной ширине призмы; P'_i – вес i -го блока вместе с заключенной в нем водой; F_i – поровое давление, определяемое по схемам формирования порового давления в намывных грунтах в результате моделирования поэтапной отсыпки отвала для трех

$\eta_{об min} = 1,08$). При ведении отвальных работ встречными заходками (схема № 3) устойчивость отвала на всех этапах формирования обеспечивается с расчетным коэффициентом запаса. Вместе с тем, горные работы следует вести в режиме управляемых деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Клейменов, Р. Г. Прогноз напряженного состояния намывного массива при отсыпке отвала / Р. Г. Клейменов, Е. В. Костюков, С. М. Простов // Наукомкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : сб. науч. трудов. – Новокузнецк, 2008.

□ Авторы статьи:

Клейменов Роман Геннадьевич – гл. маркшейдер ОАО УК "Кузбассразрезуголь", тел.: 8(3842)52-38-00	Костюков Евгений Владимирович – канд.техн.наук, ст. преп. каф. теоретической и гео- технической механики КузГТУ 8(3842)58-10-56	Простов Сергей Михайлович – докт.техн.наук, проф. каф. теоретической и гео- технической механики КузГТУ,psm.tigm@kuzstu.ru	Громыко Александр Владимирович – студент КузГТУ, тел.: 8(3842)58-10-56
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------