

установленими горизонтально вщільню. Квадрати укладаються на раму з двутавра №36С или №40. В нижній частині течки рудоспуску встановлюється рама, не з'єднана з конструкціями армування течки рудоспуску, на якій кріпляться болтами футеровочні плити, заміняємі по мірі износу новими. К цій же рамі кріпляться металоконструкції прийомного бункера.

Для контролю за рівнем руди в течці передбачена установка ізотопних датчиків. Датчики встановлюються за квадратами, в вертикальних металічних коробах і по мірі необхідності можуть замінюватися новими. Прочна конструкція армування течки рудоспуску дозволяє виробляти вибухові роботи в ній.

В описуваної роботі інституту вдалося вирішити проблеми по ремонту рудоспуску і прийомного бункера в камері дроблення №2 гор. -465 м у скипового ствола рудника «Северний» Кольської ГМК завдяки знайденим конструктивним рішенням, забезпечуваним також мінімальні терміни зупинки виробництва і дозволяючим виробляти далішні ремонтні і профілактичні роботи.

#### *Список літератури*

1. В. С. Болкисев, В. Л. Колибаба, Н. Т. Шереметьев, В. С. Болкисев, Ю. Е. Чечельницький, И. З. Литвин. Сооружение подземных дробильных комплексов на горнорудных предприятиях. Москва «Недра», 1985. - 243 с.

2. ПБ 03-563-03 «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом». - Москва. - «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004.

3. «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». - Москва, 2008.

4. Савич И. Н., Волков В. Н., Удалов А. Е., Павлов А. А. Оптимизация конструктивных и технологических решений при подземной разработке медно-никелевых руд Ждановского месторождения. - Горный журнал. - №11. - Москва, 2011.

Рукопись поступила в редакцию 31.03.12

УДК.622.268.8

О.С. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук, доц., Д.С. МІНОВ, магістрант  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### **ОПТИМІЗАЦІЯ ТИПУ І ПАРАМЕТРІВ КРІПЛЕННЯ СКЛЕПИСТОЇ ЧАСТИНИ КАМЕРИ**

У даній статті розглядається питання що до зменшення витрати матеріалів та часу при кріпленні склепінної камери великого поперечного перерізу за рахунок зміни форми склепінчасті частини шляхом її підняття.

**Проблема та її зв'язок практичними завданнями.** При спорудженні камер великого поперечного перерізу використовується набагато більше матеріалів і часу ніж при будівництві звичайних виробок. Особливої уваги заслуговує спорудження склепінної частини камери, так як, цей процес є одним найскладніших та трудомістких завдань. На даному етапі розвитку людства широко використовуються ці камери отже, спорудження та закріплення склепінної частини камери є актуальним.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Підземні камери використовуються в ряді галузей промисловості, причому вони мають дуже великі розміри перерізу. Деякі підземні камери (особливо машинні зали підземних ГЕС та ГАЕС) досягають досить великих площ перерізів (до 1500 м<sup>2</sup> і більше). Спорудження подібних камер відрізняється значною складністю. Для правильного їх розміщення в товщі гірських порід і успішного здійснення робіт з їх будівництва необхідно попереднє ретельне вивчення інженерно-технічних і геологічних властивостей масиву і порід з яких він складається.

Докладне вивчення інженерно-геологічних особливостей масиву, як підставу для вибору найбільш раціональної технологічної схеми споруди камери, часто здійснюється шляхом проведення для цих робіт спеціальних дослідницьких виробок. Доцільно при цьому ці виробки розташовувати поблизу проєктованих камер і приблизно на тому ж рівні. Ці виробки як підхідні та будівельні в подальшому можуть бути використані при спорудженні камер.

Підземні камери великого поперечного перерізу широко використовуються в народному господарстві. Такі камери намагаються розташовувати в міцних стійких породах, надаючи їм склепінчасті форми поперечного перерізу.

Довжина камер зазвичай складає не більше 200 м, ширина до 30 м, висота до 60 м, площа поперечного перерізу великих камер досягає  $1000 \text{ м}^2$  і більше.

У гірничодобувній промисловості до камер великого поперечного перерізу відносять камери подрібнювально-бункерних комплексів, час будівництва яких часто визначає термін здачі шахти в експлуатацію. Особливо великий поперечний переріз мають відкриті камери дробарок, в яких розташовується усе основне устаткування (дробарки, живильник, монтажний кран). Об'єм таких камер при розташуванні в них двох дробарок досягає 10 тис.  $\text{м}^3$ . Цей тип комплексів характерний для залізородних шахт. Монолітне бетонне кріплення застосовується для кріплення камер електропідстанції, монтажних і ходових виробок, прохідних з трьох центровим або коробовим склепінням. Марка бетону приймається не нижче 200. Залежно від розмірів виробки і стійкості порід товщина бетонного кріплення приймається від 200 мм і більше.

Монолітне залізобетонне кріплення найбільш поширене для кріплення камер великого перерізу, зважаючи на великі площі оголення породи. За проектними даними на  $1 \text{ м}^3$  виїмки склепистої частини камери витрачається  $0,15 - 0,3 \text{ м}^3$  бетону. Фактичні витрати бетону у зв'язку з незадовільним оконтуруванням виробок іноді перевищує проектний в  $1,2 - 1,5$  рази.[2,5]

Підземна насосна станція Вианден (Люксембург) завдовжки 326 м і площею поперечного перерізу близько  $600 \text{ м}^2$ , ширина коробового склепіння 21 м, висота 6 м, відношення яких складає  $21/6=3,5$ . Виходячи зі значення якого можна відзначити, що склепіння занижене. Кріплення склепіння монолітне бетонне з товщиною в замку і в п'яти склепіння 1,1 м. Споруда розташовувалася в скельній породі в хрест головним напрямом тріщинуватості. Об'єм бетону необхідний для кріплення дорівнює  $7,5$  тис.  $\text{м}^3$ .

У подібних умовах був побудований підземний машинний зал Ізер-Арк (Франція). Його довжина 109 м, ширина і висота коробового склепіння склали 24,5 м і 7,0 м відповідно, а їх відношення  $24,5/7=3,5$ , в цих умовах склепіння занижене. Площа поперечного перерізу склепіння камери  $500 \text{ м}^2$  має слабоармироване бетонне кріплення завтовшки в замку 0,8 м, а в п'ятах 2,0 м. Загальний об'єм бетону необхідний для кріплення склепіння склав 4 тис.  $\text{м}^3$ .

Підземний машинний зал Борисоглібської ГЕС (Росія) розташовувався в міцних слаботріщинуватих гранітах і гнейсах. Його довжина 73 м, площа поперечного перерізу  $600 \text{ м}^2$ , ширина 16,5 м і висота коробового склепіння 6,7 м, їх відношення складає  $16,5/6,7=2,5$ . З чого можна відмітити, що склепіння завищене. Кріплення склепіння залізобетонне завтовшки 35 см. Після проходки було здійснено бетонування склепіння кільцями завдовжки по 7 м. Подання бетону здійснювалося бетононасосами. Витрата бетону склала  $500 \text{ м}^3$ .

Камера в Італії з висотою коробового склепіння 18 м і шириною 30 м, мають відношення цих величин  $30/18=1,7$ , що свідчить про завищене склепіння. Довжина камери складала 122 м, площа поперечного перерізу склепіння близько  $500 \text{ м}^2$ , розташовувалася в слаботріщинуватих міцних породах. Об'єм скельної породи при проходці 60 тис.  $\text{м}^3$ , а бетонного кріплення —  $2,2$  тис.  $\text{м}^3$ .

Значною трудомісткістю робіт відрізнялося будівництво підземної машинної будівлі ГЭС Липно-1 в Чехії, оскільки вона розташовувалася у вапняках і мергелях середньої тріщинуватості і вимагало посиленого кріплення. Склепіння мало коробовий контур з наступними параметрами: ширина 28,8 м, висота 9,3 м, їх відношення  $28,8/9,3=3,1$ , склепіння занижене; довжина камери 124 м, товщина бетонного кріплення в замку 1,9 м, в п'ятах 2,62 м. Об'єм бетону для кріплення склепіння склав  $4,5$  тис.  $\text{м}^3$ .

Відомий досвід спорудження камерних виробок і в умовах Кривбасу. Так наприклад, будівництво камери дробарки на ш. Первомайській велося у міцних слаботріщинуватих скельних породах. Склепіння камери коробове із шириною 8,5 м і висотою 3,5 м, відношення цих параметрів складає  $8,5/3,5=2,7$ , що свідчить про завищене склепіння; довжина камери 14 м. Кріплення монолітне бетонне товщиною у п'ятах і замку 0,4 м. Загальний обсяг затрат на бетонування склав  $60 \text{ м}^3$ .

Камера ЦПТ на кар'єрі ПГЗК у Кривому Розі, проходила у мартитових роговиках та дже-спілітах з міцністю  $f=18-20$ . Склепіння камери коробове із шириною 13,5 м і висотою 4,6 м, відношення цих параметрів складає  $13,5/4,6=3$ . Кріплення монолітне залізобетонне товщиною у п'ятах і замку 0,5 м. Загальний обсяг затрат на бетонування склепіння склав  $300 \text{ м}^3$ .

Проаналізувавши отримані дані можемо зробити висновок, що із збільшенням висоти склепіння витрати бетону на товщину кріплення склепіння скорочуються. Тому вибір науково

обґрунтованої форми склепіння камери товщини його кріплення може скоротити витрати матеріалу та часу на спорудження камери.

**Постановка завдання.** Нами для рішення завдання по удосконаленню кріплення підтримання склепистої частини камери було вирішено провести дослідження аналітичним методом напружено стану масиву навколо камери, а також напруженого стану кріплення.

Нами розглядалися умови спорудження камери ЦПТ на кар'єрі ПГЗК, де проходка велась по мартитовим роговикам та джеспілітам з наступними фізико-механічними властивостями: межа міцності на стиснення  $\sigma_{ст}=2540$  т/м<sup>2</sup>; межа міцності на розтягнення  $\sigma_p=254$  т/м<sup>2</sup>; об'ємна вага гірничих порід  $\gamma_0=3,35$  т/м<sup>3</sup>; пористість  $P=7,2$  %; модуль пружності  $E_{ст}=0,098$  т/м<sup>2</sup>; коефіцієнт Пуассона  $\mu=0,21$ . Проектне кріплення склепіння камери - монолітне залізобетонне товщиною 500мм.

Для цього був проведений аналіз з склепистої частини камери методом комп'ютерного моделювання, на базі програмного комплексу для розрахунку та проектування конструкцій «ЛІРА версія 9.6», у якій теоретичною основою є метод кінцевих елементів (МКЕ), реалізований у формі переміщень. У програмному комплексі була побудована розрахункова схема склепистої частини камери з оточуючим масивом гірничих порід.

Паралельно з цим проводилось дослідження на міцність можливостей монолітного бетонного кріплення у різноманітних умовах навантаження. Різноманітні умови моделювання дозволили відмітити що при незначних значеннях коефіцієнта бічного розпору рівному 0,2, або при його відсутності, замкова частина склепіння прагне до утворення вивалів. Так як відмічається зниження контурних стискуючих напружень і наявність розтягуючих.

**Викладення матеріалу та результати.** Аналіз розподіл головних напружень показав, що в усіх точках контуру склепу та законтурного масиву напруження стиснення та розтягнення значно менші відповідної межі міцності породи. А саме, у замку склепіння у 4 рази, а у п'яті у 3 рази. Тобто склепіння камери є стійким, а кріплення буде виконувати огорожувальну функцію. Розрахунок кріплення склепіння камер виконано при навантаженні його власною вагою та забутовкою.

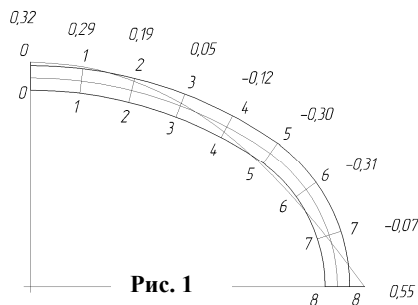
Розрахункові навантаження прийняті з урахуванням коефіцієнта перевантаження 1,2:

$$q_0 = 1,875 \cdot 1,2 = 2,25 \text{ тс / м};$$

$$q = 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ тс / м}.$$

де  $q_0$  - інтенсивність навантаження у замку склепіння;

$q$  - інтенсивність навантаження у п'яті склепіння.



Для визначення інтегральних сум розбиваємо склепіння на 8 рівних частин через  $\Delta\varphi=8^\circ$ . Параметри отриманих точок для зручності зводимо до табл. 1. По розрахунку побудована крива тиску, що зображена на рис. 1.

Проведений аналіз силових параметрів ( $M$ ,  $N$ ,  $Q$ ,  $e$ ) монолітного бетонного кріплення у підсклепистій частині камери при її постійній товщині та проектних розмірах вказав на наявність в замковій частині (а саме точки 0, 1, 2, 5, 6) та п'яті склепіння розтягуючих напружень, що перевищують дозволених, у п'яті склепіння ексцентриситет перевищує дозволених відхилення більш ніж у 2 рази, а у замку він перевищує осьову лінію склепіння на 0,3 м.

Таблиця 1

№ з/п	x, м	y, м	φ, град.	Вертикальне навантаження			Бічне навантаження			Mx, тс	Nx, тс	Qx, тс	e, м
				Gx, тс	gx, м	Mg, тс·м	Ey, тс	ey, м	Me, тс·м				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,43	13,71	0	0,32
1	1,04	0,06	6°58'10''	2,41	0,52	1,25	0,02	0,03	0,001	4,0	13,84	-0,74	0,29
2	2,06	0,25	13°56'4''	4,9	1,03	5,05	0,06	0,13	0,01	2,8	14,42	-1,48	0,19
3	3,05	0,56	20°53'59''	7,43	1,53	11,34	0,14	0,28	0,04	0,73	15,30	-2,02	0,05
4	4	1	27°51'55''	9,96	2,0	19,92	0,25	0,5	0,13	-1,91	16,53	-2,44	-0,12

5	4,9	1,53	34°49'51''	12,47	2,45	30,55	0,38	0,77	0,29	-5,43	18,04	-2,63	-0,3
6	5,62	2,27	54°23'49''	14,53	2,81	40,83	0,57	1,14	0,65	-5,93	19,39	2,22	-0,31
7	6,08	3,2	72°0'46''	15,9	3,04	48,34	0,8	1,6	1,28	-1,32	20,01	7,85	-0,07
8	6,25	4,25	90°	16,41	3,13	51,36	1,06	2,13	2,26	9,08	16,41	12,65	0,55
Σ		36,94											

З отриманого розрахунку можна зробити висновок, що існує необхідність змінити форму склепіння з проектного трьохциркульного на одноциркульний із зменшенням товщини кріплення у замковій частині до 0,2 м.

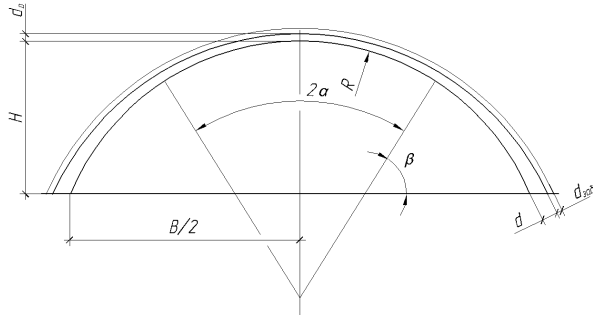


Рис. 2

Для подальшого дослідження було виконано розрахунок кріплення зміненої форми та товщини.

Приймаємо нову форму склепіння у вигляді піднятого одноциркульного склепіння з радіусом осевої лінії 6,85 м та зміненою товщиною монолітного бетонного кріплення у замку, що дорівнює 0,2 м

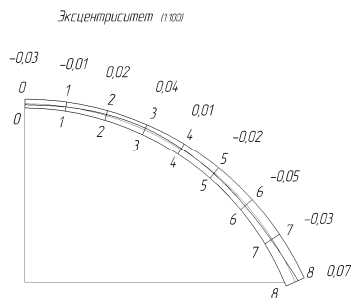
Схема до розрахунку навантаження на монолітне бетонне кріплення зображено на рис. 2.

З урахуванням коефіцієнту перевантажень

$$q = 1,875 \times 1,2 = 2,25 \text{ тс/м};$$

$$q_0 = 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ тс/м}.$$

Параметри отриманих точок для зручності зводимо до табл. 2. По розрахункам побудована крива тиску, що зображена на рис. 3.



Проведений аналіз силових параметрів ( $M$ ,  $N$ ,  $Q$ ,  $e$ ) монолітного бетонного кріплення у підсклепистій частині камери при зміненій формі склепіння вказав на відсутність розтягуючих напружень, що перевищують дозволених, окрім точки «8», а ексцентриситет не виходить за дозволених межі.

Таблиця 2

№ з/п	x, м	y, м	φ, град.	Вертикальне навантаження			Бічне навантаження			Mx, тс	Nx, тс	Qx, тс	e, м
				Gx, тс	gx, м	Mg, тс·м	Ey, тс	ey, м	My, тс·м				
0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,31	9,79	0,0	-0,03
1	0,95	0,07	7°58'59''	1,0	0,48	0,47	0,01	0,04	0,00	-0,10	9,82	0,37	-0,01
2	1,88	0,27	15°58'11''	2,26	0,94	2,12	0,05	0,14	0,01	0,21	9,98	0,51	0,02
3	2,77	0,6	23°57'33''	3,71	1,39	5,14	0,12	0,30	0,04	0,39	10,34	0,53	0,04
4	3,61	1,04	31°57'3''	5,32	1,81	9,61	0,21	0,52	0,11	0,15	10,95	0,55	0,01
5	4,38	1,6	39°56'36''	7,01	2,19	15,35	0,32	0,80	0,26	-0,25	11,76	0,71	-0,02
6	5,12	2,33	48°44'48''	8,81	2,56	22,54	0,47	1,17	0,54	-0,59	12,77	1,20	-0,05
7	5,72	3,12	57°3'3''	10,38	2,86	29,69	0,62	1,56	0,97	-0,44	13,70	2,04	-0,03
8	6,25	4,1	66°26'18''	11,88	3,13	37,11	0,82	2,05	1,68	1,03	14,47	3,47	0,07
Σ		37,04											

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** З отриманого розрахунку можна зробити висновок, що підняття висоти склепу на 0,3 м та зменшення товщини кріплення у замку до

0,2 м дозволяє майже повністю виключити розтягуючі напруження на внутрішніх волокнах кріплення, а також утримати ексцентриситет у дозволених межах.

З підняттям склепіння на 0,3 м змінилось відношення ширини до висоти і тепер воно має значення  $13,5/4,9=2,75$ . Відповідно до цього змінилось і значення відношення об'єму бетону до об'єму породи на 1 м<sup>3</sup> камери, тепер він має значення  $4,39/45,3=0,097$ . Виходячи з результатів розрахунку можна відмітити, що порівнюючи з проектною формою та розмірами кріпленням камери, в запропонованому варіанті знижується витрата бетону на 30% та трудомісткість на 29%, на укладання монолітного бетонного кріплення.

### Список літератури

1. **Покровский Н.М.** Технология строительства подземных сооружений и шахт. Учебник для вузов в двух частях. Ч. II. Технология сооружения вертикальных, наклонных выработок и камер. – М., Недра, 1982. – 295с.
2. **Насонов И. Д., Федюкин В. А., Шуплик М. Н.** Технология строительства подземных сооружений. Учебник для вузов в 3-х частях. Ч. 11. Строительство горизонтальных и наклонных выработок. – М., Недра, 1983. – 272 с.
3. **Мостков В. М.** Подземные сооружения большого сечения. – М., Недра, 1974. – С. 186 – 187.
4. **Максимов А.П.** Горное давление и крепь выработок. – М., «Недра», 1973. – 288с.
5. **Мостков В. М.** Строительство сооружений большого сечения, Гостехиздат, 1963. – 307с.

Рукопис подано до редакції 31.03.12

УДК 669.054: 629.113

А.В. ПЕТРОВ, В.П. ЖИЛКИН, Г.Г. ГУБИН, кандидаты техн. наук,  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## КОМПЛЕКСНАЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В данной работе представлена технология и оборудование для её осуществления, позволяющая одновременно с уничтожением отходов использовать тепло от их сжигания в одном агрегате с одновременным огневым обезвреживанием отходящих газов от вредных примесей.

**Введение.** Проблема загрязнения городов отходами своей жизнедеятельности и ее решение оказались весьма сложной научно-технической задачей. Особая специфика заключается в возможном сосредоточении в этих отходах практически всего многообразия веществ и материалов, встречающихся в природе и искусственно созданных человеком, а также в непрерывном экспоненциальном росте выделяемого их количества. На защиту и сохранение окружающей среды, в особенности в зонах крупных мегаполисов, затрачиваются значительные материальные, трудовые и земельные ресурсы.

**Анализ исследований и публикаций.** Различные источники свидетельствуют о том, что темпы накопления твердых, бытовых отходов (ТБО) в Украине составляют около 360 кг в год на одного жителя. Население земного шара увеличивается на 1,5-2,0 % в год, а объем мусорных свалок - на 6 %. Не случайно во всех развитых странах изыскиваются приемлемые пути и способы решения проблемы ликвидации городских свалок с ТБО. Однако, до настоящего времени магистральный путь решения проблемы так и не определился. Это относится и к Украине.

С каждым годом на мусорных полигонах Украины твердых бытовых отходов становится на 4 млн м<sup>3</sup> больше. В 2010 г. их объем достиг уже 55 млн м<sup>3</sup>. Ежегодно один Киев вывозит на свалки свыше 1 млн т мусора, при этом загрязняются почва, атмосферный воздух и вода.

Ни одна разрабатываемая технология не стала доминирующей. [1] Разработанные и освоенные в мировой практике методы промышленной переработке ТБО (сепарация и разделение на компоненты вторсырья, компостирование, биотермика, низко- и среднетемпературный пиролиз, мусоросжигание) в рамках современных экологических и социально-экономических требований не обеспечивают удовлетворительного решения проблемы. Основные причины этого заключаются в следующем:

- низкая интенсивность процессов;
- низкая производительность;
- малая степень утилизации материально-энергетических ресурсов отходов;