

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ТРЕЩИНОВАТЫХ СКАЛЬНЫХ МАССИВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Андриевский А.П.¹, Зуев А.Е.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и химической технологии» Сибирского отделения Российской академии наук (ИХХТ СО РАН), Красноярск, Россия (660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр. 24), e-mail: chem@icct.ru

В статье предлагаются новые технологические решения при строительстве подземных сооружений, в сложных гидрогеологических условиях позволяющих сформировать прочный железобетонный каркас по контуру строящегося объекта, обеспечивающий его гидроизоляцию, и исключить возможность нарушения законтурного массива при использовании взрывных работ. Для решения поставленной задачи используются взрывные работы. Заряд формируют таких размеров, при которых в массиве успевает сформироваться только зона смятия, закрывающая все имеющиеся трещины, и таким образом формирует непроницаемый экран. Размеры заряда определяются от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий производства горных работ. Для оконтуривания формируемого массива предлагается использовать компенсационные шпурсы, препятствующие распространению трещин вглубь массива. Расположение компенсационных шпурсов определяется для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий и зависит от физико-технических свойств, применяемого ВВ и прочностных характеристик окружающего массива.

Ключевые слова: взрыв, зона смятия, зона трещин, скважина, шпур, заряд.

NEW TECHNOLOGIES OF THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STRUCTURES IN FRACTURED ROCK MASSIFS USING BLASTING OPERATIONS

Andriyevskiy A.P.¹, Zuyev A.E.¹

¹Federal State Budget Institution of Science "Institute of Chemistry and Chemical Technology", Russian Academy of Sciences, Siberian Branch (ICCT SB RAS), Krasnoyarsk, Russia, (660036, Krasnoyarsk, 50, Akademgorodok, Building 24), e-mail: chem@icct.ru

The article describes some new technological solutions in the construction of underground facilities, in the complex hydro-geological conditions allowing to form a solid concrete core along the contour of the constructed object, which provides its waterproofing, as well as to eliminate any possibility of perimeter rock massif violation while using blasting operations. To solve the task, while blasting the charge is created of the size, that makes it possible only for a crumple zone to form in rock massif closing all the fractures, and thus impermeable barrier is shaped. The size of the charge depends on the specific geological, mining and technical conditions of mining operations. For contouring the formed massif it is proposed to use compensatory cords that prevent crack propagation deep into the rock massif. The location of the compensatory cords is determined for specific geological and mining conditions and depends on the physical and technical properties of the used explosive and the strength properties of the surrounding massif.

Key words: blast, crumple zone, fractures zone, borehole, cord, charge.

При строительстве подземных сооружений в сложных гидрогеологических условиях возникают трудности, связанные с водопритоком, которые ухудшают как комфортность производства этих работ, так и их безопасность, связанную со снижением устойчивости бортов и кровли строящегося объекта за счет их обводненности.

На сегодняшний день известен ряд технологий по борьбе с водопритоком в формируемые подземные сооружения:

- различные виды тампонажа и химического закрепления грунтов [5; 8];
- водопонижение [6; 8];

– замораживание грунтов [8; 9].

Химическое закрепление грунтов эффективно использовать при закреплении грунтов песчаных водоносных горизонтов; при ведении работ в скальном трещиноватом массиве возможно применение тампонажа различными составами, однако этот способ не дает полной гарантии от проникновения подземных вод в строящееся подземное сооружение, а может лишь значительно снизить его объем.

Использование водопонижения и заморозки для борьбы с водопритоком связано с большими капитальными и особенно эксплуатационными затратами. С другой стороны, известно, что при взрыве удлиненного заряда в массиве образуются две основные зоны:

- смятия;
- трещинообразования.

Причем в зоне смятия порода под действием взрывной нагрузки течет, и происходит закрытие всех имеющихся трещин в массиве.

Размеры этих зон зависят от горно-геологических и горнотехнических условий производства взрывных работ [1]:

$$r_{см} = d \times \sqrt{\frac{P}{\sigma}} \quad (1)$$

где $r_{см}$ - радиус зоны смятия, м; d – диаметр скважины (шпура), м; P – давление, развиваемое продуктом детонации, Па; σ - предел прочности пород на сжатие, Па.

$$P = \frac{q \times D^2}{8} \quad (2)$$

где q – плотность заряжения ВВ, кг/м³; D – скорость детонации ВВ, м/с.

$$R = 0,2102 \cdot d \cdot q^{0,75} \cdot D^{1,5} \cdot \sigma^{-0,25} \cdot \tau^{-0,5} \quad (3)$$

где R – радиус зоны трещин, м; τ - предел прочности пород на срез, Па.

Формируются эти зоны во времени, и их размер зависит от скорости распространения трещин в массиве и продолжительности действия взрывной нагрузки, которая в свою очередь зависит от длины заряда, скорости детонации применяемого ВВ и места его инициирования [7]:

$$t_n = \frac{l_z}{D} \quad \text{для прямого инициирования} \quad (4)$$

где t_n - время действия взрывного импульса продольной волны при прямом инициировании, с; l_z - длина заряда, м.

$$t_o = \frac{2 \times l_3}{D} \quad (5)$$

t_o - время действия взрывного импульса продольной волны при обратном инициировании, с.

Таким образом, появляется возможность сформировать такой заряд, времени действия которого хватит только на образование зоны смятия (в которой порода после взрыва станет монолитной и будет препятствовать проникновению водных растворов) без нарушения окружающего массива.

В связи с чем предлагается новая технология формирования прочного водонепроницаемого железобетонного экрана для строительства подземных сооружений в сложных гидрогеологических условиях.

На первом этапе обуривают параллельно сближенные шпуры (или скважины) по контуру создаваемого экрана, расстояние между шпурами (скважинами) определяется исходя из размеров образующихся зон смятия (1). При этом длина заряда определяется таким образом, чтобы продолжительности действия взрывной нагрузки хватило только для образования зоны смятия без нарушения окружающего массива.

$$l_{зи} = \frac{C_n \times r_{см} \times D}{C_n^2 - 0,25D^2}; \quad \text{для центрального инициирования} \quad (6)$$

где C_n - скорость распространения продольной волны в массиве, м/с.

$$l_{зи} = \sqrt{\frac{r_{см} \cdot D^2}{C_n^2 - D^2}} \quad \text{для прямого инициирования} \quad (7)$$

$$l_{зо} = \frac{2r_{см} \cdot C_n \cdot D}{4C_n - D^2} \quad \text{для обратного инициирования} \quad (8)$$

Очевидно, что заряды необходимо располагать в шахматном порядке (рис. 1). После формирования с использованием взрыва непроницаемого экрана для закрепления массива в сформированных шпурах (скважинах) размещают либо арматуру, либо трос и затем оставшиеся пустоты заполняются цементным раствором [2].

Для снижения объемов разрушения законтурного массива используют контурное взрывание, применение которого существенно увеличивает объем бурения и усложняет процесс формирования контурных зарядов [4]. При этом следует учесть тот факт, что точных расчетов для определения параметров зарядов и формируемых промежутков не существует, а также отбиваемый массив, приходящийся на контурные заряды, незначителен.

Для устранения вышеупомянутых недостатков предлагается способ оконтуривания предполагаемого подземного сооружения с использованием компенсационных шпуров (скважин), которые препятствуют формированию трещин в законтурном массиве за счет их всхлapyвания. Для этих целей компенсационные шпурь (скважины) необходимо размещать на границе зоны смятия – зоны трещин внутри этой зоны (рис. 2) под углом 60° [3].

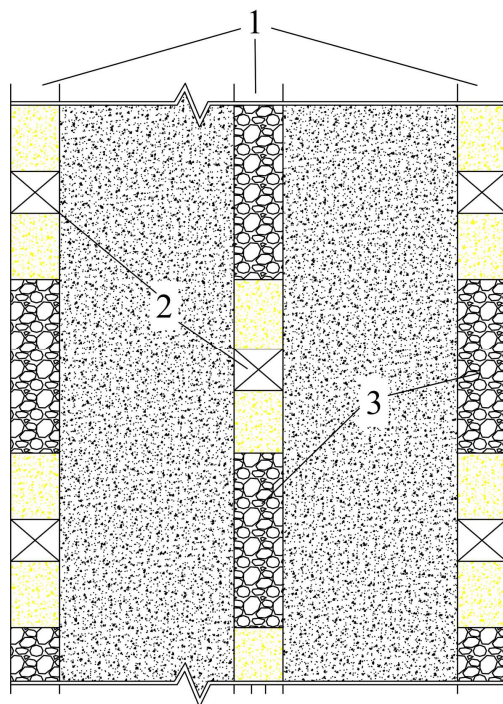


Рисунок 1 – Схема формирования водонепроницаемого экрана. 1 - скважина (шпур), 2 - сформированный заряд, 3 - воздушный (водный) промежуток.

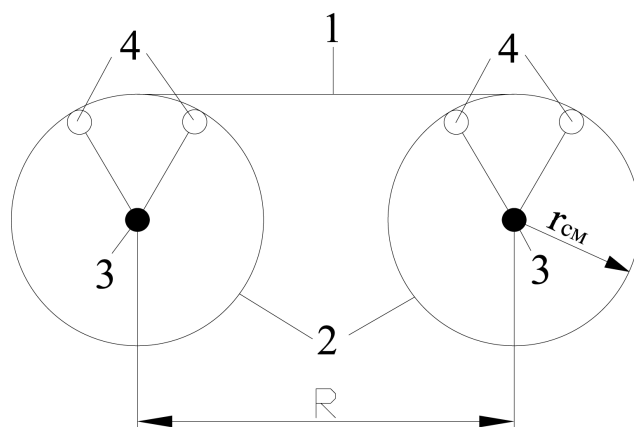


Рисунок 2 - Схема расположения зарядов и компенсационных шпуров (скважин) для оконтуривания горных массивов. 1 - охраняемый контур, 2 - контакт «зона смятия – массив», 3 - оконтуривающие шпурь, 4 - компенсационные шпурь.

Таким образом, использование этих способов при строительстве подземных сооружений в сложных гидрогеологических условиях позволяют обеспечить производство

этих видов работ за счет исключения водопритока и разрушения законтурного пространства при производстве взрывных работ.

Список литературы

1. Андриевский А.П., Кутузов Б.Н. Закономерность формирования зон смятия и трещинообразования при воздействии на скальный массив энергией взрыва удлиненного заряда : открытие. Диплом № 70 от 27.02.1998 г. Регистрационный номер 81/82.
2. Андриевский А.П., Зуев А.Е. Способ формирования водонепроницаемого железобетонного экрана в трещиноватых обводненных горных массивах : патент RU № 2470117, опубликован 20.12.2012.
3. Андриевский А.П., Зуев А.Е. Способ оконтуривания горных выработок и целиков при взрывной отбойке горного массива : патент RU № 2472105, опубликован 10.01.2013
4. Барон Л.И., Ключников А.В. Контурное взрывание при проходке выработок. - Л. : Наука, 1967. – 204 с.
5. Давыдов В.В., Белоусов Ю.И. Химический способ укрепления горных пород. - М. : Недра, 1977. – 266 с.
6. Калмыков Е.П. Борьба с внезапными прорывами воды в горные выработки. - М. : Недра, 1973. – 236 с.
7. Миндели Э.О. Разрушение горных пород. - М. : Недра, 1974. – 600 с.
8. Насонов И.Д., Федюкин В.А., Шуплик М.Н. Технология строительства подземных резервуаров. - М. : Недра, 1983. – 311 с.
9. Трупак Н.Г. Замораживание грунтов в подземном строительстве. - М. : Недра, 1974. – 277 с.

Рецензенты:

Косолапов Александр Иннокентьевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ОГР, Сибирский федеральный университет Институт горного дела, геологии и геотехнологий, г. Красноярск.

Анушенков Александр Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ПРМ, Сибирский федеральный университет Институт горного дела, геологии и геотехнологий, г. Красноярск.