

взаимосвязанности природных и техногенных процессов, динамических характеристик геологических структур земли, закономерностях проявлений различных физических полей, достижениях в технологиях подземного строительства и т.п.

**Выводы.** Освоение подземного пространства стало условием жизни и развития городов. Наивысшие достижения архитектуры в освоении подземного пространства воплощены в подземных сооружениях нового поколения, в том числе в многоуровневых и многофункциональных комплексах.

Комплексное освоение подземного пространства крупных городов осуществляется на основе применения различных архитектурных, объемно-планировочных и конструктивных решений и позволяет рационально использовать наземную территорию, содействует упорядочению транспортного обслуживания населения и повышению безопасности дорожного движения, снижает уличный шум и загрязнение воздуха, способствует повышению уровня жизни людей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пустовойтенко В.П. Геотехнічне забезпечення підземного будівництва в Україні. – К: Наук. думка, 1999. – 257 с.
2. Расчет несущих элементов подземных сооружений /А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Наук. думка, 2001. – 167 с.
3. Организация освоения подземного пространства. Свершения и надежды / А.Н. Левченко, В.Г. Лернер, Е.В. Петренко, И.Е. Петренко; Под ред. акад. АГН Е.В. Петренко: Учеб. Пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 403 с.

УДК 622.28(06)

*Масленников С.А., Шинкарь Д.И.*

#### **КРЕПЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Опыт проходки вертикальных стволов на территории РФ последних лет показал востребованность мощных водонепроницаемых и при этом дорогостоящих типов крепи. Например, в условиях калийной, алмазо- и рудодобывающих отраслей монолитная бетонная крепь при строительстве стволов находит ограниченное применение в силу значительного давления со стороны пород и подземных вод, агрессивности последних, больших глубин, длительного срока службы предприятий. В крупнейших проектах последних лет - строительство самого глубокого, на настоящий момент, в РФ и Евразии вентиляционного

ствола (ВС-7) на реконструируемом руднике «Таймырский», пяти стволов на рудниках «Мир» и «Удачный» компании «Алроса», вертикального ствола ш. «Северная Вентиляционная №2» Гайского ГОКа, находящихся на стадии строительства скипового и клетьевого стволов на Гремячинском месторождении калийных солей компании ОАО ЕврОхим, подготовленного к проходке вентиляционного ствола рудника «Скалистый» ГМК Норильский Никель, двух стволов, являющихся частью проекта строительства пятого калийного рудника ОАО «Уралкалий», на Усть-Яйвинском участке Верхнекамского месторождения калийных солей – для крепления стволов на полную глубину или в зоне покрывающих пород используют чугунные тубинги.

Чугунная и чугунно-бетонная крепь обладает рядом существенных недостатков, и отмечаемый рост использования объясняется не столько её фактическими преимуществами, сколько отсутствием других апробированных в России и положительно зарекомендовавших себя в сложных горно-геологических условиях типов крепи. Для поиска перспективных путей решения данной проблемы можно обратиться к опыту западноевропейской горной промышленности. Например, в Германии ограниченность запасов полезных ископаемых и длительная интенсивная эксплуатация имеющихся месторождений уже в середине XX в привели к ведению добычи на значительных глубинах. Так в 1960-м году средняя глубина отработки в каменноугольной промышленности Германии достигла 644 м, а в период с 1990 по 2007 гг. выросла с 960 до 1150 м [1].

Ранее применение чугунных тубингов для крепления стволов в Германии имело широкое распространение. Например, в Рурском каменноугольном бассейне до 10%, а в калийной промышленности до трети всех стволов (по протяженности) закреплены чугунными тубингами [2]. Долгое время крепь из чугунных тубингов рассматривалась вообще как единственный возможный вариант при проведении стволов по искусственно замороженным породам. Такое мнение обосновывалось высокой, по сравнению с другими типами крепи распространёнными в те годы, степенью водонепроницаемости, значительной несущей способностью, исключением необходимости применения временной крепи и т. д. На новейшем этапе развития горного дела в Германии данный тип крепи потерял своё былое значение и применяется редко, а за последние 20-25 лет - примеров использования вообще не отмечено. В первую очередь это обусловлено повышением требований к водонепроницаемости. Большое количество швов затрудняет их качественную гидроизоляцию и имеет следствием наличие остаточного водопритока, а, например, в воздухоподающих стволах к постепенному ухудшению гидроизолирующих свойств крепи приводят периодические колебания температуры, имеющие следствием «раскрытие» швов [3].

Анализ опыта возведения и эксплуатации чугунно-бетонной крепи в России, выполненный на обширном фактическом материале последних лет, выявил ряд недостатков. Важнейшими из них являются: высокая стоимость, нерациональное использование материалов [4], невозможность обеспечения полной гидроизоляции, высокая жесткость, сложность ремонта нарушенных участков,

низкая безопасность труда, значительная трудоёмкость и малый процент механизации работ. С ростом объёмов строительства стволов с чугунно-бетонной крепью все более наглядной становится необходимость поиска новых технических решений включающих не только ее совершенствование, но и разработку и внедрение новых типов крепи.

В Германии на смену тубингам пришли многослойные сталебетонные крепи. При строительстве новых стволов это преимущественно крепь со слоем скольжения (см. рис. 1). Опыт сооружения и эксплуатации более 20 стволов с подобной крепью, описанный в литературе, подтверждает ее высокую несущую способность, возможность обеспечения полной водонепроницаемости, надежность, долговечность. При реконструкции стволов для усиления нарушенной крепи нашла применение сталебетонная крепь из металлической обечайки и укладываемого за нее слоя бетона. Такой подход позволяет решать нестандартные задачи – восстановление нормального функционирования стволов с нарушенным сечением, искривленной осью, значительное увеличение несущей способности крепи без чрезмерного сокращения площади сечения ствола, обеспечение полной гидроизоляции.

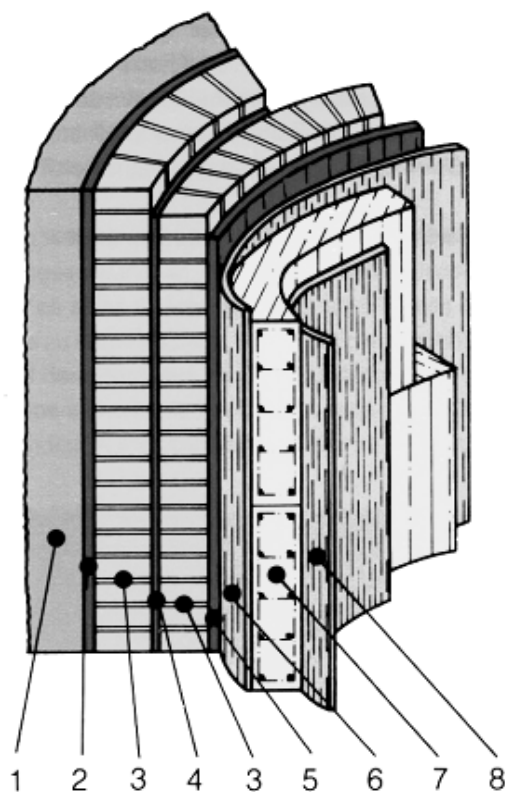


Рис. 1. Сталебетонная крепь со слоем скольжения ствола Voerde [5]

1 – порода; внешняя крепь: 2 – цементно-песчаное заполнение закрепного пространства, 3 – бетонные блоки с прокладками из древесины, 4 – цементно-песчаный раствор; 5 – асфальт; внутренняя крепь: 6 – внешняя водонепроницаемая стальная обечайка, 7 – железобетон, 8 – внутренняя стальная обечайка.

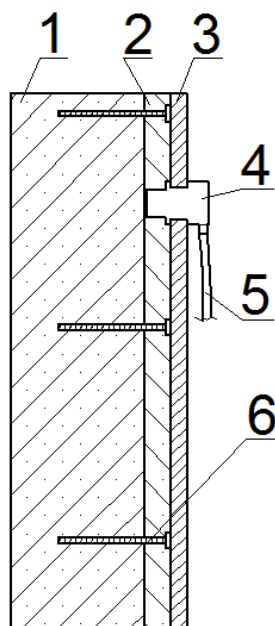
Главными недостатками крепи со слоем скольжения являются, ограниченность максимальной высоты става крепи (до 300 м), высокая стоимость, значительное увеличение диаметра ствола, трудоемкость и длительность возведения. Все это привело к её использованию в достаточно узком диапазоне условий.

Крепь из металлической обечайки с внешним слоем бетона неэффективно работает при высоком гидростатическом давлении, которое воспринимается исключительно гидроизолирующим слоем. При этом толщина слоя стали на значительных глубинах может достигать 70 мм и более [6], что требует больших материальных затрат.

В общем проанализированный авторами опыт российского и зарубежного шахтного строительства показал преимущество и перспективность применения в горной промышленности нашей страны многослойных конструкций крепей включающих грузонесущие (монолитный, сборный бетон, железобетон) и водонепроницаемые слои (стальные листы). Подобные конструкции обеспечивают высокую несущую способность, полную водонепроницаемость, благоприятный режим работы, имеют меньшую или равную с чугунно-бетонной крепью толщину, могут быть использованы как для крепления всего ствола, так и отдельных его участков, а также, при необходимости представляют возможность возводить крепь не связную с породным массивом.

Снижения стоимости комбинированных крепей, по мнению авторов, можно достичь, используя имеющиеся резервы несущей способности, как, например, слоя бетона в двухслойной сталебетонной крепи. Для этого слой бетона необходимо возводить в два этапа: внешний слой из обычного или полимербетона повышенной плотности; внутренний высокопрочный фибробетон (см. рис. 2 поз. 2) с искусственно улучшенными водопроводящими свойствами. При этом металлическая обечайка снабжается контрольно-регулирующими элементами.

Принцип работы крепи предлагаемой конструкции заключается в следующем: вода под давлением проникает через внешний слой (1) и попадает в слой бетона с искусственно повышенными фильтрующими свойствами (2), где равномерно распределяется, стремясь повысить гидростатическое давление до его величины в породном массиве. При достижении давлением значений, близких к критическим, срабатывают контрольно-регулирующие элементы, часть воды стравливается внутрь ствола, где стекает по системе шлангов (5), аккумулируется и по трубопроводу выдаётся на поверхность. Таким образом, в предлагаемой конструкции, благодаря возможности регулирования отдельного восприятия гидростатического давления слоем стали и бетоном реализуется принцип «управляемой работы крепи». При этом доля нагрузки, которую несет тот или иной слой определяется выбором давления – сброса на контрольно-регулирующих элементах. Объём откачиваемой воды будет незначительным, ввиду мощности внешнего слоя бетона, его низкой фильтрующей способности, а также относительно небольшого перепада давлений.



*Рис. 2. Конструкция гидроизолирующей сталебетонной крепи вертикальных стволов с регулируемым режимом работы*

Основные достоинства предлагаемой конструкции по сравнению с обычной двухслойной сталебетонной крепью заключаются в следующем: значительно повышается критическое давление; снижается риск возникновения аварийных ситуаций, связанных с отрывом металлической обечайки от бетона и её вспучиванием; обеспечивается полная гидроизоляция; появляется возможность временного управляемого снижения давления воды на стальной слой крепи, что необходимо при ведении ремонтных и профилактических работ, обеспечивается постоянный контроль уровня гидростатического давления и уменьшение толщины стальной оболочки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Technik und Know-how-Management im deutschen Steinkohlenbergbau // Glückauf. - 144 (2008). - № 12. - S. 719-725.
2. Reuther E.U. Lehrbuch der Bergbaukunde. - Essen: Verlag Glückauf GmbH, 1989. - S. 812.
3. Gußeiserner Schachttübbingsäulenausbau – Historie, Schadensarten und Reparaturvarianten // Report. – 1999. - S. 12-16.
4. Масленников С.А. Обоснование рациональных параметров комбинированной чугунно-бетонной крепи вертикальных стволов \ Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2009. - №4 – С. 210-214.
5. O. Langefeld, E. Clausen. Vorlesungsunterlagen: Herstellung und Betrieb seigerer Grubenräume. - TU Clausthal. S. 478.
6. Schachtbau und Gefrieren. Deilman-Haniel Schaft Sinking. K+S Information, Nr. 4/2000. S. 4. Рекламный буклет.