

УДК 622.25.(06)

М.С. Плешко, В.А. Курнаков

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ И НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КРЕПЛЕНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ. НАПРАВЛЕНИЯ
ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ**

Выполнен анализ нормативной базы и научных исследований в области крепления вертикальных стволов. Предложена новая концепция проектирования и строительства глубоких вертикальных стволов в современных условиях.

Ключевые слова: вертикальный ствол, крепь, методика проектирования.

Современный уровень развития науки и техники в области строительства вертикальных стволов достигнут благодаря многоплановым исследованиям ученых и специалистов ВНИМИ, НИИГМ им. М.М.Федорова, ИГД им. Скочинского, НИИОМШС, МГГУ, С-ПБГГИ (ТУ), ТулГУ, ЮРГТУ (НПИ), КузГТУ, УГГА, «Днепргипрошахт», «Южгипрошахт», «Донгипрошахт», ЦНИИ-подземмаш, ОАО «Трест Донецкшахтопроходка», ОАО «Ростовшахтострой», ОАО «Кузбасшахтострой» и др.

Значительный вклад в создание теоретической и экспериментальной геомеханики в области строительства и эксплуатации вертикальных стволов, разработку технологических решений по проходке, креплению, армированию стволов, способов их охраны внесли Х.И. Абрамсон, К.А. Ардашев, И.В. Баклашов, В.А. Борисовец, Н.С. Булычев, В.В. Виноградов, Н.Г. Гаркуша, Ю.З. Заславский, А.Н. Зорин, Б.А. Картозия, А.М. Козел, Г.А. Крупенников, А.М. Максимов, И.Г. Манец, В.В. Левит, Л.Я. Парчевский, Е.В. Петрелка, Н.М. Покровский, Ю.А. Полозов, А.Г. Протосеня, А.А. Пшеничный, И.С.

Стоев, К.В. Руппeneйт, Р.А. Тюркян, Б.М. Усаченко, Б.И. Федунец, Н.Н. Фотиева, А.Н. Шашенко, Ф.И. Яколкин и др.

На основании комплекса проведенных исследований был разработан и введен в действие СНиП II-94-80, являющийся основным нормативным документом в области проектирования вертикальных стволов. В дальнейшем для облегчения практического использования разработано «Руководство по проектированию горных выработок и расчету крепи».

На основании указанных документов институтами «Южгипрошахт», «ВНИИОМШС» и «Оргшахтострой» разработаны типовые проекты сечений и крепления вертикальных стволов и прогрессивные технологические схемы их проведения и крепления.

Использование данной проектной базы обеспечило эффективное строительство и эксплуатацию вертикальных стволов малой и средней глубины в Советском Союзе в 70 - 80-х годах прошлого века.

Однако при переходе на сооружение глубоких и сверхглубоких вертикальных стволов произошло значительное усложнение горно-геологи-

ческих условий строительства, увеличилось влияние неоднородности и реологических свойств пород, приствольных выработок, очистных работ, в связи с чем все интенсивнее проявляются недостатки типовых технологических решений.

Успешное решение задач, связанных с повышением технико-экономической эффективности строительства и обеспечением эксплуатационной надежности глубоких стволов, наряду с использованием регламентирующих нормативных документов, требует привлечения методов математического моделирования для прогнозирования геомеханических процессов в окружающих их породных массивах и научного обоснования параметров крепи подземных конструкций.

Развитие науки о расчете крепи вертикальных стволов принято разделять на два основных периода:

- изучение механизма взаимодействия пород и крепи с помощью упрощенных схем – приближенных гипотез;

- изучение механизма взаимодействия пород и крепи, напряжений в крепи и породах и перемещений на поверхности и вблизи ствола на базе механики сплошной среды.

Основной особенностью первого периода является рассмотрение горного давления пород в виде заданной статической нагрузки, для восприятия которой требуется выбор той или иной крепи. Считалось, что нагрузка не зависит от величины деформаций массива, конструкции и материала крепи, способа проходки и технологии крепления. Работы, относящиеся к первому периоду, можно объединить под общим названием «метода сил», в рамках которого разработаны следующие основные гипотезы: восстановления естественного напряженного состояния массива пород;

гипотеза свода; гипотеза об отсутствии давления на крепь стволов в скальных породах. Расчет крепи при этом сводился к трем стадиям: определение внешних нагрузок, определение внутренних сил или напряжений, проверка прочности конструкции крепи.

Второй период развития науки о горном давлении ствола характеризуется повсеместным распространением гипотезы «деформаций», основанной на схеме «контактного взаимодействия крепи и массива», при котором давление на крепь выработки развивается и устанавливается в результате сложного взаимодействия системы «крепь – массив».

Название «гипотеза деформаций» отражает тот факт, что величина силового взаимодействия пород и крепи существенно зависит от допускаемых этой крепью перемещений поверхности выработки и деформаций пород. Нагрузка на крепь может широко изменяться в одних и тех же условиях в зависимости от вида крепи и технологии крепления.

Основы гипотезы «деформаций» заложены в работах Г.Н. Савина, Ф.А. Белаенко, Г.А. Крупенникова, К.В. Руппeneйта и др. [1].

В настоящее время используют три основные схемы контактного взаимодействия массива горных пород с подземными сооружениями. В первой из них крепь подземной конструкции моделируется дискретной системой (стержневой, пластинчатой, оболочечной или их комбинацией), а массив – основанием Винклера. Соответствующие расчетные методики базируются на методах строительной механики стержневых и тонкостенных конструкций.

Вторая схема является дискретно-континуальной. Крепь подземной конструкции моделируется дискретной системой, а породный массив – сплошной

средой с отверстием. Расчетные методики основаны на сочетании методов строительной механики и теорий упругости, пластичности или ползучести, в зависимости от выбора соотношений, используемых для описания процесса деформирования сплошной среды.

Третья схема – континуальная. Крепь выработки моделируется цилиндрическим телом, поперечное сечение которого представляет собой сплошное кольцо произвольной формы, а породный массив моделируется сплошной средой с отверстием. Расчетные методики построены на основе методов теории упругости, пластичности или ползучести, в соответствии с используемой моделью деформирования сплошной среды.

Выбор схемы контактного взаимодействия определяется конструкцией крепи выработки и особенностями процессов деформирования и разрушения породного массива. Для рамных и панельных конструкций используют первую или вторую схемы. Расчетные методики для первой схемы более просты в использовании, тогда как вторая схема позволяет моделировать процессы неупругого деформирования и разрушения приконтурного породного массива. Третья схема применяется при расчетах параметров монолитных и сборно-монолитных многослойных конструкций, тубинговых и блочных конструкций [1-5].

В то же время возможности дальнейшего совершенствования аналитических методов расчета крепи стволов и оценки устойчивости выработок практически исчерпаны, особенно учитывая, что с переходом горных работ на большие глубины каждый характерный участок глубокого ствола представляет собой уникальную геотехническую систему, подверженную влиянию комплекса факторов.

Рассмотрение таких систем стало возможным с развитием компьютерной

техники и появлением программных средств, реализующих те или иные математические методы. Их использование позволило перейти к новому, постоянно совершенствуемому, способу исследования геомеханических процессов – вычислительному эксперименту, основанному на расчете серии вариантов при изменении влияющих параметров.

На основании выполненных исследований постепенно стало меняться представление о назначении крепи выработок, от ее рассмотрения только в качестве грузонесущей конструкции, сопротивляющейся деформированию пород, к пониманию механизма взаимодействия системы «крепь – массив» и попыткам управления им.

Примерами реализации этой концепции являются: идея о поэтапном формировании многослойной конструкции крепи (Н.С. Булычев), создание крепи ствола переменного сопротивления (Ф.И. Ягодкин), комплексный метод тампонажа (Э.Я. Кипко и Ю.А. Полозов), крепь с локальным скользящим слоем и осадочными швами для зон влияния очистных работ (А.М. Козел), крепь с внутренней конструктивной податливостью (Ю.З. Заславский),

Ново-Австрийский метод строительства (А. Бруннер, Л. фон Рабцевич, Л. Мюллер) и др.

Логичным продолжением этих идей стал, предложенный в работах В.В. Левита, переход к рассмотрению системы «крепь – регулятивный элемент – породный массив», где под понятием «регулятивный элемент» подразумевается комплекс мер по управлению деформированием массива и крепи, например: изменение конструкции крепи, тампонаж, включение дополнительных податливых элементов и др. В то же время влияние технологических факторов на эффективность взаимодействия предложенной системы осталось не рассмотренным.



Концепция проектирования и строительства глубоких вертикальных стволов

Реализация таких подходов требовала качественно более полных исходных данных, а также знаний о процессах взаимодействия крепи и массива на различных стадиях строительства и эксплуатации ствола. В этой связи значительный интерес представляет концепция двухстадийного проектирования, выдвинутая К.А. Ардашевым, а также разработанная И.И. Савиным информационная система мониторинга состояния крепи в вертикальных шахтных стволах, но по ряду причин данные идеи не получили широкого распространения на практике.

В целом внедрение рассмотренных научных достижений позволило ре-

шить ряд задач, стоящих перед строительной геотехнологией, однако единый механизм управляющих воздействий по повышению эффективности крепления глубоких вертикальных стволов, основанный на тесной взаимосвязи конструкции крепи и технологии ее возведения, учете влияния комплекса горнотехнических и технологических факторов, создан не был.

В качестве основы для такого механизма может быть предложена концепция проектирования и строительства стволов в рамках системы «породный массив – технология – вертикальный ствол» (рисунок).

Данная схема совокупно объединяет влияющие горнотехнические факторы и конструктивные и технологические решения. Порядок проектирования предполагает:

- выполнение инженерно-геологического мониторинга в период строительства ствола для получения наиболее точных данных;
- анализ соответствия базовых проектных решений фактическим условиям;
- корректировку в необходимых случаях базовой технологии крепления на основе системы управляющих воздействий по улучшению режима работы, повышению несущей способности и эксплуатационной надежности крепи.

Управляющие воздействия в свою очередь предусматривают: оптимизацию параметров технологии работ; применение материалов крепи, адекватных конкретной технологии и условиям применения; а также технических и конструктивных решений, направленных на улучшение взаимодействия элементов предложенной системы.

Создание новой нормативной базы проектирования крепи вертикальных стволов на основе предлагаемой концепции позволит значительно увеличить технико-экономическую эффективность строительства и эксплуатации глубоких вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В. Проектирование и расчет крепи капитальных выработок. – М.: Недра, 1986. – 288 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М., Недра, 1982. – 270 с.
3. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. Учебник для вузов. – М., Недра. – 1992. – 543 с.
4. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – Т. 1. Основы геомеханики. – 208 с.
5. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – Т. 2. Геомеханические процессы. – 208 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Плешко Михаил Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы»,
Курнаков Валерий Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация производства»
Шахтинский институт (филиал) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)»,
e-mail mspleschko@rambler.ru.

