

УДК 622.28(06)

**И.М. Паланков**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕБЕТОННОЙ КРЕПИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СОЛЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Рассмотрено современное состояние проблемы крепления вертикальных стволов, строящихся в сложных условиях, на основе анализа зарубежного опыта проанализирована возможность внедрения сталебетонной крепи на соляных месторождениях России.*

*Ключевые слова: вертикальный ствол, чугуно-бетонная крепь, сталебетонная крепь, крепление ствола.*

---

**О**дной из характерных особенностей современного подземного строительства является увеличение глубины месторождений, и, как следствие, усложнение горно-геологических условий, что, в свою очередь, сопряжено с увеличением глубины вскрытия неустойчивых обводненных пород, отработки залежей в районах распространения вечной мерзлоты, в зонах геологических нарушений. Поэтому особое значение приобретает вопрос надежности и долговечности крепи вертикальных стволов.

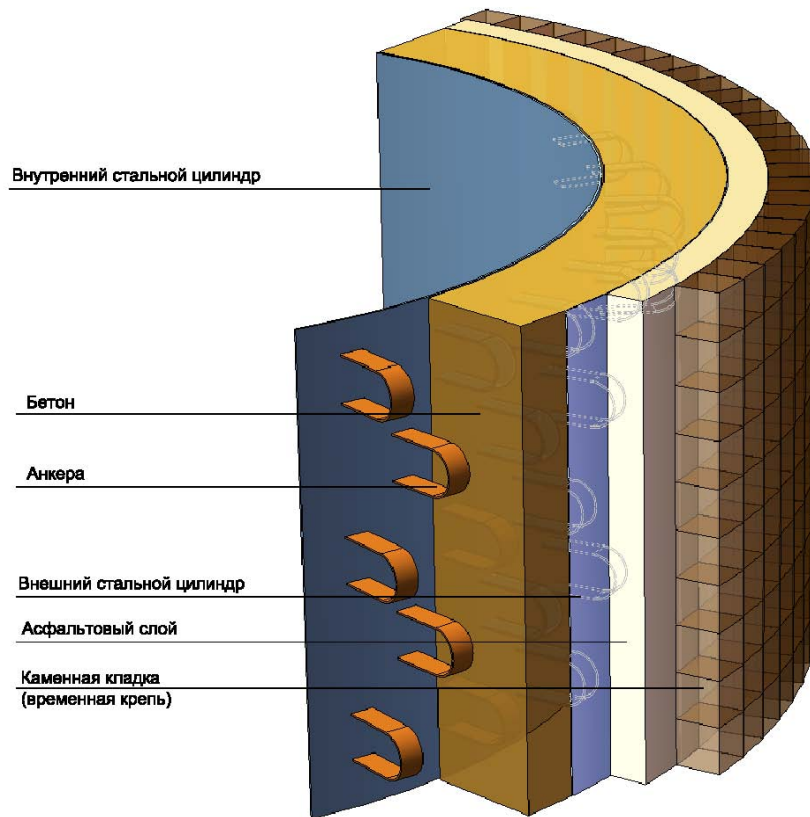
Наиболее распространенная крепь из монолитного бетона и железобетона в сложных гидрогеологических условиях, характерных для месторождений каменной соли, не обеспечивает ни достаточной несущей способности, ни необходимой водонепроницаемости.

Ведущая немецкая шахтостроительная фирма Thyssen Schachtbau GmbH, занимающаяся вопросами проектирования крепи, предлагает для крепления стволов, проходимых способом замораживания, комбинированную сталебетонную крепь.

В данной статье я хочу привести результаты аналитического обзора применения сталебетонной крепи в зарубежной практике и рассмотреть возможность применения сталебетонной крепи для наших условий.

Стальная крепь впервые была применена в 1892 г. при бурении стволов по способу Хонигмана. В дальнейшем такая крепь применялась в Европе при бурении стволов небольшой глубины. В СССР стальная крепь применялась с 1938 г. при бурении вентиляционных и вспомогательных стволов.

Голландские и немецкие шахтостроители применяют сталебетонную крепь не только в стволах, проходимых способом бурения, но и при проходке стволов с применением искусственного замораживания. Такого рода крепь была применена при проходке стволов шахты «Беатрикс», на стволе «Рейнберг», один из последних примеров - пройденный в 2003-2004 годах ствол Konradsberg предприятия по добыче каменной соли Heilbron. Сталебетонная крепь также была использована для восстановления крепи



**Рис. 1** Схема скользящей крепи ствола Рейнберг

ствола №2 шахты по добыче каменной соли Pigwash компании Canadian Satt Company Limited (CSCL) расположенной в восточноканадской провинции Nova Scotia.

Рассмотрим подробнее технологию возведения сталебетонной крепи. В общем случае подобная крепь представляет собой сложную конструкцию, состоящую из внешнего слоя – чаще всего бетонные блоки с уплотняющими прокладками из мягкой древесины, слоя асфальта толщиной 15-30 см, уплотнительного слоя стали, и основной несущей конструкции, например, из сталебетонных колец либо стальной обечайки и монолитного бетона.

Ствол проходится на временной крепи из железобетонных блоков или монолитного бетона толщиной 400-500 мм на проектную глубину. Затем снизу вверх возводится постоянная крепь. Толщина стенок внутреннего и внешнего стальных цилиндров изменяется от 10 до 35 мм, что вызвано увеличением нагрузок на крепь с глубиной (рис. 1).

Для увеличения сцепления между бетоном и внутренним стальным цилиндром к внешней его поверхности привариваются специальные якоря в виде изогнутых в дугу стальных полос с приваренными на концах планками. Связь между наружным стальным цилиндром и бетоном обеспечивается за

счет сил трения. Следует отметить наиболее важное допущение в расчетах сталебетонной крепи: давление со стороны пород заменено давлением внесенного в кольцевой зазор между временной и постоянной крепью слоя битума. Таким образом, сталебетонная конструкция использует два способа обеспечения надежной связи между элементами конструкции: связь с помощью дополнительных якорей и трение. Усилие, которое возникает на контакте между внутренним стальным цилиндром и бетоном, воспринимается якорями, а усилия, которые могут появиться между наружным цилиндром и бетоном, воспринимаются за счет трения.

Также следует отметить, что водонепроницаемость сталебетонной крепи обеспечивается высококачественной сваркой отдельных сегментов крепи между собой. При этом свариваются элементы как внутреннего, так и внешнего цилиндра. В случае нарушения внешней оболочки для повышения сопротивления внутреннего цилиндра крепи давлению воды служат якоря. Кроме того, в каждом кольце внутреннего цилиндра существует вмонтированный патрубок с пробкой (по одному на сегмент), открывая который можно выпустить воду и этим снять гидростатическое давление на внутренний цилиндр.

Монтаж крепи состоит из двух самостоятельных видов работ, проводимых параллельно: сборки на поверхности элементов крепи из сегментов, поступающих с завода, в кольца высотой 3 м, и монтажа в стволе опускаемых с поверхности колец крепи в единую цельную колонну.

На поверхности сборка элементов крепи в кольца производится в надшахтном здании, специально оборудованном для производства этих работ, куда сегменты внутренней и

внешней колонн крепи доставляются попарно на специальных платформах, вкатываемых внутрь здания. Сегменты крепи разгружаются с помощью специального крана, передвигающегося вдоль порталной рамы, и устанавливаются на платформу, состоящую из трех раздвижных секторов. Раздвижная платформа вместе с неподвижной, расположенной ниже первой платформой, перекрывают кольцевой зазор между крепью форшахты и специальным шлюзом, внутри которого находятся бадьевого подъем и канаты подвесного полка. Шлюз отделяет на поверхности ту часть ствола, над которой производятся работы по монтажу сегментов крепи в кольца, и от центральной части ствола, через которую происходит сообщение с рабочим полком.

После установки сегментов крепи на раздвижные секторы платформы все три части ее сдвигаются и перекрывают ствол. Сначала соединяют в кольца сегменты внутренней, а затем наружной колонны крепи и сваривают их между собой. Сварка производится с помощью сварочных аппаратов, подвешиваемых к порталной раме. Сварные швы в каждом случае проверяются изотопным детектором. На этом работы по монтажу элементов крепи на поверхности заканчиваются.

Все работы в стволе производятся с шестизэтажного подвесного полка. Во время работы полка с помощью выдвижных кулаков устанавливаются на специальные консоли, привариваемые к крепи.

Наиболее ответственной работой в стволе, от которой зависит прочность и герметичность крепи, является сварка колец крепи. Для обеспечения высокого качества сварочных работ каждый горизонтальный шов сначала сваривается вручную со строгими соблюдениями непрерывности сварного

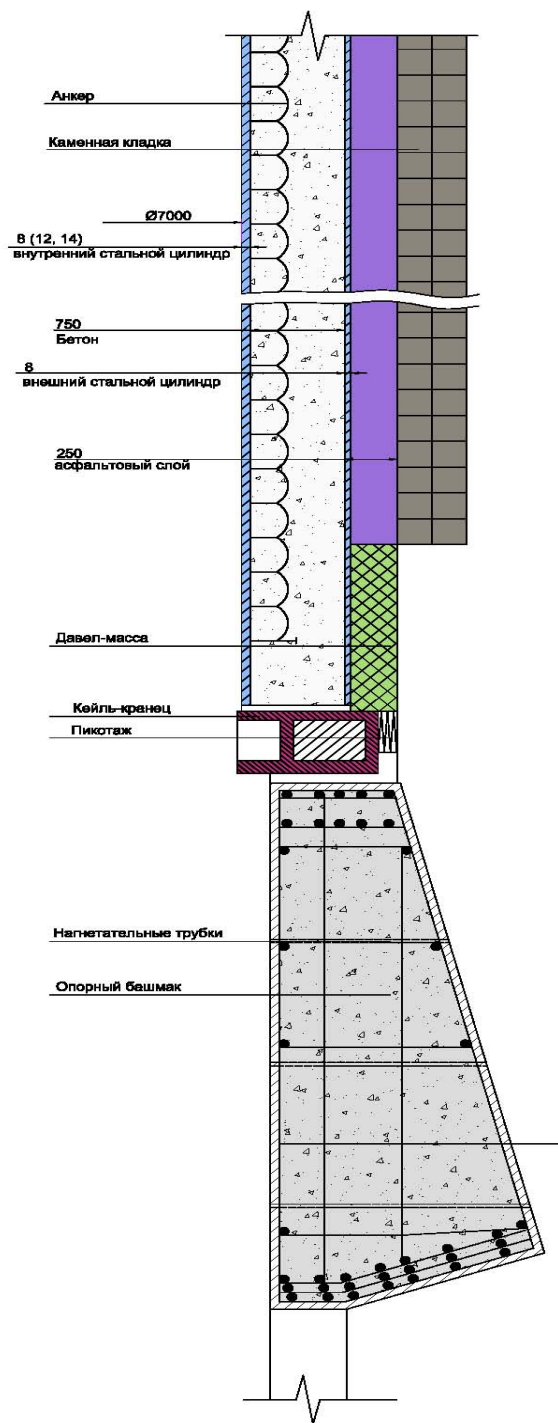


Рис. 2

В устойчивых породах, ниже зоны обводнения пород, закладывается железобетонный башмак, рассчитываемый следующим образом:

На нижнюю (опорную) часть крепи действует вес крепи  $n$ , изгибающий момент  $m$ , возникающий вследствие деформации крепи под действием горизонтальных нагрузок, и сила  $q$ , смещающая основание крепи в горизонтальной плоскости. В связи с тем, что величина изгибающего момента, действующего на основание крепи, зависит от жесткости закрепления основания, принимаются меры для снижения вероятности возникновения этой нагрузки – внизу к крепи приваривают кольцевую плиту толщиной 40 мм. Между этой плитой и опорным фундаментом прокладывают по кольцу стальной лист толщиной 1 мм и свинцовую плиту, находящуюся в непосредственном контакте с крепью. Свинцовая плита служит для уменьшения изгибающего момента, так как вследствие небольшого предела текучести свинца, соединение нижнего конца крепи с опорным фундаментом становится менее жестким. Поверхность соприкосновения свинцовой плиты и стального основания крепи для снижения трения смазывается смесью графита с маслом, что дает уменьшение коэффициента трения до 0,1.

Для предотвращения вытекания битума в нижней части крепи кольцевой зазор на высоту 1,8 м заполняют бетоном, над которым устанавливается уплотняющая манжета высотой 3м из пластического материала, укладываемого в сухом состоянии с хорошей трамбовкой, назначение которой предотвращать вытекание битума в зазор, который может образоваться между постоянной крепью и бетоном в связи с возможной деформацией крепи под давлением битума. Величина зазора может быть до 2,5 мм (рис. 2).

При расчете крепи использовалась модель Амштутца (1969 г) и Линка (1986 г) (Рис. 3). При этом существующая бетонная крепь должна воспринимать давление со стороны пород, а стальная оболочка - гидростатическое. С учетом рисков обусловленных расчетной схемой несущая способность сталебетонной оболочки дополнительно повышалась в 1,5 раза. В конечном варианте толщина стальной оболочки изменялась от 16 мм в устье, до 38 мм на глубине 80 м.

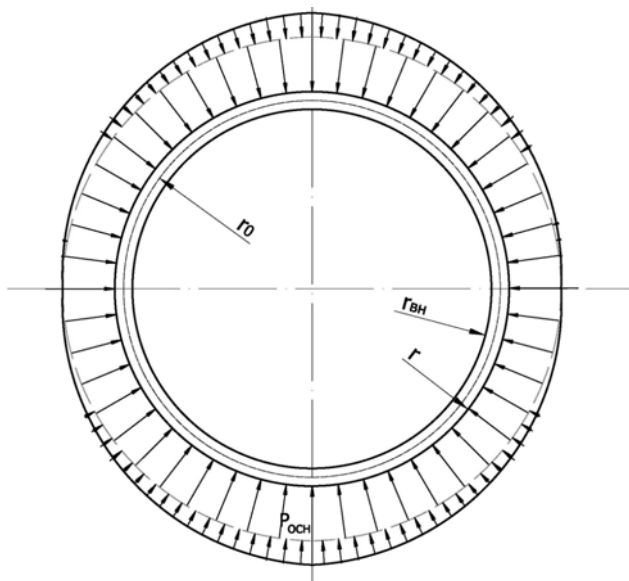
Возведение сталебетонной крепи требует меньшего количества оборудования, что существенно разгружает сечение ствола и позволяет выполнять работы более гибко (например, при восстановлении крепи без полной остановки эксплуатации), повысить долю механизации. Однако реальное выполнение проходки со сталебетонной крепью требует огромных складских площадок для размещения готовых внутренних и наружных обечаек, что не всегда приемлемо. При проходке стволов необходимо использовать постоянные копры, вентиляторные, калориферные, постоянные подъемные машины, проходческие лебедки грузоподъемностью 25, 45 и более тонн, а также 6-8 этажные проходческие полки. Замораживание по-

род при проходке со сталебетонной крепью придется вести через удаленные замораживающие колонки, расположенные по диаметру 18-24 метра, сроки активного замораживания возрастут от 240 до 360 суток, а проходка ствола должна будет вестись без последующего оттаивания ледопородного цилиндра. Кроме того закрепление пластически деформирующихся соляных массивов сталебетонной крепью практически невозможно из-за коррозии стали, поэтому вызывает сомнение устойчивость незакрепленных дозаторных камер и сопряжений, перекачных камер, а также способ герметизации зумпфовых камер.

Из проанализированных источников не ясно, как планируется проводить вальцовку обечаек толщиной более 50 мм, а также коробление обечаек при наварке анкером.

Применение сталебетонной крепи для строительства стволов на соляных рудниках России будет иметь следующие экономические и технические особенности:

- потребуются применение специального копра, завода по изготовлению сегментов обечаек, расширенной строительной площадки для сборки и хранения обечаек;
- потребуются специальный шестиэтажный полк;
- производство электросварочных работ в стволе потребует повышенной безопасности и квалификации персонала;
- общая скорость проходки ствола в пределах 15-20 м/мес. Что значительно ниже установленных СНиПом;
- установка опорного башмака, который должен выдержать вес всей колонны крепи в соляной зоне достаточно рискованна, так как соль может деформироваться под действием таких нагрузок.



**Рис. 3. Схема нагрузок на крепь ствола по Линку**

В целом проведенный анализ свидетельствует о том, что, несмотря на большой комплекс исследований в области применения сталебетонной крепи, известные конструктивные,

технологические разработки нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

На наш взгляд перспективы повышения эффективности крепления глубоких стволов в целом, прежде всего, связаны с использованием высокоэффективных материалов крепи, современных средств упрочения крепи и массива, а также с переходом к инновационным технологиям крепления, основанным на комплексном учете влияющих факторов и условий. Сама технология работ должна рассматриваться с позиций обеспечения оптимального режима последующей эксплуатации крепи, а, в свою очередь, обоснование параметров крепи невозможно в отрыве от технологической реализации принятых решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битнер Ф. «Проходка ствола Рейнберг способом замораживания». Глюкауф □11/12, 1991, с. 11.
2. Ягодкин Ф.И. Передовой опыт проходки вертикальных стволов на отечественных и зарубежных шахтах / ЦНИЭИ-уголь. – М., 1992. – 124 С.
3. <http://www.eurochem.ru/internet/29/articles/213> официальный сайт Минерально-химической компании Еврохим.
4. Technik und Know-how-Management im deutschen Steinkohlenbergbau // Глюкауф. - 144 (2008). - № 12. - S. 719-725.
5. GuЯeiserner Schachttbbingsdulenausbau – Historie, Schadensarten und Reparaturvarianten // Report. – 1999. - S. 12-16.
6. Reuther E.U. Lehrbuch der Bergbaukunde. - Essen: Verlag Gлюкауф GmbH, 1989. - S. 812.
7. Langefeld O., Clausen E. Vorlesungsunterlagen: Herstellung und Betrieb seigerer Grubenzdume. - TU Clausthal. S. 478.
8. Mit dem Schacht „Konradsberg“ in die Zukunft / Sьdwestdeutsche Salzwerke AG, 2005. - S. 16. **ИДБ**

#### Коротко об авторе

Паланков И.М. – Президент Объединенной шахтостроительной компании «Союзспецстрой» г. Москва, oshk@souzspecstroy.ru