

КОМБАЙНОВЫЙ СПОСОБ ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

К.т.н., доц. Ю.А. Пшеничный, студ. А.К. Кечеджан, ДонНТУ, г.Донецк

Одним из важных современных направлений в развитии технологии строительства вертикальных стволов является дальнейшее совершенствование и расширение области применения комбайновой технологии проходки и сооружение стволов способом бурения с поверхности земли.

Применение стволопроходческих комбайнов с механическим разрушением горных пород позволяет:

- механизировать, автоматизировать и совместить во времени основные трудоёмкие операции – разрушение забоя, уборка породы, крепление ствола;
- устранить тяжёлый физический труд и повысить производительность труда проходчиков;
- улучшить санитарно-гигиенические условия работы и повысить уровень безопасности труда;

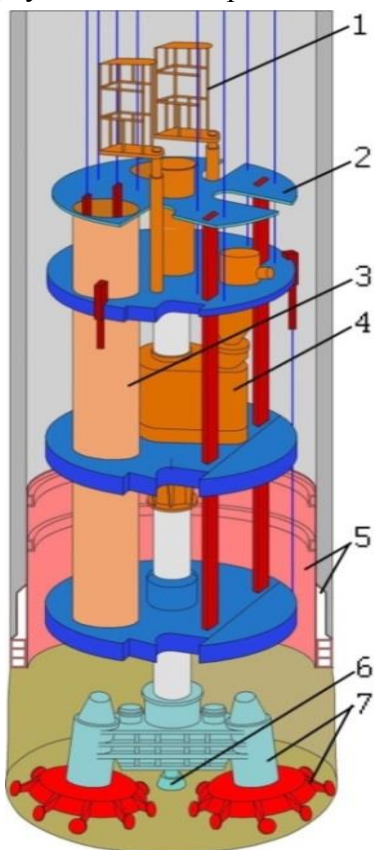


Рис.1. - Общий вид стволопроходческого комбайна СК-1у:
 1 – телескопические площадки для наращивания трубопроводов; 2 – трехэтажный каркас (несущая основа); 3 – бункер для породы; 4 – привод исполнительного органа; 5 – опалубка со спиральным поддоном; 6 – пневмоэлеватор; 7 – планетарный исполнительный орган, оснащенный резцами или шарошками.

- по мере совершенствования конструкции комбайнов увеличить темпы проходки стволов по сравнению с буровзрывной технологией.

Ниже следует краткая информация о стволопроходческих комбайнах прошлого и настоящего.

I. СК-1у. В 70-80-е годы институтом ЦНИИподземмаш (г.Москва) были разработаны 2 похожие модификации стволопроходческого комбайна: ПД-2 и СК-1у (рис.1) [1]. Изготовленными на заводе «Уралмаш» комбайнами было пройдено в Карагандинском угольном бассейне и Донбассе 8 стволов.

Технология работ СК-1у:

1. Разрушение пород - двухдисковым планетарным режущим органом (рис.1), на котором укреплены резцы (при f до 6) или шарошки (при $f=7$ и более).

2. Уборка породы - разрушенная порода в смеси с водой в виде пульпы засасывается пневмоэлеватором в бункер на комбайне, откуда перегружается в скипы и выдается на поверхность.

3. Крепление стен - монолитным бетоном при помощи металлической опалубки со спиральным поддоном и гидравлическим отрывом створок.

4. Высота комб. – 14,5м, вес – 196 т.

5. Темпы – до 160 м/мес.

Применение – 8 стволов в СССР.

При проходке клетового ствола №3 шахты

им.Калинина в г.Донецке трестом «Донецкшахтопроходка» в марте 1979г. было достигнуто наивысшее достижение по темпам проходки для комбайновой технологии – 160м/мес и по производительности труда проходчика - 15м³/ч-см.

Стволопроходческий комбайновый комплекс СК-1у был предназначен для механизированной проходки стволов фиксированных диаметров 7 и 7,5 м в свету глубиной до 1500 м при притоках воды до 25...30 м³/час.

С 90-х годов прошлого столетия, со времени экономического кризиса, комбайновая технология проходки стволов на постсоветском пространстве стала невостребованной по причине её высокой стоимости и необходимости доработки комбайнов для безаварийной работы.

II. «Херренкнехт». В XXI веке новыми разработками в области сооружения вертикальных стволов комбайнами успешно занимается известная компания «Херренкнехт» (Германия), признанный лидер в области создания и производства тоннелепроходческого оборудования.

IIa. SBE. Совместив технологию бурения стволов с поверхности земли по передовой скважине и комбайновый способ проходки, компания «Херренкнехт» в тесном сотрудничестве с шахтопроходческими фирмами «Тюссен Шахтбау» (Германия) и «Мюррей Энд Робертс Цементэйшн» (США), на стыке веков разработала комплекс SBE (Shaft Boring Machine for Shaft Enlargement – машина для бурения стволов с их расширением) (рис.2)[2].

Комплекс предназначен для проходки стволов диаметром вчерне до 9,5м в твердых горных породах. Применение данной технологии возможно только при условии, что к стволу в самой низкой точке подходит подсекающая выработка, и у горного предприятия существуют достаточные мощности для транспортирования породы от проходки, а также возможно непрерывное нисходящее проветривание во время проходческих работ. Также требуется достаточная устойчивость передовой скважины по всей глубине на весь период работ по бурению ствола.

Принципиально буровая машина SBE состоит из таких же компонентов, как и механизированный тоннелепроходческий щит.

Технология работ SBE:

1. Разрушение пород – 3 этапа бурения: 1) пилотная скважина сверху вниз; 2) передовая скважина путём расширения пилотной снизу вверх; 3) буровым органом роторного типа (рис.3), оснащённым дисками или резцами из твердого металла, в направлении сверху вниз с расширением до диаметра ствола.

2. Уборка породы - разрушенная порода по передовой скважине под действием силы тяжести поступает в подсекающую снизу выработку, откуда удаляется действующим транспортом горного предприятия.

3. Временное крепление - на площадке над буровым органом расположен крутящийся анкерный полук, с которого с помощью двух мощных гидравлических буровых лафетов осуществляется системное анкерование и полная затяжка стен ствола сеткой.

4. Постоянное крепление – с многоэтажного рабочего полка, подвешенного на канатах полковых лебедок на высоте 15...20 м над буровой машиной. В полку интегрированы либо переставная опалубка для монолитного бетона, либо робот-манипулятор, наносящий набрызг-бетон на временную крепь из сетки с анкерами.

5. Высота машины (без полка) составляет около 17 м, вес - около 350 т.

6. Темпы (заявленные) – 15...20 м/сутки в 3-м этапе (расширение передовой скважины до диаметра ствола).

Применение – достоверных сведений не имеется.



Рис.2. - Проходка ствола комплексом SBE по передовой скважине.

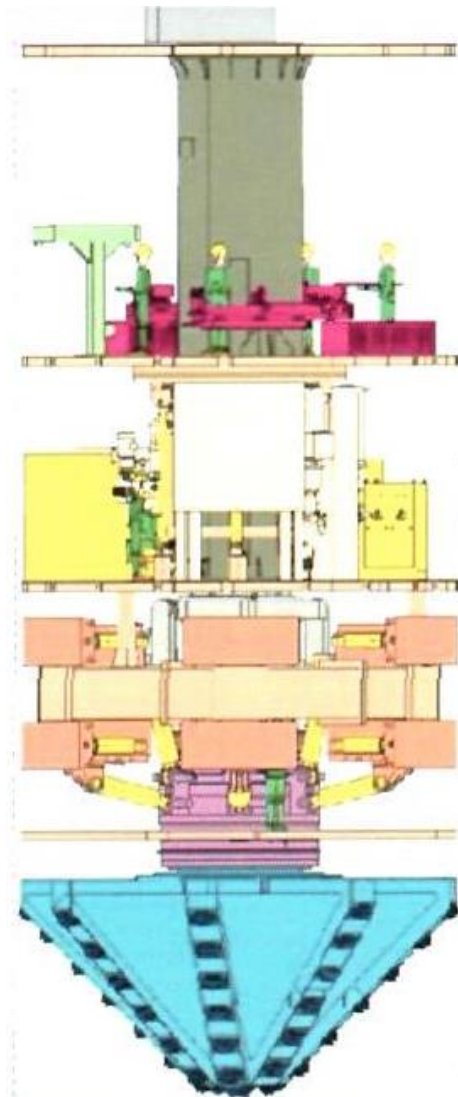


Рис. 3. - Общий вид бурового стволотехнологического комплекса SBE.

Пб. SBC. В дальнейшем компания «Херренкнехт» применила основные технические решения комбайна SBE для разработки комбайна по проходке тупиковых стволов. Так родилась конструкция комплекса SBC (рис.4), который предназначен для сооружения стволов диаметром вчере 11,3м по крепким породам.

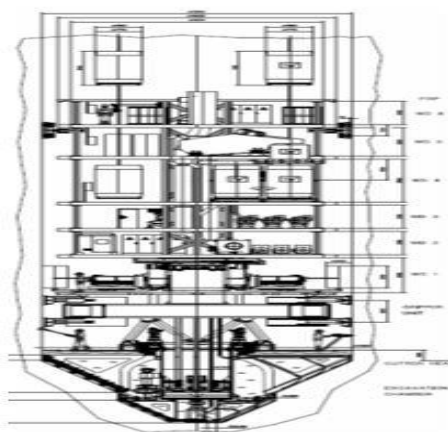


Рис.4. - Общий вид комбайна SBC.

Технология работ SBC:

1. Разрушение пород - буровым органом роторного типа с резцами или дисками.
 2. Уборка породы - гидротранспорт (подробная схема разработчиком не освещена).
 3. Крепление стен - с верхнего этажа бурение шпуров, установка анкеров, сетки, при необходимости - набрызг-бетон.
 4. Высота комб. - 35м, вес - 500 т.
 5. Темпы (заявленные) - 6 м/сут.
- Применение - нет информации.

Пв. VSM. Объединив преимущества механического разрушения грунтов и крепления вертикальных выработок по методу опускной крепи, компания «Херренкнехт» создала комбайн VSM (рис.5) [3]. Он предназначен для сооружения стволов диаметром от 4,5 до 12м глубиной до 100м в мягких и устойчивых грунтах крепостью до $f=8$.

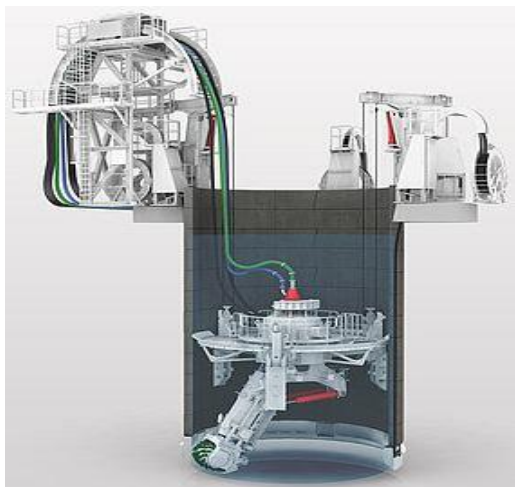


Рис.5. - Общий вид комплекса VSM.

трения между наружными стенами ствола и породой при погружении уменьшаются путём подачи тиксотропного глинистого раствора за крепь.

4. Темпы – до 5 м/сут.

Применение – более 10 стволов, в том числе 3 – в России.

Пг. SBR. Применяв исполнительный орган комбайна VSM для более крепких пород, компания «Херренкнехт» разработала и предложила на рынок новый комбайн – SBR, предназначенный для проходки стволов диаметром от 8 до 12 м по замороженным и лишенным водопритока породам крепостью до $f=8$ (рис.6,7) [3].



Рис.6. - Общий вид SBR.



Рис.7. - Фотография исполнительного органа SBR.

Технология работ SBR:

1. Разрушение пород – осуществляется специальной стрелой с вращающейся барабанной фрезой. Стрела является выдвижной и позволяет осуществлять разработку забоя ствола по всему поперечному сечению послойно по 200мм и за 5 проходов обеспечить подвигание забоя на 1м за один технологический цикл.

2. Уборка породы – разработанная порода удаляется из забоя ствола в бункер комбайна посредством пневматической системы, из бункера грузится в бадьи и выдаётся на поверхность.

3. Крепление стен – осуществляется с рабочих полков комбайна посредством торкретбетона (анкера, сетка и слой набрызг-бетона).

4. Темпы (достигнутые) – 2...4 м/сут.

Применение – 2 ствола глубиной 1000м по замороженным породам для калийного рудника в провинции Саскачеван (Канада).

Ид. SBM. Совместно с горнодобывающей компанией "Рио Тинто" инженеры компании "Херренкнехт" разработали стволопроходческий комплекс SBM (рис.8) [3], который может проходить стволы диаметром до 12 м в устойчивых необводненных породах на глубину до 2000 м. Главным отличием данной разработки от предыдущих комбайнов стал повернутый на 90° исполнительный орган, что обеспечило вертикальную транспортировку разработанной породы из забоя ствола вверх на пункт перегрузки в комбайне для последующей выдачи бадьями на-гора.

Технология работ SBM:

1. Разрушение пород – производится в два последовательных этапа. Во время первого этапа рабочий орган проникает в породный массив как циркулярная пила, создавая таким образом вруб глубиной 1,5 метра. Во время второго этапа он вращается вокруг вертикальной оси машины, чтобы обработать полный контур забоя ствола.

2. Уборка породы – рабочий орган не только разрыхляет породу, но также служит лопастным колесом, которое транспортирует разрушенную породу в центр через встроенные каналы. Там материал переносится на вертикальный ленточный транспортер, который перемещает его в породный бункер комбайна для выдачи из ствола бадьями.

3. Крепление стен – как и в комбайне SBR осуществляется с рабочих полков посредством торкретбетона (анкера, сетка и слой набрызг-бетона).

4. Темпы – информация отсутствует.

Применение – информация отсутствует.

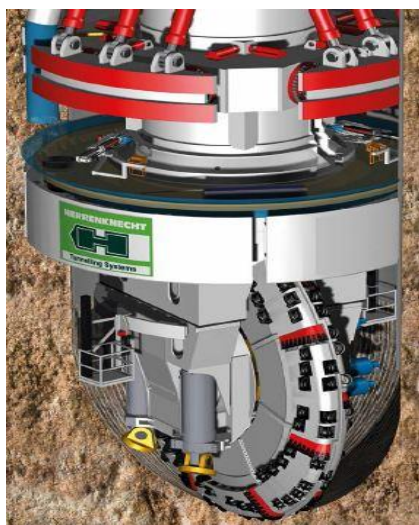


Рис.8. - Исполнительный орган комбайна SBM.

III. АСП-8. Российские инженеры не остались в стороне от внедрения комбайновой технологии в сегодняшнюю практику сооружения стволов. В 2011-2012 гг. специалисты ЗАО «Объединённая горно-строительная компания» (г.Москва) и ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (г.Тула) разработали и изготовили опытный образец стволопроходческого агрегата АСП-8, который затем лёг в основу конструкции комбайна СПКВ-7,0 (8,0) (рис.9) [4,5]. Данный комбайн предназначен для проходки стволов диаметром 7 (8) м в необводнённых породах с коэффициентом крепости до $f=12$, а также в слабообводненных породах с применением спецспособов по стабилизации водопритока. Эксплуатация комбайна требует наличия над ним типового проходческого полка. Сам стволопроходческий агрегат не имеет подвески на

канатах, может работать в автономном режиме, опираясь домкратами на забой ствола.

Технология работ АСП-8:

1. Разрушение пород – производится шнековой фрезой, посаженной на телескопическую штангу с рукоятью. Во время разработки забоя заходками по 1,5м незакреплённый участок ствола высотой 7 м защищён от падения отслоившейся породы временной крепью в виде распорной щитовой оболочки.

2. Уборка породы – осуществляется в два этапа: погрузка породы грейферным погрузчиком в промежуточный бункер-накопитель с дальнейшей её перегрузкой и выдачей на поверхность типовыми бадьевыми подъёмами.

3. Крепление стен – чугунами тубингами непосредственно с платформы агрегата при помощи гидравлического тубингоукладчика или монолитным бетоном при помощи опалубки, расположенной над агрегатом.

4. Вес – 300 т.

5. Темпы технические (фактически достигнутые) – 120 (60) м/мес.

Применение – 2 ствола для Усольского калийного комбината (Россия).

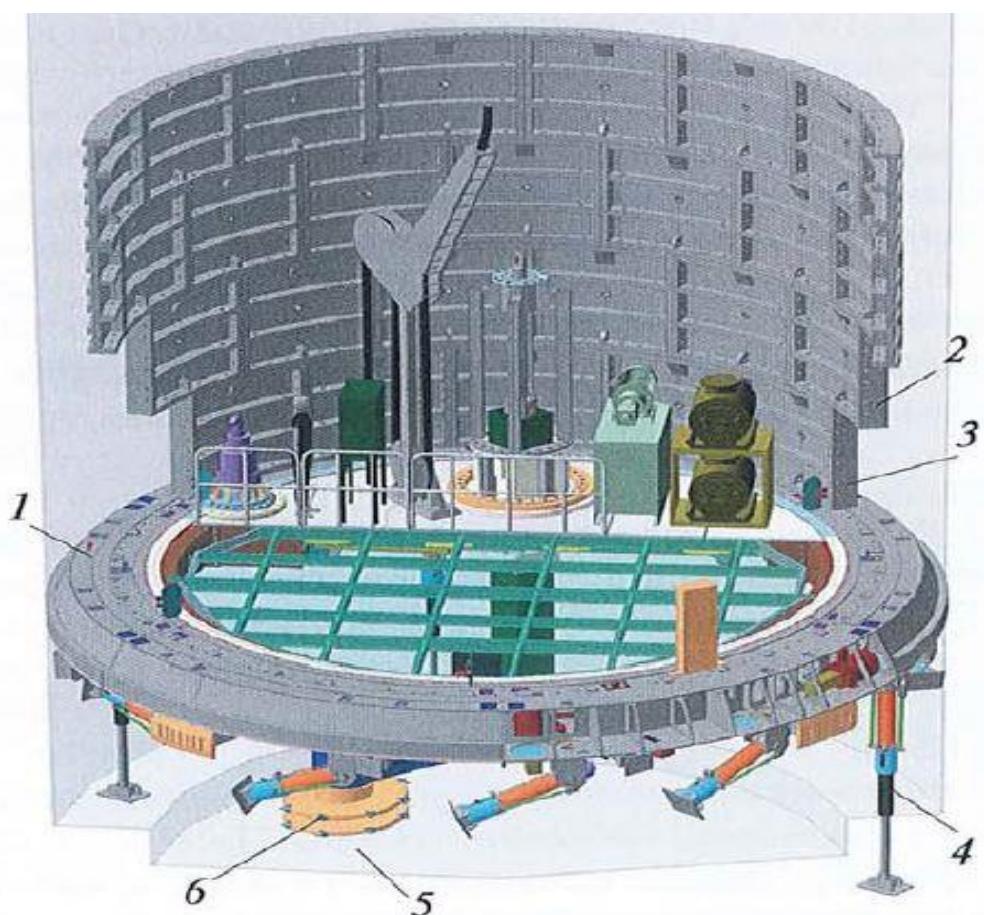


Рис.9. - Общий вид стволопроходческого агрегата АСП-8,0: 1 – платформа; 2 - тубинговая колонна; 3 – тубинговое кольцо; 4 – гидродомкрат; 5 – забой ствола; 6 – телескопическая штанга с рукоятью и шнековой фрезой.

Выводы:

1. Применение комбайновой технологии проходки вертикальных стволов на современном этапе доказывает её преимущества перед буровзрывной.

2. Широкое внедрение комбайнов в стволопроходческую практику ограничено их высокой стоимостью и узкой областью применения: устойчивые необводнённые породы малой и средней крепости.

Библиографический список:

1. Гузеев А.Г. Технология строительства горных предприятий / А. Г. Гузеев, А. Г. Гудзь, А. К. Пономаренко. - Киев.: Вища школа, 1986. – 392 с.
2. Дорн Э. Механизированное бурение шахтных стволов / Э. Дорн, Х. Каль, Р. Макош, Н. Хандке // Буклет на правах рекламы. – 7с.
3. Ресурс интернета: <https://www.herrenknecht.com/ru/produkcija/osnovnaja-produkcija/poleznye-iskopaemye/>
4. Ресурс интернета: <http://www.soeztula.ru/5/570/>
5. Загвоздкин И.В. Механизированный способ проходки вертикальных шахтных стволов на месторождениях калийных солей / И. В. Загвоздкин, А. В. Чагинов, А. Н. Кузичкин, С. А. Кисиличин // Безопасность труда в промышленности. - №8. – 2013. – С.40-41.

Аннотация: дан анализ применения комбайнов различных конструкций и разных производителей для проходки вертикальных стволов шахт и рудников на современном этапе (2000 – 2017 гг.).

Ключевые слова: ствол, комбайн, забой, домкрат, бадья, бункер, разрушение, транспорт, крепление, анкера, сетка, набрызг-бетон, тьюбинг.