

## Обоснование компоновки автоматизированного комплекса для сооружения дегазационных скважин с поверхности

*Б. Б. Данилов<sup>1</sup>, Д. О. Чещин<sup>1\*</sup>, В. В. Плохих<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: dimixch@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается технология сооружения скважин для дегазации угольных пластов. Представлены наиболее применяемые буровые установки на отечественных предприятиях. Согласно их возможностям проанализированы методы бурения скважины и соответствующие породоразрушающие инструменты. Описан наиболее применяемый способ обсадки дегазационной скважины, выявлены его основные недостатки. Показано, что устранить эти недостатки способно создание предлагаемого автоматизированного комплекса с новым классом адаптивных ударных машин. Представлена его принципиальная схема и определены основные технологические и научные задачи для создания такого комплекса.

**Ключевые слова:** роботизация, автоматизация, буровые комплексы, адаптивные технологии, пневмоударник, дегазация, скважина, бурение

## Justification of the layout of the automated complex for the construction of degassing wells from the surface

*B. B. Danilov<sup>1</sup>, D. O. Cheshchin<sup>1\*</sup>, V. V. Plokhikh<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Institute of Mining N. A. Chinakala SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: dimixch@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the technology of well construction for degassing coal seams. The most used drilling rigs at domestic enterprises are presented. According to their capabilities, well drilling methods and corresponding rock cutting tools are analyzed. The most used method of casing a degassing well is described, its main disadvantages are identified. It is shown that the creation of the proposed automated complex with a new class of adaptive impact machines can eliminate these shortcomings. Its schematic diagram is presented and the main technological and scientific tasks for creating such a complex are determined.

**Keywords:** robotization, automation, drilling complexes, adaptive technologies, pneumatic hammer, degassing, well, drilling

### *Введение*

Эффективным и технологичным способом извлечения метана в широком диапазоне горно-геологических условий является применение вертикальных скважин, пробурённых в массиве горных пород с поверхности. Он обеспечивает извлечение метана из всех источников (сближенные пласты, газоносные породы и выработанные пространства), и позволяет разграничить в пространстве работы по добыче угля и дегазации очистных забоев угольных шахт [1]. Применение такого способа дегазации обеспечивает повышение взрывобезопасности угольных шахт, снижению простоев и как следствие снижению затрат на добычу угля.

## *Методы и материалы*

Для сооружения дегазационных скважин с поверхности наиболее востребованными являются самоходные буровые установки с возможностью бурения скважин от 500 метров. Импортный рынок представлен компаниями (моделями) Atlas Copco (RD10+), Sandvik (DE-880), Prakla (RB-50).

Так, например, для бурения дегазационных скважин в АО «СУЭК-Кузбасс» используются современные самоходные буровые установки Sandvik DE-880 (Швеция) и Prakla RB-50 (Германия) (рис.1) [2,3]. Они обеспечивают высокопроизводительное бурение скважин на глубину до 600 метров с конечным диаметром скважины до 219 мм [4,5].



Рис. 1. Буровая установка Prakla RB-50 и Sandvik DE-880

Отечественный рынок подобного оборудования представлен установками УРБ-40, УРБ-210, УРБ-10-2Ш "Буран" (рис. 2).



Рис. 2. УРБ-40, УРБ-210, УРБ-10-2Ш "Буран"

Глубина бурения данных установок до 1500м, 800м, 500м, а максимальный диаметр бурения 660 мм, 1000мм, 800мм соответственно [6].

Буровые установки серии УРБ предназначены для бурения и ремонта скважин промышленного водоснабжения, а также для сооружения скважин технического назначения, в том числе - дегазационных, вентиляционных, водопонижающих скважин и скважин для прокладки коммуникаций в подземные горные выработки, скважин для гидродобычи и подземного выщелачивания. Установки позволяют применять следующие технологии бурения: вращательное бескерновое с промывкой; ударно-вращательное; ударно-вращательное бескерновое с обратной продувкой по технологии РС; вращательное с обратной промывкой (ЭРЛИФТ).

Представленные установки в полной мере обеспечивают проходку скважин шарошечным и пневмоударным методами бурения. Эксплуатационная гибкость машин имеет важное значение при проходке дегазационных скважин в условиях слоистых и перемежающихся пород различной твердости. На рис.3 представлены варианты породоразрушающего инструмента буровой установки для прохождения вскрышных и коренных горных пород [7].



Рис. 3. Породоразрушающий инструмент: шарошечный, PDC долото, пневмоударный

Анализ серийно выпускаемых и преимущественно применяемых установок для бурения скважин показывает, что основная их часть применяется для вращательного способа бурения шарошечным или PDC долотом. В частности это касается вскрышных пород.

Однако вращательный способ бурения имеет ряд недостатков, в частности большой расход промывочной жидкости, повышенное осевое усилие, а также постоянное винтовое отклонение скважины, вследствие однонаправленного вращения колонны. Величина осевого усилия должна меняться в процессе бурения в зависимости от характера проходимых пород и других причин. Контроль за осевым давлением осуществляется с помощью гидравлических индикаторов веса. Расход воды для промывки скважин при бурении шарошечными долотами составляет примерно 300...350 л/мин. Во избежание характерных для вращательного бурения искривлений скважин ведут наблюдение за процессом бурения с помощью специального прибора, определяющего угол и азимут искривления.

Стоит отметить, что ударно-вращательный способ бурения погружными пневмоударниками, при проходке коренных пород, является основным, по-

сколькo как минимум 90% протяженности скважины выполняется именно таким способом. Пневмударное бурение обеспечивает высокую скорость проходки, точность и технико-экономическую эффективность при сооружении глубоких дегазационных скважин в сравнении с альтернативными вариантами проходки крепких пород.

Параметры скважин и конструкция обсадной колонны выбираются в зависимости от конкретных горногеологических условий в соответствии с РД–15-09-2006 [8].

Бурение производится в несколько этапов в соответствии с количеством обсадных труб (рис.4) [9]. Каждая ступень включает три операции: бурение скважины, ее обсадка и бетонирование затрубного пространства на заданную высоту. Протяжённость и переход на меньший диаметр скважины каждой ступени определяется по результатам геологоразведки. Как правило, переход на меньший диаметр выполняется после прохождения слоя осадочных горных пород или отрабатанного пласта.

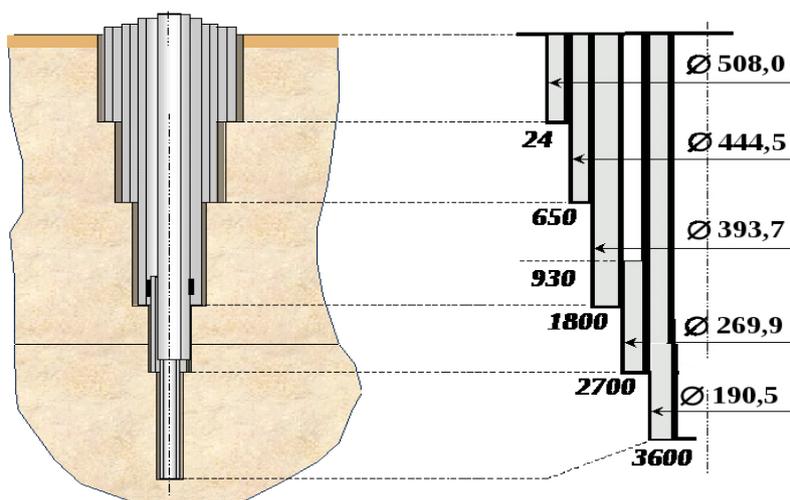


Рис. 4. Телескопическая конструкция скважины

Телескопическая ступенчатая конструкция скважины обусловлена опасностью заклинивания обсадной трубы при ее монтаже в пробуренное отверстие после подъема бурового инструмента. Тем не менее полностью избежать аварийных ситуаций не удастся. Наиболее часто проблемы при бурении слоя осадочных пород шарошечным долотом возникают в следующих случаях:

1. Пересечение водоносных горизонтов, при котором происходит потеря бурового раствора и, как следствие, требуются дополнительные расходы на его восполнение, а также затраты времени на затирание глиной зоны поглощения раствора с помощью возвратно-поступательных перемещений шарошечного долота и центриатора в проблемном интервале.

2. При бурении через слабо уплотнённые песчано-галечные прослойки резко увеличивается вероятность обрушения стенок скважины, которое может

привести как к заклиниванию бурового инструмента в скважине, так и ситуации, в которой невозможно опустить под собственным весом обсадную трубу на проектную глубину. Кроме того, крупные твердые включения в состоянии отклонить ось бурения скважины от проектной.

Несмотря на то, что, мощность толщи осадочных пород обычно не превышает 10% от общей глубины бурения, качество проходки вскрышной толщи во многом определяет конечный результат. Недообсадка или значительное отклонение от вертикали на начальном этапе сооружения скважины неизбежно ведет к ее потере.

Телескопическая ступенчатая конструкция скважины (рис.5) имеет ряд существенных недостатков с которыми неизбежно сталкиваются промысловые организации. Прежде всего это повышенная металлоемкость процесса, вследствие большого количества труб разного диаметра, используемых при организации одной скважины. Увеличение буровых работ, связанных с необходимостью бурения скважин заведомо большего диаметра. Большое количество бетонной смеси закладываемой в межтрубное пространство. И как итог – повышенная трудоемкость процесса.

Устранить или во многом снизить влияние описанных недостатков способно создание бурового автоматизированного комплекса на основе пневмоударных машин. На рис.5 представлена классическая схема бурения скважины "телескопом" с последующей обсадкой (слева) и принципиальная схема предлагаемого комплекса для бурения пневмоударником с одновременной обсадкой (справа).

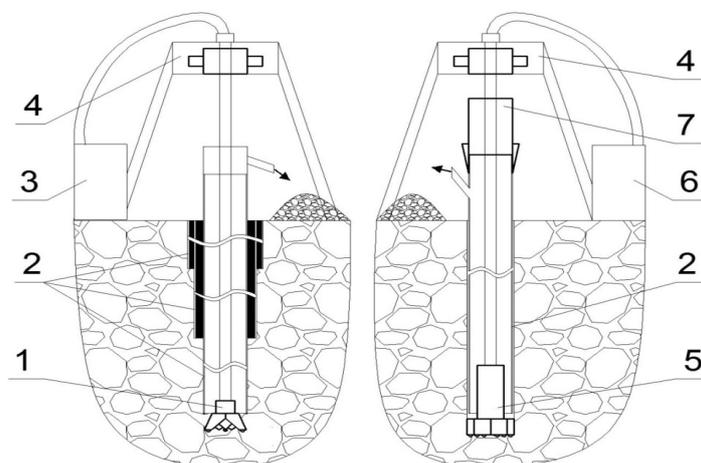


Рис. 5. Принципиальные схемы сооружения скважин

1 – шарошечное долото; 2 – обсадные трубы; 3 – насосная станция; 4 – станок вращательного бурения; 5 – пневмоударник; 6 – компрессор; 7 – пневмомолот.

Идея заключается в бурении скважины ударно-вращательным способом с помощью пневмоударника 5 с одновременной обсадкой трубой 2. Для организации скважины диаметром соответствующей диаметру обсадной трубы коронка пневмоударника имеет раздвижные породоразрушающие сегменты. Устранение

заклинивания трубы в скважине достигается путем установки пневмомолота 7, обеспечивающий ударный импульс для продольного перемещения трубы.

Ожидается, что подобное решение позволит уйти от телескопической конструкции скважины, либо снизить ее ступени до минимального значения. Тем самым уменьшая финансовые затраты на металл, бетонный раствор и соответственно трудозатраты.

### *Обсуждение*

К основным преимуществам бурения с одновременной обсадкой можно отнести: бурение в сложных горно-геологических условиях (пески, валунно-галечные отложения), вертикальность ствола скважины, экономия времени на спуск обсадной колонны, высокие скорости бурения [10].

Вопросом раздвижных рабочих инструментов занимался ряд исследователей, в том числе и в ИГД СО РАН [10-12]. Наиболее распространенные в отечественной практике системы бурения с одновременной обсадкой показаны на рис.6. Это долота с раздвижными породоразрушающими сегментами, а также со специальным забурником, установленным в одном корпусе с оригинальным эксцентриковым механизмом [13].



Рис. 6. Долота для бурения с одновременной обсадкой

Принцип действия долота заключается в увеличении диаметра бурения забурника расширителями одновременно с первичным бурением скважины. Эти расширители в зависимости от типа обсадной системы могут быть симметричными либо эксцентричными.

В рабочем положении расширитель разбуривает скважину до требуемого диаметра для обсадной трубы, спускающейся в скважину под действием собственного веса и от ударов пневмомолота. После окончания бурения одним поворотом бурового става в противоположном направлении расширитель складывается в транспортное положение, и через обсаженную трубу буровой снаряд поднимается на поверхность.

Исходя из схемы предлагаемого решения (рис.5), логично предположить, что ударные машины для разрушения массива и для погружения обсадной трубы должны обеспечивать синхронное перемещение бурового става и трубы. Для этого ударные машины должны быть способны изменять свои характеристики в зависимости от внешних условий. В последнее время в ИГД СО РАН ведутся

работы над созданием подобной адаптивной техники и достигнуты некоторые положительные результаты [14,15].

### *Заключение*

Таким образом, для создания автоматизированного бурового комплекса, предстоит решить ряд важных задач:

1. Синхронизация ударных механизмов (при проходке и обсадке). Пневмоударник и пневмомолот должны обеспечивать синхронное перемещение бурового става и обсадной трубы, для исключения поджатия долота трубой или чрезмерного его выбега.

2. Адаптивный режим работы ударных механизмов. Конструкция ударных механизмов должна обеспечивать варьирование динамических параметров в зависимости от внешних условий.

3. Позиционирование. Конструкция буровой установки должна обеспечивать требуемый угол забуривания. Комплекс должен обеспечивать передачу данных о зенитном угле и азимуте пневмоударника;

4. Изменение траектории (стабилизация, отклонение). Конструкция пневмоударника должна обеспечить стабилизацию своего движения или корректировку направления при отклонении пневмоударника в силу внешних условий.

5. Применение высокого давления энергоносителя. Для обеспечения качественной очистки скважины, ввиду большой глубины, ударный узел пневмоударника должен работать на повешенном давлении.

Имеющийся большой исторический опыт и наработки сотрудников ИГД СО РАН позволяют предположить, что решение представленных разноплановых задач, позволит создать новый, энергоэффективный автоматизированный комплекс, востребованный при дегазации угольных пластов и получить ряд новых научных знаний, позволяющих перейти на новую ступень развития горного машиностроения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курта, И.В. Методы и схемы дегазации угольных пластов [Текст] : метод. указания / И. В. Курта. – Ухта : УГТУ, 2015. – 35 с.

2. Предприятие компании СУЭК-Кузбасс для дегазационных работ получило новые буровые установки «PRAKLA RB-50» Пресс-центр СУЭК от 11 Июля 2018. [Электронный ресурс] Режим доступа:

<https://www.suek.ru/media/news/predpriyatie-kompanii-suek-kuzbass-dlya-degazatsionnykh-rabot-poluchilo-novye-burovye-ustanovki-prak/>

3. Буровые установки Sandvik DE-880 - впервые в России. Официальный сайт издательского дома «Руда и Металлы» от 06.08.2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rudmet.com/news/2397/>

4. Sandvik DE880 multi-purpose surface drill. Technical specification. Рекламный проспект. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://irp.cdn-website.com/54b6d875/files/uploaded/SANDVIK%20DE880%20MULTI-PURPOSE%20SURFACE%20DRILL.pdf>

5. Ассортимент продукции Product Range. Рекламный проспект. Официальный сайт PRAKLA Bohrtechnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prakla-bohrtech->

nik.de/export/shared/documents/pdf/bma/prakla/downloads/PRAKLA\_Product\_Range\_RU-EN\_905\_782\_6\_2.pdf

6. Буровые установки. Официальный сайт ООО «Геомаш-Центр». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.geomash.ru/catalog/drilling\\_equipment/](https://www.geomash.ru/catalog/drilling_equipment/)

7. Волик Д.А. Буровые породаразрушающие инструменты: Учеб. пособие для вузов. - М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. – 94 с.

8. РД 15-09-2006. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт / Колл. авт. – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2007. – Сер. 05. – Вып. 14. – 256 с.

9. Вакула Я.В. Нефтегазовые технологии: Учебное пособие для вузов. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2006. – 168 с.

10. Atlas Copco, геотехническое бурение и разработка. Бурение с одновременным обсаживанием скважины. Марста, Швеция, сентябрь 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://atlas-co.ru/files/pdf/core\\_drilling/6991%201743%2013\\_L.pdf](https://atlas-co.ru/files/pdf/core_drilling/6991%201743%2013_L.pdf)

11. Алексеев С.Е., Черниенков Е.М. Бурение скважин с одновременной обсадкой // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. Т.2. №3. – С. 107-114.

12. Репин А. А., Алексеев С. Е., Кокоулин Д. И., Карпов В. Н. Бурение скважин с обсадкой // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2016. — № 3. — С. 536 – 540.

13. Шахторин И.О. Анализ конструкций долот для бурения скважин с одновременной обсадкой // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. Т.6. – С. 329-333.

14. Плохих В. В., Данилов Б. Б., Чецин Д. О., Кордубайло А. О. Обоснование принципиальной схемы и исследование рабочего цикла пневмоударной машины с изменяемой структурой ударной мощности // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Том 8. – № 1. – 2021. – С.315-320

15. Плохих В. В., Данилов Б. Б., Чецин Д. О. Обоснование принципиальной схемы и анализ динамики рабочего цикла гидравлического ударного механизма объемного типа // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Том 7. – № 2. – 2020. – С.157-162

© Б. Б. Данилов, Д. О. Чецин, В. В. Плохих, 2022