

# РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.035.4

А.А. Горелкин

ОАО „ДХК Спецшахтобурение“, г. Донецк, Украина,  
e-mail: proton0609@gmail.com

## АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

А.А. Gorelkin

“Spetsshakhtobureniye” Co., Ltd., Donetsk, Ukraine,  
e-mail: proton0609@gmail.com

## ANALYSIS OF CAUSES OF THE ACCIDENTS OCCURRING IN PROCESS OF DRILLING OF BIG DIAMETER VERTICAL WELLS

**Цель.** Установление закономерностей отклонения в процессе бурения оси вертикальных стволов и скважин большого диаметра, проходимых в слоистых разнопрочных породах, и разработка способа сохранения их вертикальности. Исследования, связанные с совершенствованием технологии бурения вертикальных стволов и скважин большого диаметра, являются актуальными, поскольку в процессе выбуривания возникают нештатные ситуации, которые вызваны горнотехническими и горно-геологическими факторами.

Нештатные ситуации по масштабным проявлениям условно разделяют на аварии и осложнения. К авариям относят нештатные ситуации, которые связаны с длительной остановкой процесса бурения.

**Методика.** Анализ причин нештатных ситуаций направлен на выявление тех, которые оказывают наиболее существенное влияние как на скорость проходки, так и на технико-экономические показатели работы производственных участков.

**Результаты.** Выполненный анализ различных нештатных ситуаций, произошедших на 500 производственных объектах ОАО „Спецшахтобурение“, позволил проследить степень влияния затрат, связанных с их ликвидацией, на уровень рентабельности производства и разработать критерий оценки уровня нештатной ситуации.

**Научная новизна.** Используя предложенный критерий – индекс нештатной ситуации, можно оценить степень влияния затрат, связанных с ее ликвидацией, на технологический процесс в целом и на технико-экономические показатели производственного участка.

**Практическая значимость.** Выполненный анализ показал, что значительная часть нештатных ситуаций, возникающих в процессе бурения вертикальных стволов шахт и скважин большого диаметра, может быть упреждена путем соблюдения технической и технологической дисциплины, и также показал, что наибольшее внимание должно быть уделено исследованию механизма взаимодействия долота с забоем при пересечении им разнопрочных пород с учетом разработки технических средств, обеспечивающих вертикальность сооружаемых выработок.

**Ключевые слова:** процесс бурения, вертикальные скважины, аварии при бурении, буровзрывные работы, выбуривание, нештатные ситуации, критерий оценки

**Введение.** При разработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах основными выработками, обеспечивающими доступ к пластам (залежам), их проветривание и транспортные потоки, являются вертикальные стволы и скважины большого диаметра. Известны две основные технологии их сооружения: с помощью буровзрывных работ и выбуриванием [1, 2]. Технология бурения вертикальных стволов является, вне всякого сомнения, более перспективной, хотя бы по той причине, что она не требует присутствия человека в забое и может быть автоматизирована. В этой связи исследования, связанные с совершенствованием технологии бурения вертикальных стволов и скважин большого диаметра, являются актуальными.

В процессе бурения стволов и скважин большого диаметра возникают нештатные ситуации, вызываемые горнотехническими и горно-геологическими факторами. По масштабам проявления их достаточно условно разделяют на аварии и осложнения (рисунок).

Обычно к авариям относят нештатные ситуации, связанные с длительной остановкой процесса бурения. Анализ нештатных ситуаций, выполненный в направлении частоты их появлений, длительности времени ликвидации их последствий, позволяет выявить те из них, которые оказывают наиболее существенное влияние как на скорость проходки, так и на технико-экономические показатели работы производственных участков в целом.

**Основная часть.** Основные виды аварий происходят вследствие влияния горнотехнических и горно-геологических факторов.



Рис. Нештатные ситуации при бурении вертикальных стволов и скважин большого диаметра

*А. Горнотехнические факторы:*

- разрушение буровой колонны (обрыв по телу трубы);
- разрушение или развинчивание болтов фланцевых соединений буровых труб;
- отсоединение элементов бура на фланцевых соединениях буровых труб;
- обрыв породоразрушающего инструмента (шарошек) из-за разрушения или развинчивания крепежных болтов.

*Б. Горно-геологические факторы:*

- обрыв инструмента при попадании его в каверну в процессе спуска или подъема, а также в процессе проработок и бурения;
- прихват бура при обрушении стенок скважины, из-за чего порода расклинивается между стенками ствола и боковой поверхностью бура, а также, если суммарный вес всего бурового снаряда и обрушившейся породы превышает грузоподъемность буровой установки;
- обрыв инструмента при обрушении стенок скважин в процессе бурения, когда порода расклинивается между стенками ствола и боковой поверхностью бура и резко возрастает крутящий момент ротора с малыми временными промежутками;
- обрушение устья и проседание дневной поверхности в зоне сооружения ствола или скважины большого диаметра.

При соблюдении технологической дисциплины и Проекта производства работ (ППР), своевременном контроле качества оборудования, соответствующей квалификации у ИТР и рабочих аварии по пункту А практически исключены.

К наиболее частым осложнениям в процессе бурения стволов и скважин большого диаметра относятся, прежде всего, отклонения оси выработки от вертикали.

*А. Горно-технические факторы:*

- неправильный монтаж бурового оборудования (несоосность кронблока, ротора и устья);
- неточность изготовления и плохое качество бурового инструмента, в т.ч. деформированные буровые трубы;
- несоответствие породоразрушающего инструмента крепости выбуриваемых пород;
- неправильный выбор формы долота;
- бурение без стабилизаторов или при недостаточном их количестве;
- недостаточное расстояние между долотом и стабилизатором;
- большой износ вооружения шарошек или его залипание (зуба, диска, твердосплавных вставок и т.п.);
- несоблюдение режимов бурения: осевая нагрузка, число оборотов ротора, количество промывной жидкости и т.п.

*Б. Горно-геологические факторы:*

- частое чередование различных по крепости наклонно залегающих пластов породы, при переходе из мягких пород в крепкие, при недостаточном удельном давлении на забой агрегата, в т.ч. и долота, будут перемещаться в направлении падения пласта, а при переходе из твердых в мягкие, наоборот, по восстанию пласта;
- тектонические нарушения (пустоты, сбросы, надвиги и др.);
- наличие включений твердых пород при бурении в пльвунах, песках, глинах.

При соблюдении технической дисциплины и ППР, контроля качества оборудования, соответствующей квалификации ИТР и рабочих влияние горно-технических факторов на отклонение оси скважины от вертикали практически исключено. Оперативный контроль искривления оси скважины выполняется через каждые 6 м, через каждые 100 м проводятся каротажные работы. По результатам замеров принимается решение о дальнейшей проходке выработки или проработке ее стенок.

Для борьбы с искривлением по горно-геологическим факторам предусматривается технологическая проработка стенок выработки через каждые 6 м. Кроме того, может применяться так называемое фазное бурение, состоящее в том, что в начале пробуривается пилот-скважина меньшего диаметра с последующим её разбуриванием до проектного диаметра.

В случае, если вышеуказанные мероприятия не дают требуемого результата, для дополнительной проработки подбирается специальная компоновка бура (расположение и количество стабилизаторов, утяжелителей, форма долота, длина бура). Во многих случаях более эффективным является метод с применением специального устройства (рычажного отклонения). Скорость проработки стенок скважины в породах  $f = 5 - 7$  с применением рычажного отклонения в 2-3 раза выше, чем при проработке со специально подобранной компоновкой бура. Так при проработке суммарного интервала 210 м на ш. „Добровольская“ ГП „Добропольеуголь“, со специально подобранной компоновкой бура, общее время составило 2,5 месяца, а в аналогичных горно-геологических условиях на ш. „Россия“ (интервал 240 м) и на ш. „Украина“ ГП „Селидугуоль“ (интервал 190 м) общее время проработки составило 1,5 и 1 месяц соответственно.

К осложнениям при бурении вертикальных выработок относят также такие явления, как обрушение стенок скважины и поглощения промывочной жидкости.

Обрушение стенок скважины с последующим кавернообразованием обычно наблюдается в зонах неустойчивых горных пород и на контактах крепких пород с более мягкими, и, как правило, связано с несоответствующим подбором промывочной жидкости для данных горно-геологических условий, т.к. роль временной крепи в процессе бурения ствола выполняет буровой раствор. Кавернообразование влечет за собой увеличенный расход тампонажных смесей, что, в свою очередь, ведет к удорожанию и увеличению срока строительства объекта. Если правильно выбраны параметры (водоотдача, удельный вес, вязкость и т.п.) и рецептура приготовления промывочной жидкости, то такое явление как обрушение стенок выработки практически исключено.

При пересечении водоносных горизонтов, пластовое давление которых больше веса столба бурового раствора, часто возникает такое водопоявление как приток воды в скважину или поглощение промывочной жидкости. Поглощение промывочной жидкости частичное или полное (полное подразделяется на интенсивное и катастрофическое) наблюдается в стволах и скважинах большого диаметра при пересечении карстовых пустот, пород от слабо до сильно трещиноватых, в зонах тектонических нарушений, зонах влияния горных выработок, а также при попадании на горную выработку или несоблюдении правил при расчете барьерного целика.

Для предупреждения водопоявлений и поглощений промывочной жидкости необходимо при проектировании детально изучить горно-геологический разрез, основываясь на данных контрольно-

разведочной скважины, которая должна быть пробурена перед началом бурения основной скважины большого диаметра.

Чтобы избежать поглощения промывочной жидкости необходимо, закладывая скважину с учетом наличия барьерного целика, убедиться в том, что при бурении не будет пересекаться горная выработка и т.д.

При бурении в зонах с частичным поглощением необходимо в проекте работ предусматривать в этих зонах специально подобранные промывочные жидкости. При бурении постоянно необходимо контролировать расход бурового раствора. Для уменьшения поглощения необходимо предусматривать бурение заходками глубиной по 3-5 м

Для борьбы с поглощением применяется глина в сухом виде, которая непосредственно подается на забой, где с помощью вращающегося долота производится так называемое „затирание“. Также применяются тампонажные смеси на основе цемента и глины (гельцементные растворы) с ускорителями реакций.

В зонах с большими водопоглощениями применяется предварительный тампонаж (бурятся скважины малого диаметра, через которые под давлением нагнетаются тампонажные смеси, которые заполняют пустоты и трещины), также по той же методике применяется тампонаж из забоя (непосредственно из забоя ствола или скважины малого диаметра, через которые под давление нагнетаются тампонажные смеси).

В таблице приведены данные анализа различных нештатных ситуаций, произошедших на 500 производственных объектах ОАО „Спецшахтобурение“. Степень влияния затрат, связанных с их ликвидацией, на уровень рентабельности производства предлагается оценивать показателем  $\Delta$  (индекс нештатной ситуации), который определяется из следующего выражения

$$\Delta = \frac{P}{100 - T}$$

Здесь  $P$  – вероятность возникновения нештатной ситуации в проектах,  $T$  – часть времени, затрачиваемая на ликвидацию нештатной ситуации, в процентах от общего времени сооружения объекта. Как следует из таблицы, наибольшее значение показатель  $\Delta$  имеет для нештатных ситуаций, связанных с искривлением выбуриваемых скважин.

В этой связи исследование причин, связанных с соблюдением вертикальности скважин большого диаметра, приобретает характер достаточно сложной научно-технической задачи, решение которой позволяет улучшать технико-экономические показатели работы предприятия.

При этом основные исследования должны быть сосредоточены в направлении разработки технических средств, позволяющих управлять процессом направленного бурения в различных горно-геологических условиях, а также направлены на разработку и исследование геомеханических моделей взаимодействия режущего инструмента (долота) при пересечении разнопрочных пород, залегающих в пространстве под произвольным углом падения.

Вероятность возникновения и затраты времени при нештатных ситуациях во время бурения вертикальных выработок

Нештатные ситуации	Вероятность возникновения, %	Затраты времени на ликвидацию, мес.	Индекс нештатной ситуации, $\Delta, \frac{V}{100-T} = \Delta$
Авария	20	1–3	0,21
Искривление	90	6–12	1,0
Обрушение	30	1–2	0,30
Водопроявление и поглощение	10	1–3	0,11

**Выводы.**

1. Значительная часть нештатных ситуаций, возникающих в процессе бурения вертикальных стволов шахт и скважин большого диаметра, может быть упреждена путем соблюдения технической и технологической дисциплины исполнителей под надзором ИТР.

2. Предложенный показатель – индекс нештатной ситуации – позволяет оценить степень влияния затрат, связанных с ее ликвидацией, на технологический процесс в целом, на технико-экономические показатели производственного участка.

3. Анализ нештатных ситуаций произошедших на объектах строительства ОАО „Спецшахтобурение“, показал, что наибольшее внимание должно быть уделено исследованию механизма взаимодействия долота при пересечении им разнопрочных пород, залегающих в пространстве под различными углами, а также разработке технических средств, обеспечивающих вертикальность сооружаемых выработок.

**Список литературы / References**

1. Пилипещ В.І. Буріння стволів шахт та технічних свердловин: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Пилипещ В.І., Тулуб С.Б., Левит В.В. – Донецьк: Норд-Прес, 2009. – 559 с.

Pylypets, V.I., Tulub, S.B. and Levit, V.V. (2009), *Burinnia stvoliv shakht ta tekhnichnykh sverdlovyn* [Drilling of Mine Shafts and Technological Boreholes], Textbook, Nord-Press, Donetsk, Ukraine.

2. Горелкин А.А. О перспективах сооружения стволов и скважин большого диаметра. / Левит В.В., Турчин В.А., Горелкин А.А. // Уголь Украины. – август 2007. – С. 33–36.

Gorelkin, A.A., Levit, V.V. and Turchin, V.A. (2007), “About perspectives of constructing shafts and large-diameter boreholes”, *Ugol Ukrainy*, no.8, pp. 33–36.

**Мета.** Встановлення закономірностей відхилення осі вертикальних стовбурів і свердловин великого діаметра в процесі їх буріння при перетинанні шаруватих різноміцносних порід і розробці способу збереження їх вертикальності.

Дослідження, пов'язані з удосконаленням технології буріння вертикальних стовбурів і свердловин великого діаметру, є актуальними, оскільки в процесі вибурювання виникають нештатні ситуації, які викликані гірничотехнічними і гірничо-геологічними факторами.

Нештатні ситуації за масштабними проявами умовно поділяють на аварії та ускладнення. До аварій відносять нештатні ситуації, які пов'язані з тривалою зупинкою процесу буріння.

**Методика.** Аналіз причин нештатних ситуацій спрямований на виявлення тих, які надають найбільш істотний вплив як на швидкість проходки, так і на техніко-економічні показники роботи виробничих ділянок.

**Результати.** Виконаний аналіз різних нештатних ситуацій, що сталися на 500 виробничих об'єктах ВАТ „Спецшахтобуріння“, дозволив простежити ступінь впливу витрат, пов'язаних з їх ліквідацією, на рівень рентабельності виробництва та розробити критерій оцінки рівня нештатної ситуації.

**Наукова новизна.** Використовуючи запропонований критерій – індекс нештатної ситуації, можна оцінити ступінь впливу затрат, пов'язаних з її ліквідацією, на технологічний процес у цілому і на техніко-економічні показники виробничої ділянки.

**Практична значимість.** Виконаний аналіз показав, що значна частина позаштатних ситуацій, що виникають у процесі буріння вертикальних стовбурів шахт і свердловин великого діаметра, може бути попереджена шляхом дотримання технічної та технологічної дисципліни, і також показав, що найбільша увага повинна приділятися дослідженню механізму взаємодії долота з вибоєм при перетині ним різноміцносних порід з урахуванням розробки технічних засобів, що забезпечують вертикальність виробок, що споруджуються.

**Ключові слова:** процес буріння, вертикальні свердловини, аварії при бурінні, буровибухові роботи, вибурювання, нештатні ситуації, критерій оцінки

**Purpose.** To establish regularities of misalignment of vertical shafts and wells of large diameter in the process of drilling in layered rocks of different strengths and to find the ways of maintaining their verticality. Research work aiming the vertical shafts and large-diameter boreholes drilling technology improvement are topical because of contingency situations arising while drilling process through the mining and geological factors. The contingency are divided on accidents and troubles. Accidents are associated with prolonged stoppage of drilling process.

**Methodology.** The analysis of the contingency causes is to identify those of the most significant influence on the penetration as well as engineering-and-economic performance of production division.

**Findings.** The analysis of different contingencies occurred on the 500 production entities of “Spetsshakhtobremniye” Co., Ltd. has made it possible to estimate the degree of influence of costs spent on elimination of their aftermath on the level of production profitability and also to develop criteria for assessment of the level of contingency.

**Originality.** Implementation of the proposed criterion, Contingency Index, allows assessing the impact of costs associated with its elimination on technological process in general and the engineering-and-economic performance of production division.

**Practical value.** The fulfilled analysis showed that a significant number of contingencies occurred while drilling vertical shafts and large-diameter boreholes may be

prevented by maintaining technical and technological discipline. Also, the analysis showed that more attention should be paid to studying the mechanism of interaction between the straight bit and rocks with different strength properties taking into consideration development of technical means ensuring the verticality of constructed mine workings.

**Keywords:** *drilling process, vertical wells, accidents while drilling, drilling and blasting operations, drilling-out, contingencies, evaluation criterion*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Шахенком. Дата надходження рукопису 10.11.11.*

УДК 622.063.23

И.Г. Сахно, канд. техн. наук, доц.

Государственное высшее учебное заведение „Донецкий национальный технический университет“, г. Донецк, Украина, e-mail: sahno\_i@mail.ru

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПОМОЩЬЮ НЕВЗРЫВЧАТЫХ РАЗРУШАЮЩИХ СМЕСЕЙ

I.G. Sakhno, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

State Higher Educational Institution “Donetsk National Technical University”, Donetsk, Ukraine, e-mail: sahno\_i@mail.ru

## REHABILITATION OF OPERATING STATE OF A MINE WORKING BY MEANS OF NONEXPLOSIVE DESTRUCTIVE MIXTURES

**Цель.** Разработка и внедрение нового способа восстановления эксплуатационного состояния выработок, основанного на разрушении смещенных в полость ремонтируемой выработки пород с помощью невзрывчатых разрушающих смесей. Это позволит снизить трудоемкость, повысить безопасность работ и снизить интенсивность смещений пород в послеремонтный период.

**Методика.** В работе предложен новый способ ремонта выработок, позволяющий вести работы по перекреплению с разрушением пород без динамического воздействия на них, при минимальной доле ручного труда. На основании проведенных аналитических исследований с использованием решений классической теории упругости, а также теории разрушения Гриффитса-Ирвина в работе предложена методика расчета параметров способа.

**Результаты.** Проведена опытно-промышленная проверка предложенных технических решений в условиях шахт Донецко-Макеевского углепромышленного района и получен положительный результат по внедрениям. На основании проведенных шахтных экспериментов доказана возможность и целесообразность применения предложенного способа в условиях трещиноватых пород с прочностью в образце до 50 МПа. В результате натурных экспериментов выявлены недостатки, на устранение которых и будут направлены дальнейшие исследования.

**Научная новизна.** Впервые предложен способ ремонта горных выработок с присечкой боковых пород с помощью невзрывчатых разрушающих смесей и определены его параметры.

**Практическая значимость.** Использование предложенного способа восстановления эксплуатационного состояния горных выработок позволяет обеспечить разрушение пород любой прочности при исключении динамического воздействия на массив и уменьшении смещений пород в послеремонтный период.

**Ключевые слова:** *горная выработка, восстановление эксплуатационного состояния, разрушение горных пород, невзрывчатый разрушающий состав, саморасширение*

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.** Одной из наиболее актуальных задач угольной отрасли, наряду с наращиванием объемов добычи, традиционно остается обеспечение эксплуатационного

состояния горных выработок. К сожалению, реализация концепции безремонтного поддержания выработок на практике до сих пор не осуществлена, а ее воплощение требует необоснованно больших материальных затрат. Внедрение в последние годы на передовых угледобывающих предприятиях Украины современных, отвечающих мировому уровню, средств