

Л.М. Васильев, д.т.н.,  
В.С. Демченко, к.т.н.,  
С.В. Демченко, мл. научн. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ПРОБЛЕМЫ БУРЕНИЯ ВНУТРИПЛАСТОВЫХ УГОЛЬНЫХ СКВАЖИН НЕОБХОДИМОЙ ГЛУБИНЫ**

В праці викладені фактори, які впливають на результат буріння довгих свердловин. Розглянуті умови, при яких свердловина не виходить за межі вугільного пласта.

## **THE DRILLING OF INSIDE LAYER COAL BOVE-WELL AT NEEDED DEPTH**

In this article the influencing factors on outcome of long well-boring are stated. The conditions are considered that the bore-well doesn't out behind coal-bed edge.

При системах разработки, используемых на угольных шахтах, проводят большой объем подготовительных выработок и скважин различного назначения. Скважины служат для прокладки кабелей, воздухопроводов, спуска воды с одного горизонта на другой, дегазации пластов, нагнетания воды в угольный пласт с целью его предварительного увлажнения угольного пласта.

Значительный объем занимает бурение длинных скважин по пласту угля для его дегазации и увлажнения. Но возможность бурения таких скважин на необходимую глубину ограничена следующими основными факторами: выдержанность угла падения и мощность пласта, ошибка угла установки станка при забуривании, соотношение между крепостью угля и боковых пород.

Кроме этих факторов, отмечалось, что иногда в пластах встречаются включения, крепость которых часто составляет 6-12 единиц по шкале М.М. Протодяконова, т.е. в 5-10 раз крепче угля, что значительно снижает рентабельность бурения длинных скважин. Твердые включения резко повышают потери скважин, особенно длинных, вероятность пробуривания которых и так невысока [1]. Практика показывает, что пласты с включениями твердых пород (оолитовый железняк, колчедан, доломит), хаотично расположенных в массиве, являются непригодными для бурения длинных скважин.

Значительное влияние бурения длинных скважин оказывает мощность и изменчивость угла падения пласта по наклонной длине выемочного столба. Резкая изменчивость угла падения пласта делает невозможным бурение длинной скважины на необходимую глубину.

В маломощных пластах изменение угла его падения приводит, как правило, к попаданию резца в почву или кровлю и, вследствие этого, потерю скважины. В своей работе [1] Алейников А.А. и Буторин Ю.М. приводят результаты бурения скважин на шахте «Холодная балка» с указанием исхода бурения. В процессе этих работ ними установлено, что прекращение бурения в подавляющем большинстве случаев связано с уходом коронки в боковые породы. Наибольшая интенсивность потерь скважин наблюдается на участках

длиной 20-30м. Это обуславливается тем, что при малых длинах буровой инструмент имеет повышенную изгибную жесткость, и надежность получения скважины существенно зависит от угла установки вращателя станка при забуривании. В дальнейшем же вероятность выхода скважины в боковые породы практически не зависит от угловой ошибки при забуривании и определяется в основном степенью изменения горногеологических условий бурения. А.А. Алейников [2] так же приходит к выводу, что при бурении в мощных угольных пластах достаточно обеспечить прямолинейность скважины, в то же время, как в тонких угольных пластах необходимо добиться следования по гипсометрии и прямолинейности в плане пласта.

Рассмотрим теперь, в каком случае резец может “проскользнуть” вдоль контакта с породой и остаться в угольном пласте. Как видно на рис. 1, это возможно при условии равенства углов его отклонения и встречи с боковыми породами в точке А ( $\varphi \leq \theta$ ).

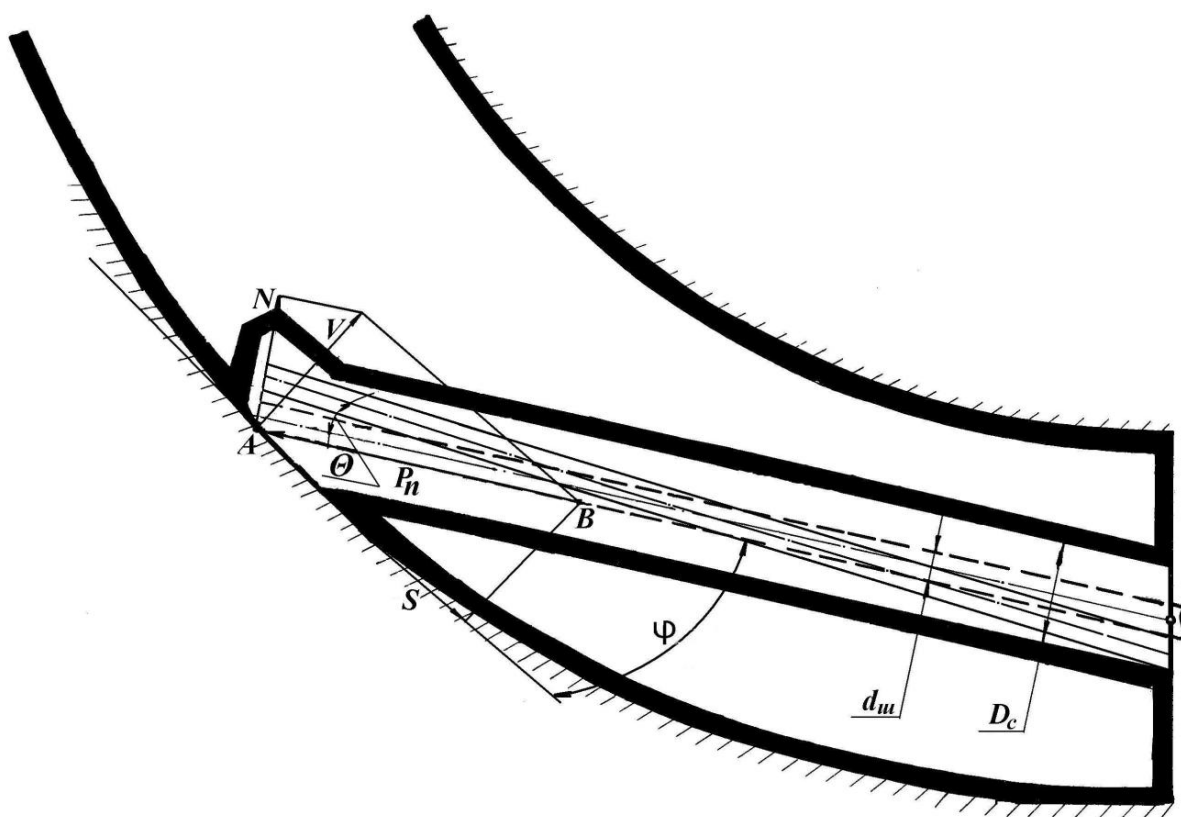


Рис. 1 – Схема встречи резца с вмещающими породами

Определим тогда углы отклонения коронки при различных углах встречи ее с кровлей или почвой ( $\varphi$ ). В этом случае найдем длину консоли (расстояние от буровой коронки до места изгиба) при отклонении инструмента на величину зазора ( $\delta$ ) между стенкой скважины и штангой

$$\delta = \frac{D_c - d_u}{2}, \text{ см,}$$

где  $D_c$  - диаметр скважины, см,  $D_c=4,5$  см;  $d_{ш}$  - диаметр штанги, см, для бурового станка 5Ж45-100Э  $d_{ш}=3,2$  см.

Из литературы [3] известно, что максимальная величина прогиба консольной балки определяется по формуле

$$y = \frac{Nl^3}{3EJ_z}, \text{ см}, \quad (1)$$

где  $y = \delta$ , см,

$$\delta = \frac{4,5 - 3,2}{2} = 0,65 \text{ см},$$

где  $E$  – модуль продольной упругости, кгс/см<sup>2</sup>, для стали  $E=2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>;  $J_z$  - момент инерции сечения штанги

$$J_z = \frac{\pi (d_{ш}^4 - d_в^4)}{64}, \text{ см}^4, \quad (2)$$

где  $d_в$  – внутренний диаметр штанги, см,  $d_в=2,2$  см;  $N$  – сила, действующая на конец консоли.

Значение силы  $N$  ограничивается двумя условиями: крепостью боковых пород и прочностью бурового става при изгибе. Наименьшее из них принимается за исходное для расчета.

Как видно из рис. 1, сила  $N$  формируется осевым усилием подачи  $P_n$  и реакцией боковых пород. Осевое усилие подачи  $P_n$  распадается на две составляющие  $S$  и  $V$ , где  $V = P_n \sin \varphi$ . Тогда определим силу, действующую на конец консоли

$$N = P_n \sin \varphi \cos \varphi = \frac{P_n \sin 2\varphi}{2}. \quad (3)$$

Подсчитаем (2):  $J_z = \frac{3,14 (3,2^4 - 2,2^4)}{64} = 4 \text{ см}^4$ .

Из формулы (1) получим длину консоли

$$l = \sqrt[3]{\frac{3\delta EJ_z}{N}} = \sqrt[3]{\frac{3\delta EJ_z}{P_n \sin 2\varphi}}, \text{ см}. \quad (4)$$

Угол отклонения инструмента на величину зазора между стенкой скважи-

ны и штангой определим по формуле

$$\theta = \frac{Nl^2}{2EJ_z}, \text{ рад.} \quad (5)$$

Подставляя в формулу (5) выражения (3) и (4) получим

$$\theta = 0,833 \sqrt{\frac{P_n \sin 2\varphi \delta^2}{EJ_z}}, \text{ рад.} \quad (6)$$

Максимальная осевая нагрузка на коронку с точки зрения стойкости твердого сплава ВК-8 и ВК-15 по данным различных исследований составляет 1000-1500 кгс [4]. Принимаем  $P_n=1500$  кгс.

Составим таблицу 1, подставив известные значения в выражения (3), (4), (6) и задаваясь значениями угла встречи коронки с боковыми породами  $\alpha$ .

Таблица 1 – Значения изгибающей силы, длины консоли и угла отклонения коронки от величины ее угла встречи с породой

$\varphi$ , град	$N$ , кгс	$l$ , см	$\Theta$ , град
5	130,2	50,103	1,115
10	256,5	39,97	1,398
15	375	35,218	1,586
20	482	32,389	1,725
25	574,5	30,549	1,829
30	649,5	29,325	1,905
35	704,8	28,538	1,958
40	738,6	28,095	1,988
45	750	27,952	1,999

По данным таблицы построим графики зависимостей изгибающей силы, длины консоли и угла отклонения от угла встречи коронки с породой. Данные зависимости представлены на рис. 2.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что с увеличением угла встречи коронки с породой увеличивается сила, изгибающая буровой став, а длина консоли, на котором изгибается став, уменьшается. Угол отклонения коронки, в пределах зазора между диаметрами скважины и штанги, изменяется незначительно и намного меньше угла встречи коронки с породой. Отсюда следует, что коронка будет уходить из угольного пласта в породу. Необходимо каким-то образом изменять угол отклонения коронки до величин, равных или меньших угла встречи коронки с породой. С этой целью авторами предлагаются следующие способы устранения выхода резца из угля в боковые породы:

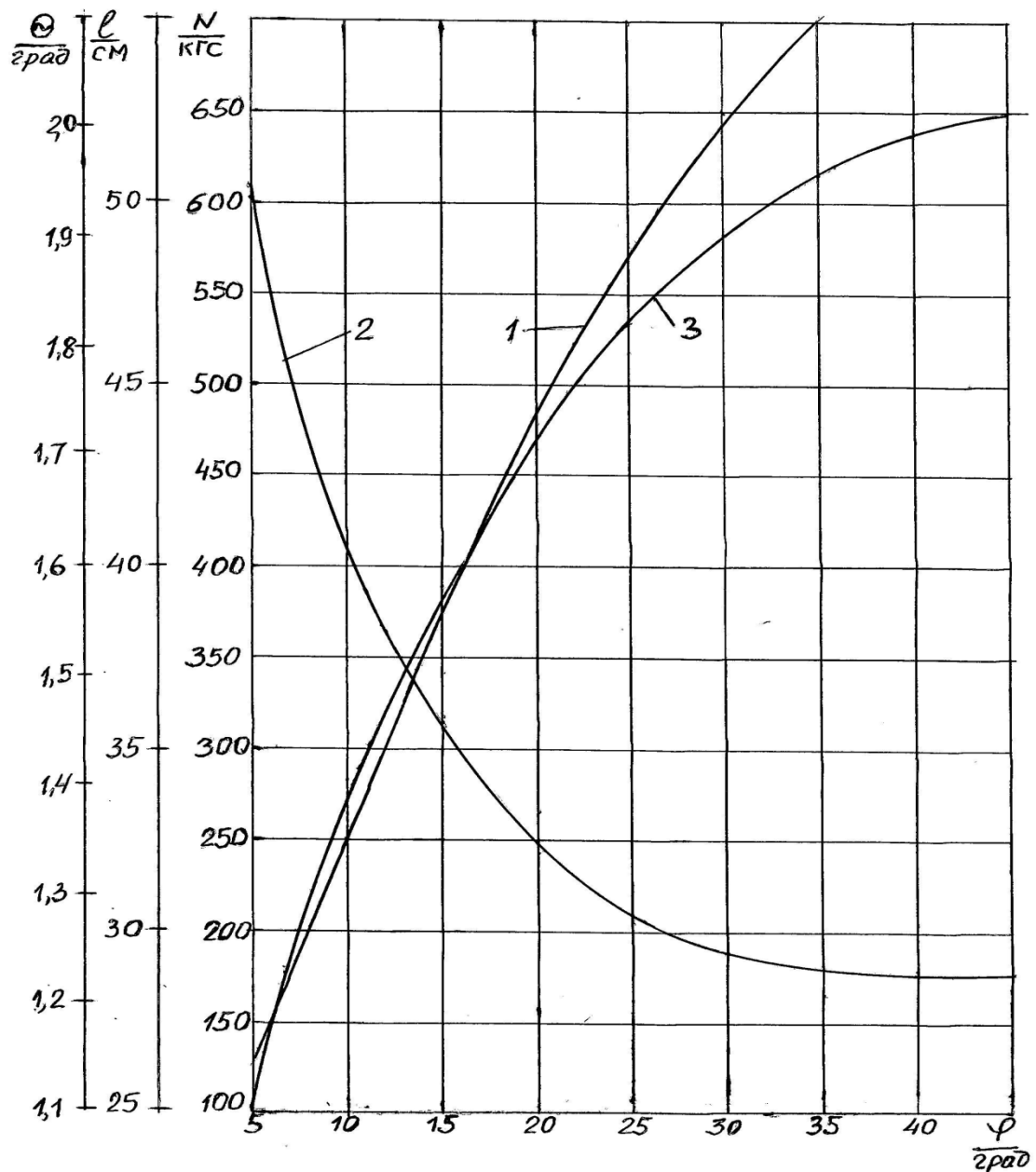


Рис. 2 – Зависимости изгибающей силы (1), длины консоли (2) и угла отклонения коронки (3) от угла встречи коронки с вмещающей породой

1) фрезерование с помощью специальных расширителей боковой стенки скважины на участке прилегания к ней головной части бурового става силами, отклоняющими резец от боковых пород. Это позволит увеличить угол отклонения коронки до величин, равных или меньших угла встречи коронки с породой. В этом случае коронка проскользнет по породе и останется в пласте;

2) уменьшение жесткости головной части бурового става за счет специальных гибких элементов, позволяющих отклоняться резцу на необходимый угол при встрече с боковыми породами.

Здесь нужно отметить, что распространенное мнение [5] о росте вероятности пробуривания скважины на необходимую глубину с увеличением мощно-

сти пласта справедливо только при относительно небольших глубинах бурения (до 50-70 м). При больших глубинах бурения вероятность пробуривания на криволинейном участке с увеличением мощности пласта падает, что объясняется значительными углами встречи резца с боковыми породами. Углы встречи, превышающие критические границы отклоняемости резца, обусловлены большими расстояниями точки забуривания от боковых пород при мощных пластах по сравнению с маломощными. Эти теоретические рассуждения подтверждают выводы Ю.М. Буторина, полученные при исследовании потерь скважин в пологих угольных пластах Донецко-Макеевского районов Донбасса [6].

Опыт бурения длинных скважин в пологих угольных пластах показал, что надежность процесса бурения скважин требуемой глубины невысока, и это необходимо учитывать при выборе и обосновании способов дегазации и увлажнении угольного пласта. Некоторое повышение надежности при бурении скважин можно еще обеспечить путем тщательной установки станка и выбора необходимого угла забуривания, а в случае неудачной попытки – определением поправки величины угла забуривания к горизонту, обеспечивающей наибольшую вероятность удачного бурения повторной скважины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейников А.А. Производительность и надежность процесса бурения по углю длинных скважин / А.А. Алейников, Ю.М. Буторин // Технология и экономика угледобычи: науч. техн. сб. – 1967. - №12. – С. 42-44
2. Алейников А.А. Анализ отклонения пластовых скважин от заданного направления // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск. – 1967. - №4.
3. Федосеев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512с.
4. Дворников Л.Т. Исследования некоторых вопросов вращательного бурения шпуров в горных породах средней крепости: Дис...канд. техн. наук. – Томск, 1963. – 182с.
5. Лукьянов А.И. Бурение глубоких скважин по угольному пласту для нагнетания воды в условиях шахты «Ново-центральная» // Сб. Вопросы безопасности в горной промышленности: научн. труды КНИУИ, вып. 28, изд-во «Недра», 1967.
6. Ю.М. Буторин Исследования влияния некоторых горногеологических и технологических факторов на результат бурения скважин диаметром 100мм на длину до 200м в пологих угольных пластах Донецко-Макеевского района Донбасса. Автореферат канд. дисс., Донецк, 1969.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. М.С. Четвериком 17.08.09*