

Н.А. Дудля, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

И.Е. Данильченко, Г.Н. Викторов, Г.Н. Кириченко

(Украина, Днепропетровск, Днепропетровское отделение УкрГГРИ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Викладено результати експериментальних вимірів витрат потужності при бурінні свердловин залежно від маси обважнених труб та проміжку між бурильною колоною і стінками свердловини.

Проведены измерения затрат мощности при бурении скважин в Криворожском и Донецком бассейнах, а также на Украинском кристаллическом щите (УКЩ) с применением станков типа СБА и ЗИФ.

Бурение скважин на угольных месторождениях Донбасса осуществлялось в основном твердосплавными коронками, а на рудных месторождениях Кривбасса и УКЩ – алмазным породоразрушающим инструментом. Применялись бурильные колонны ниппельного и муфтово-замкового соединений диаметром 42, 50, 54, 68 мм, а также утяжеленные бурильные трубы (УБТ) диаметром 55, 57, 73 мм. В качестве промывочной жидкости использовались вода, глинистый и эмульсионный растворы, а также антивибрационная смазка типа *КАВС*. При измерении затрат мощности на бурение на станках с электродвигателями переменного тока использовался измерительный комплект *К-50* с блоком трансформаторов *И508М*, показания которого дублировались самопишущим ваттметром *Н-348*.

Для определения затрат мощности на вращение бурильной колонны над забоем в зависимости от ее длины L , частоты вращения n , осевой нагрузки на забой P , интенсивности искривления α , наличия утяжеленных бурильных труб, вида промывочной жидкости, смазки, диаметра бурения, типа породоразрушающего инструмента через каждые 200, 400 м проводились замеры мощности на холостое вращение $N_{х.в.}$, а также при спуске и подъеме бурового снаряда.

По результатам измерений мощности построен график (рис.1), из которого видно, что с увеличением глубины и частоты вращения затраты мощности возрастают с 1 до 40 кВт.

Производственный опыт показывает, что ограничения областей применения бурильных колонн по прочности могут быть обусловлены следующими особенностями взаимодействия их со стенками скважины: увеличением расхода мощности, разработкой ствола, а также интенсивным искривлением.

Установлено [1,5], что при вращении колонны в скважине могут иметь место три вида ее движения: при непрерывном контакте бурильной колонны со стенками скважины (Φ_1), ориентированный изгиб (вращение колонны только вокруг собственной оси (Φ_2), обратная прецессия (качение колонны по стенке скважины (Φ_3). Эти виды движения обладают определенной устойчивостью в

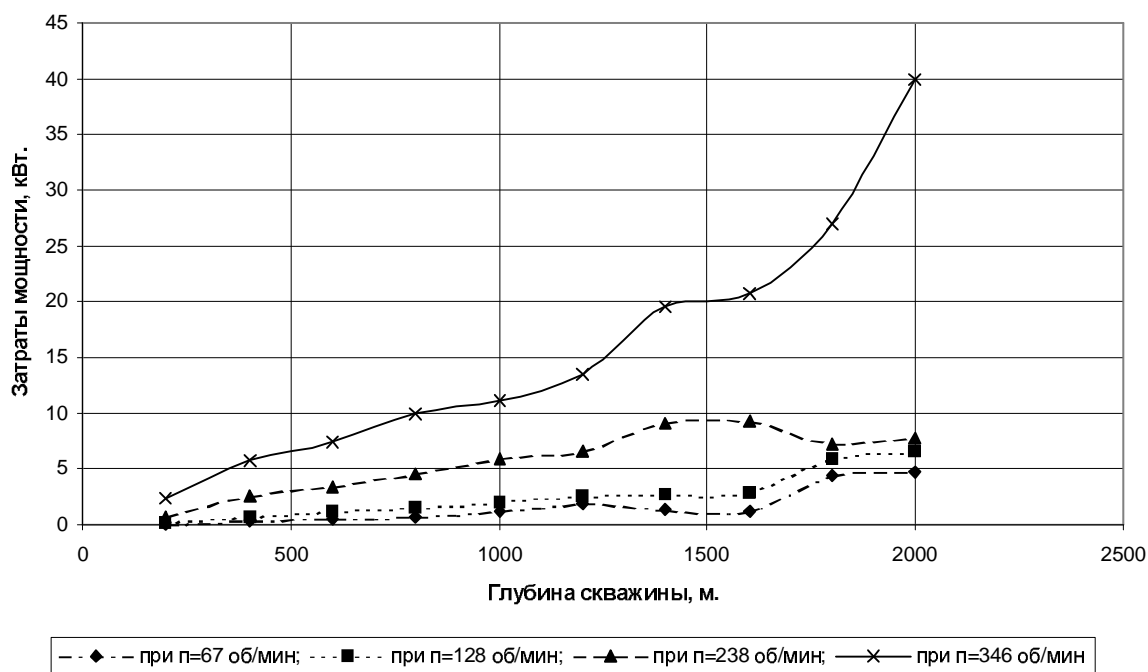


Рис. 1. Зависимость затрат мощности от глубины скважин

некоторых пределах изменения параметров нагружения колонны – частоты вращения (n) и осевой нагрузки (P). Наиболее энергоемким является вид движения Φ_3 , менее энергоемкими – Φ_2 , Φ_1 . При движении в режиме Φ_3 имеют место потери осевой нагрузки при передаче ее на забой.

Работа бурильной колонны в режиме Φ_3 оказывает значительное влияние на формирование ствола скважины [5]. Стендовые испытания показывают, что повышенная интенсивность разработки ствола скважины в зоне нулевого сечения объясняется тем, что сжатая и растянутая зоны бурильной колонны двигаются по разному: вид движения в сжатой зоне Φ_3 ; в растянутой – $\Phi_{1,2}$. В зоне нейтрального сечения наблюдается сложное движение бурильной колонны, характеризующееся интенсивными ударными взаимодействиями со стенками скважины [1,5].

В своей работе [13] О. И. Шерстюк отмечает, что существует оптимальное значение радиального зазора, при уменьшении которого значительно растут силы дополнительного прижатия колонны к стенке скважины с увеличением ее начальных несовершенств, в связи с этим повышается вероятность обратной прецессии. Уменьшение зазора колонна – скважина может быть эффективным лишь при достаточно малых отклонениях от соосности соединений бурильной колонны.

На расход мощности при бурении оказывают влияние геометрические характеристики колонны [2, 4]. Эти исследования проведены с колоннами типа СБТН-50, СБТН-54 и СБТН-54 СЭВ.

Результаты исследований приведены в на рис. 2 и табл. 1.

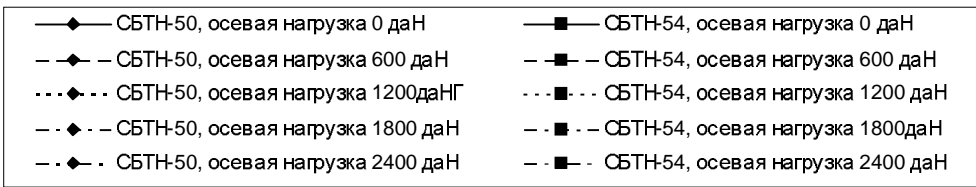
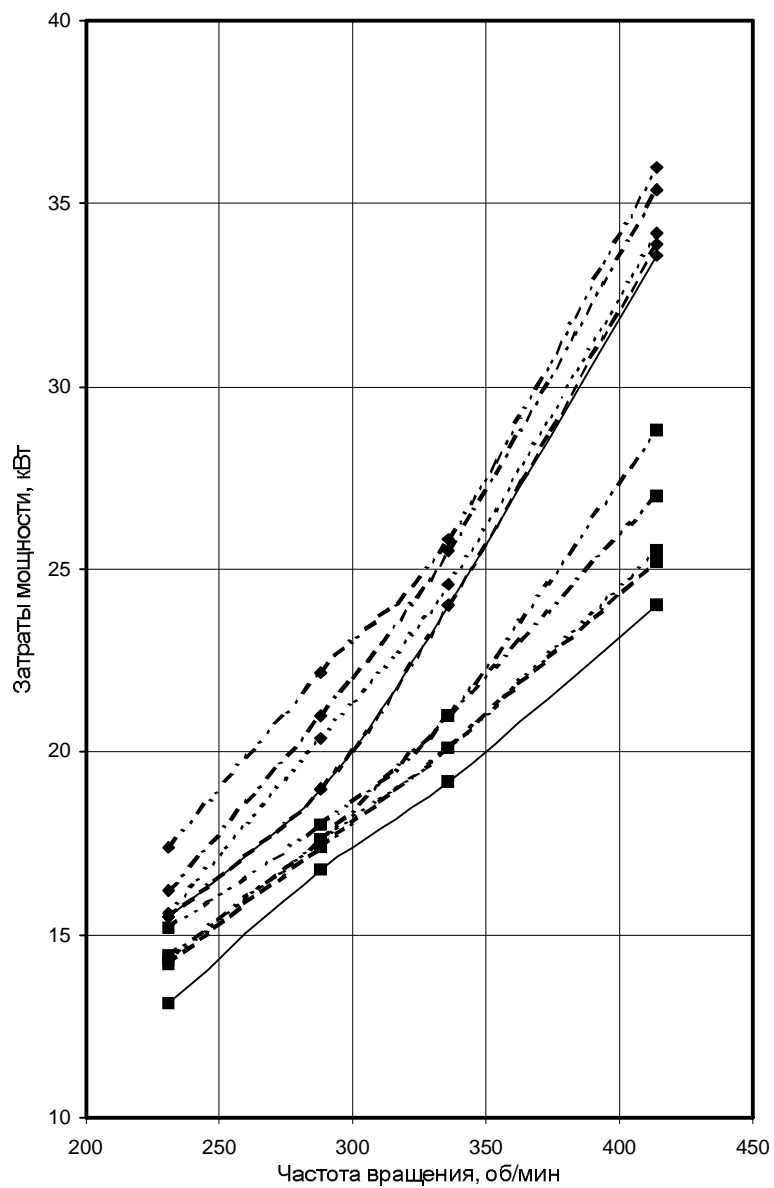


Рис.2. Затраты мощности при бурении с применением колонн СБТН-50 и СБТН-54

Таблица 1

Частота вращения, мин ⁻¹	Осевая нагрузка, даН	Затраты мощности, кВт, на			
		СБТН-50		СБТН-54	
		d _б =59 мм, L=1400 м		d _б =76 мм, L=1046	
231	1200	15,6	14,3	-	-
288		20,4	17,6	16,8	24,4
336		24,6	20,1	19,0	30,0
414		34,2	25,5	25,6	39,4
516		-	-	35,0	56,4

Установлено, что энергоёмкость бурения при использовании колонны СБТН-54 на 20 % ниже по сравнению с СБТН-50, а в скважине диаметром 76 мм расход мощности с колонной СБТН-50 ниже на 45 – 61%. Следовательно, соосность резьб «соединение-труба» при алмазном бурении является важным конструктивным показателем, влияющим на энергоёмкость процесса бурения и получение высоких технико-экономических показателей.

При применении УБТ улучшаются условия работы бурильных колонн, уменьшается интенсивность искривления скважин, увеличивается механическая скорость бурения и по данным работ [7, 9] мощность практически не возрастает.

Отсутствие УБТ вызывает увеличение сил сопротивления, снижение осевых нагрузок на забой и, следовательно, рост мощности [3].

Обычно на практике при бурении глубоких геологоразведочных скважин вес УБТ не превышает 1400 кг. Установлено, что при создании одинаковых осевых усилий на забой как за счет УБТ, так и за счет веса бурильных труб величины мощностей на вращение колонны в скважине практически равны. Эти выводы сделаны на основании измерений мощности при весе УБТ до 1400 кг. В своей работе [9] Пальянов П.Ф. и Ясов В.Г. рекомендуют передачу больших осевых нагрузок на забой осуществлять УБТ весом 4 – 5 тонн. Величины расхода мощности при таком весе приведены в работах [10, 12] и табл. 2. Видно, что при вращении подвешенной над забоем колонны, укомплектованной УБТ, потребляемая мощность больше, причем с дальнейшим увеличением веса УБТ мощность продолжает расти.

Таблица 2

Компоновка колонны	Затраты мощности, кВт, при частоте вращения мин ⁻¹							
	67		128		238		346	
	Диаметр скважины, мм							
	112	76	112	76	112	76	112	76
Колонна без УБТ	0,3	1,2	0,8	3,6	0,8	28,3	1,3	60,5
УБТ (масса 1400 кг)	2,3	1,2	2,3	3,1	2,9	25,1	3,3	59,1
УБТ (масса 2800 кг)	7,0	1,6	6,7	3,6	7,7	24,7	8,0	55,5
УБТ (масса 4200 кг)	15,2	2,1	13,9	4,0	15,2	14,1	14,8	59,2

Как видно из табл. 2, затраты мощности на холостое вращение колонны без и с применением УБТ весом 1400 кг мало отличаются для скважин диаметром 112 и 76 мм на частотах вращения 67 и 128 мин⁻¹.

При увеличении веса УБТ до 2800 и 4200 кг резко возрастают затраты мощности на ее вращение, причем, при работе УБТ в стесненных условиях (Ø76 мм) эти затраты в 2-3 раза выше. Энергетические затраты особенно резко возрастают в скважинах диаметром 76 мм как при холостом вращении, так и при бурении.

Результаты измерений мощности в скважинах диаметром 59 мм с УБТ диаметром 58 мм приведены в табл. 3.

Таблица 3

Частота вращения, мин ⁻¹	Расход мощности на холостое вращение инструмента, кВт			
	Без УБТ	С УБТ весом, кг		
		150	300	450
153	3,0	3,0	3,4	3,4
277	3,6	3,6	4,3	4,1
470	5,6	4,9	6,1	5,4

Наличие УБТ в скважине диаметром 59 мм массой до 0.5 т снижает расход мощности на бурение (табл. 4).

Таблица 4.

Частота вращения, мин ⁻¹	Осевая нагрузка, кГ	Общая мощность на бурение, кВт			
		Без УБТ	С УБТ массой, кг		
			150	300	450
153	400	9,1	3,4	3,6	3,6
277		11,2	5,4	4,4	4,3
470		17,6	10,5	6,1	5,9
153	800	9,5	4,3	3,9	3,9
277		12,3	6,3	5,3	5,2
470		20,8	11,1	7,7	7,8
153	1200	10,6	5,4	4,5	4,6
277		15,3	8,0	6,3	6,4
470		23,2	12,9	9,2	10,1

Анализ большого числа измерений показал, что амплитуда и частота колебаний мощности при бурении с применением УБТ несколько меньше. Это подтверждает предположение, что наличие УБТ улучшает условия работы алмазной коронки и поэтому углубка за рейс увеличивается, а общая мощность бурения снижается на 45 – 55 % [6 – 8, 10].

Выводы

1. Введение УБТ в компоновку бурильного вала позволяет изменить характеристику взаимодействия системы «колонна-скважина» за счет увеличения массы и жесткости, уменьшения зазора, улучшения формы ее движения.
2. Применение УБТ при бурении скважин диаметром 76 мм и более улучшает показатели бурения, однако приводит к повышению затрат мощности.
3. Наличие УБТ массой до 0,50 т диаметром 58 мм в скважинах диаметром 59 мм, независимо от частоты вращения, снижает затраты мощности на бурение на 45 – 55%.
4. Уменьшение диаметра скважины с 112 – 93 до 59 мм увеличивает мощность на вращение бурильной колонны в 3 – 5 раз.
5. Несоосность соединений вызывает увеличение мощности на преодоление сил трения вызванных прижатием труб к стенкам скважины.

Список литературы

1. Алексеев В.Н. Исследование устойчивости движения бурильной колонны на стенде. Методика и техника разведки. 1978, №131. – с. 29-31
2. Бакланов Ю.В., Кукес А.И., Ягодин А.Н. // Методика и техника разведки. 1981, № 138. – с. 33–35.
3. Бражененко А.М. Материалы к выбору режима бурения разведочных скважин колонковым способом. Под ред. проф. Е.Ф. Епштейна – Д.: Промінь, 1967. – 23 с.
4. Пути повышения эффективности колонкового алмазного бурения. /Воздвиженский Б.И., Володченко В.К., Воробьев Г.А. и др. – М.: ВИЭМС, 1980. – 78 с.
5. Техника и технология бурения глубоких разведочных скважин на твердые полезные ископаемые. / Воздвиженский Б.И., Воробьев Г.А., Новожилов Б.А. и др. – М.: Недра, 1983. – 48 с.
6. Дудя Н.А., Викторов Г.Н., Кириченко Г.Н., Островский И.Р. Бурильные трубы геолого-разведочного сортамента – Д.: Издательский дом Андрей, 2007. – 207 с.
7. Зиненко В.П., Новожилов Б.А. Современные колонны бурильных труб и анализ их работы. – М.: ВИЭМС, 1979. – 62 с.
8. Лачинян Л.А. Работа бурильной колонны. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Недра, 1992. – 214 с.
9. Пальянов П.Ф., Ясов В.Г. Некоторые вопросы повышения скорости бурения и КПД буровой установки. // – Д.: Изв. ДГИ, 1964, № 42. – с. 19–21.
10. Сторожев М.П. Утяжеленные бурильные трубы для геологоразведочного бурения. – М.: ВИЭМС, 1979. – 30 с.
11. Ткаченко В.И. Мальковский Н.А., Корынаев П.Н. Выбор рациональной длины комплекта УБТ. //Нефтяное хозяйство. 1989, № 2 – с. 23–25
12. Шевченко И.Е. Новые данные о расходе мощности при колонковом бурении скважин глубиной до 2000 м. М.: ВИЭМС, 1971. – 36 с.
13. Шерстюк О.И. Технологическое обоснование рациональной контрольно-измерительной аппаратуры для управления углубкой скважин. //В сб.: Автоматизация управления технологическим процессом бурения скважин. – Л., 1981. – с. 44-47.