

УДК 622.279:622.24 (470.621)
ББК 33.362,41 (2Рос.Ады)
Е 92

Ефремов Александр Александрович

Кандидат филологических наук, старший переводчик ООО «Южгазэнерджи», Майкоп, e-mail: alexander.a.efremov@gmail.com

Меретуков Мурат Айдамирович

Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой сервиса транспортных и технологических машин и оборудования Майкопского государственного технологического университета, Майкоп, e-mail: mera444@mail.ru

Кохужев Алий Джумальдинович

Инженер отдела снабжения и комплектации ООО «Южгазэнерджи», Майкоп, e-mail: Aliy.Kokhuzhev@mail.ru

Гидравлическая программа бурения бокового ствола применительно к скважине Кошехабльского газоконденсатного месторождения
(Рецензирована)

Аннотация. Выполнен расчет гидравлической программы бурения бокового ствола в скважине № 26. Приведены расчетные значения плотности бурового раствора, репрессии и перепада давления на долоте с учетом текущего пластового давления, а также выводы. Рассматривается зависимость технологических параметров промывки при бурении бокового ствола от снижения пластового давления.

Ключевые слова: бурение, боковой ствол, винтовой забойный двигатель, пластовое давление, плотность бурового раствора, перепад давления на долоте.

Efremov Aleksandr Aleksandrovich

Candidate of Philology, Senior Translator at Yuzhgazenergy LLC, Maikop, e-mail: alexander.a.efremov@gmail.com

Meretukov Murat Aydamirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Service of Transport and Technological Machines and Equipment, Maikop State University of Technology, Maikop, e-mail: mera444@mail.ru

Kokhuzhev Aliy Dzhumaldinovich

Engineer of Complete Equipment Procurement Department at Yuzhgazenergy LLC, Maikop, e-mail: Aliy.Kokhuzhev@mail.ru

Drilling hydraulics for the Koshekhablskoye sidetrack project

Abstract. The paper analyzes drilling hydraulics for a sidetrack in the Koshekhablskoye well 26. The conclusion is substantiated with estimates of mud weight, pressure drop across the bit and overbalance for the current reservoir pressure. An attempt is made to estimate the effect of the reservoir pressure decline on the annular pressure, pressure drop across the bit, and overbalance.

Keywords: drilling, sidetrack, positive displacement motor, reservoir pressure, mud weight, pressure drop across the bit.

Проектом разработки Кошехабльского газоконденсатного месторождения от 2009 г. предусматривается бурение с телеметрическим сопровождением бокового ствола в скважине № 26, ранее законсервированной по техническим причинам. К настоящему времени работы по бурению бокового ствола не начаты, и пластовое давление снизилось на 3 МПа относительно начального. Целью работы является оптимизация параметров гидравлической программы при бурении бокового ствола с учетом снижения пластового давления. Конструкция рассматриваемой скважины приведена в таблице 1.

Глубина рассматриваемой скважины 5172 м. Скважина вертикальная, обсажена шестью колоннами. По проекту боковой ствол планируется пробурить с глубины 4950 м с общим отклонением забоя от вертикали на 25,5 м. Наружный диаметр бурильных труб в расчетах составляет 73 мм, внутренний – 54 мм (толщина стенки 9,19 мм). При этом трубы приняты одноразмерными (постоянные диаметр и толщина стенки), то есть рассматривается колонна труб с постоянной весовой характеристикой ($q=idem$).

С учетом текущего пластового давления плотность бурового раствора составит 1120 кг/м³. В расчетах использовался коэффициент резерва $k_p=1,05$, регламентированный «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [1].

Конструкция скважины № 26

Колонна	Диаметр, марка стали, толщина стенки, мм	Интервал спуска, м	Подъем цемента за колонной, м
Направление	530хДх12,5	0–22	до устья
Кондуктор	426хДх11; 12	0–241	до устья
Промежуточная колонна I	324хД-Ех9,5; 11;12,4	0–2430	до устья
Промежуточная колонна II	245хР-110–11,05, Е,Мх10	0–4556	10 м от устья
«Хвостовик»	193,7хР-105–12,7; N-80-10,92	4933–4464	на всю длину (469 м)
Эксплуатационная колонна	168х139,7	0–5172	3545 м от устья

Боковой ствол планируется бурить с помощью винтового забойного двигателя LSXLHITEMPVECTORDRILL и долота PDCDSX508S-A1 Ø 114,3 мм. Паспортная подача выбранного ВЗД варьируется от 6,3 до 10,1 л/с. Поскольку средний диаметр бокового ствола $D_c=114,3$ мм, зенитный угол $\alpha < 30^\circ$, то, согласно рекомендации В.П. Овчинникова [2, с. 74], примем скорость восходящего потока в зазоре между стенками ствола и бурильной колонной $g_{кн} = 1\text{ м/с}$.

Тогда необходимый расход для выноса выбуренной породы с учетом $Q_{кн}$:

$$Q_{кн} \geq g_{кн} \times f_{кн}, \quad (1)$$

$$f_{кн} = 0,785 \times (d_\delta^2 - d_n^2), \quad (2)$$

где $f_{кн}$ – площадь поперечного сечения кольцевого пространства скважины;

d_δ – диаметр долота;

d_n – наружный диаметр бурильной колонны.

$$Q_{кн} \geq 0,785 \times (0,1143^2 - 0,073^2) \times 1 \geq 6 \text{ л/с}.$$

Расход жидкости для очистки забоя найдем по формуле:

$$Q_{заб} = a \times \frac{\pi}{4} \times d_\delta^2, \quad (3)$$

где a – коэффициент, имеющий размерность скорости и принимаемый для бурения с ВЗД равным 0,7 м/с.

$$Q_{заб} = 700 \times 0,785 \times 0,1143^2 = 7,2 \text{ л/с}.$$

Подбираем насос F-1000 с подачей 7,6 л/с при диаметре втулок 110 мм, числе ходов поршня 70 в минуту и коэффициенте подачи $k_{под} \approx 0,9$. Коэффициент подачи $k_{под} \approx 0,9$ принимаем в соответствии со «Справочником инженера по бурению» [3, с. 80], поскольку насос работает без подпора.

При $Q = 7,6 \text{ л/с}$ максимально возможный перепад давления на долоте составит 5,2 МПа. Расчеты выполнены по методике Е.М. Соловьева [4, с. 65]. Однако, с учетом рекомендуемого для долота PDCDSX508S-A1 рабочего диапазона $\Delta p_\delta = 0,34 - 1,38 \text{ МПа}$, Δp_δ следует принять равным 1,3 МПа.

Далее рассчитаем приближенно объемную скорость утечек q_y через уплотнительный узел вала ВЗД по формуле ВНИИБТ:

$$q_y \approx \left(\frac{\Delta p_\delta}{61000 \times p} \right)^{2,73}, \quad (4)$$

$$q_y \approx \left(\frac{1,3 \times 10^6}{61000 \times 1140} \right)^{2,73} = 0,02 \text{ л/с}.$$

Чтобы реализовать в долоте расчетный Δp_{∂} при бурении с ВЗД, требуются насадки с площадью выходных сечений (мм^2):

$$f_n = \frac{(Q - q_y)}{\mu_n} \times \sqrt{\frac{p}{q_y \times \Delta p_{\partial}}}, \quad (5)$$

где f_n – площадь выходных сечений насадок, м^2 ;

μ_n – коэффициент расхода насадки (для гидромониторных насадок $\mu_n \approx 0,9 \div 0,95$).

$$f_n = \frac{(7,6 - 0,02) \times 10^{-3}}{0,95} \times \sqrt{\frac{1140}{2 \times 1,3 \times 10^6}} = 167 \text{ мм}^2.$$

Найденная f_n меньше f_n портов ($235,5 \text{ мм}^2$), которыми уже оснащено долото PDCDSX508S-A1 ($3 \times 10 \text{ мм}$).

Учитывая, что эффективность очистки забоя при асимметричной схеме промывки возрастает, предлагаем заглушить один порт, оставив две насадки с диаметром каналов 11 мм .

Рекомендуемое сочетание насадок, площадь выходных сечений, средние скорости струй и перепады давлений при $Q=7,6 \text{ л/с}$ показаны в таблице 2.

Таблица 2

Выбор насадок для долота PDCDSX508S-A1

Число и диаметр насадок, мм	Суммарная площадь сечения каналов, мм^2	Средняя скорость струи, м/с	Перепад давления в насадках, МПа
3x10	235,5	32,3	0,66
2x11	190	40	1

Учитывая, что относительная эквивалентная плотность у подошвы продуктивных отложений равна примерно 1280 кг/м^3 , полная репрессия составит $9,8 \text{ МПа}$.

Снижение пластового давления в ходе разработки залежи приводит к изменению величины перепада давления на долоте, гидродинамического давления и репрессии у подошвы продуктивных отложений. Зависимость этих параметров от значения пластового давления (начальное, текущее и прогнозируемое) показана на рисунке 1.

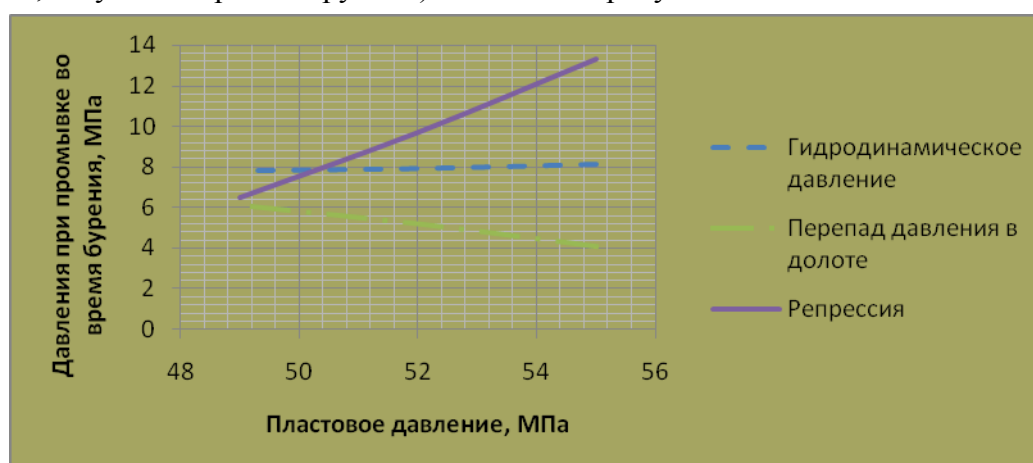


Рис. 1. Зависимость значений давления при промывке от пластового давления

Расчеты показали, что при подаче насоса $Q=7,6 \text{ л/с}$ в бурильной колонне наблюдается турбулентный режим течения, $\mathcal{G}_k < \mathcal{G}_{kp}$, а в кольцевом пространстве – ламинарный, $\mathcal{G}_k < (\mathcal{G}_k)_{kp}$. Поддержание при промывке ламинарного режима течения в кольцевом пространстве и невысокой, но достаточной для транспорта шлама на поверхность скорости восходящего потока позволит свести к минимуму проникновение фильтрата в продуктивный пласт и его загрязнение, а также предотвратить размыв стенок скважины на участках, сложенных слабосцементированными породами [4, с. 66].

Расчетный перепад давления вписывается в рекомендуемый диапазон для долота PDCDSX508S-A1, однако найденная площадь выходных сечений насадок f_n меньше f_n портов ($235,5 \text{ мм}^2$), которыми уже оснащено долото ($3 \times 10 \text{ мм}$), поэтому доступный перепад давления будет реализован частично. Предлагается отключение одного порта, поскольку ассиметричная схема промывки повысит эффективность очистки забоя.

В соответствии с проведенными расчетами можно заключить, что дальнейшее снижение пластового давления приведет к увеличению перепада давления на долоте на $0,9 \text{ МПа}$, снижению гидродинамического давления на $0,1 \text{ МПа}$ и снижению репрессии на пласт на $3,2 \text{ МПа}$. Эти изменения необходимо учитывать при реализации проекта.

Примечания:

1. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности от 12.03.2013 г. № 101. 132 с. URL: <http://www.gosnadzor.ru>
2. Овчинников В.П. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учеб. для студентов вузов: в 5 т. Т. 2 / под общ. ред. В.П. Овчинникова. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 484 с.
3. Булатов А.И., Аветисов А.Г. Справочник инженера по бурению: в 2 т. Т. 2. М.: Недра, 1985. 190 с.
4. Соловьев Е.М. Задачник по заканчиванию скважин: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1989. 251 с.

References:

1. Safety Rules in Oil and Gas Industry: Federal Rules and Regulations for Industrial Safety of 12.03.2013. No. 101. 2013. 132 pp. URL: <http://www.gosnadzor.ru>
2. Ovchinnikov V.P. Oil and Gas Well Drilling Engineering: a manual for higher school students: in 5 vol. Vol. 2 / general ed. by V.P. Ovchinnikov. Tyumen: TyumGNSU, 2014. 484 pp.
3. Bulatov A.I., Avetisov A.G. A Handbook of a Drilling Engineer: in 2 vol. Vol. 2. M.: Nedra, 1985. 190 pp.
4. Solovyev E.M. Workbook for Well Completion Engineering: a manual for higher school students. M.: Nedra, 1989. 251 pp.