

УДК 622.276 (470.621)  
ББК 26.325.4 (2Рос.Ады)  
Ц 93

### Цыбулько А.М.

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Майкопского государственного технологического университета, Майкоп, e-mail: kafedra.sto@mail.ru

### Артамонов А.М.

Кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса транспортных и технологических машин и оборудования инженерно-экономического факультета Майкопского государственного технологического университета, Майкоп, e-mail: kafedra.sto@mail.ru

### Ефремов А.А.

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

## Расчет профиля бокового ствола для скважины Кошехабльского месторождения (Рецензирована)

**Аннотация.** Рассматривается подбор и расчет параметров профиля бокового ствола для скважины Кошехабльского месторождения. Даны рекомендации по уменьшению радиуса кривизны бокового ствола.

**Ключевые слова:** бурение, боковой ствол, тангенциально плоскостной профиль, винтовой забойный двигатель, долото типа PDC, бурильная колонна.

### Tsybulko A.M.

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Maikop State University of Technology, Maikop, e-mail: kafedra.sto@mail.ru

### Artamonov A.M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Service of Transport and Technological Machines and Equipment of Engineering-Economic Faculty, Maikop State University of Technology, Maikop, e-mail: kafedra.sto@mail.ru

### Efremov A.A.

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

## Calculation of a profile of a side trunk for the well of the Koshekhabl field

**Abstract.** The paper discusses the selection and calculation of profile parameters of a side trunk for the well of the Koshekhabl field. Recommendations are given for reducing the radius of curvature of the side trunk.

**Keywords:** drilling, side trunk, tangentially planar profile, downhole motor, drill bit type, PDC drill string, a boring column.

Проектом разработки Кошехабльского газоконденсатного месторождения от 2009 г. предусматривается бурение бокового ствола в скважине № 26, законсервированной по техническим причинам. К настоящему времени работы по бурению бокового ствола не начаты, и пластовое давление снизилось на 3 МПа относительно начального.

Целью статьи является расчет плоскостного тангенциального профиля бокового ствола. Конструкция рассматриваемой скважины приведена в таблице 1.

Таблица 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

Для скважины № 26 рекомендуется плоскостной тангенциальный профиль бокового ствола. Этот профиль позволяет эксплуатировать скважины без осложнений, поскольку при наименьшем зенитном угле достигается наибольшее отклонение забоя от вертикали.

Глубина рассматриваемой скважины 5172 м. Скважина вертикальная, обсажена шестью колоннами. По проекту боковой ствол планируется пробурить с глубины 4950 м.

Предлагается профиль бокового ствола, состоящий из двух участков: участка набора кривизны и участка стабилизации. Выбор такого профиля обусловлен небольшой протяженностью ствола по вертикали, дешевизной и возможностью эксплуатировать скважину без затруднений [1, с. 10]. Расчет профиля бокового ствола сводится к определению максимального угла наклона ствола, вертикальных и горизонтальных проекций профиля [2, с. 265].

Определяем радиус искривления ствола скважины:

$$R = (57,3/\alpha_{10}) \times 10, \quad (1)$$

где  $\alpha_{10}$  – интенсивность набора кривизны на 10 м проходки.

$$R = (57,3/1) \times 10 = 573 \text{ м.}$$

Из-за неточности установки отклонителя увеличится фактический интервал набора кривизны, поэтому расчетный радиус искривления принимаем, согласно рекомендации Элияшевского [2, с. 272], на 5–10% больше теоретической величины, то есть

$$R = 573 \times 1,05 = 602 \text{ м.}$$

Для набора кривизны рекомендуем использовать следующую компоновку: долото PDC диаметром 114,3 мм, ВЗД VectorDrill LX XL с диаметром 95,25 мм и углом перекося осей 1,46°, ТБТ диаметром 73 мм и БТ диаметром 73 мм группы прочности S-135. Рассматриваемая КНБК обеспечит проектную интенсивность набора угла наклона 1° на 10 м проходки.

Рассчитываем минимально возможный радиус искривления ствола, при котором в ствол можно пропустить ВЗД:

$$R_{\min} = \frac{167l_T^2}{D_d - d_T - \epsilon + f}, \quad (2)$$

где  $l_T$  – длина ВЗД с долотом, м;  $D_d$  – диаметр долота, мм;  $\epsilon$  – наименьший зазор между корпусом ВЗД и стенкой скважины, мм ( $\epsilon = 5 \div 8$  мм);  $f$  – стрела прогиба ВЗД, мм.

$$f = \frac{0,13 \cdot 10^7 q_T l_T^2}{EI_T}, \quad (3)$$

где  $q_T$  – масса 1 см ВЗД, кг;  $E$  – модуль Юнга, Н/см<sup>2</sup>;  $I_T$  – момент инерции поперечного сечения ВЗД, см<sup>4</sup>.

$$I_T = 0,049d_T^4, \quad (4)$$

где  $d_T$  – диаметр ВЗД, мм.

Тогда момент инерции поперечного сечения ВЗД:

$$I_T = 0,049 \times 9,525^4 = 403 \text{ см}^4.$$

Стрела прогиба ВЗД:

$$f = \frac{0,13 \cdot 10^7 \times 0,37 \times 652^2}{2,1 \cdot 10^7 \times 403} = 24,6 \text{ мм.}$$

Минимально возможный радиус искривления ствола, при котором можно пропустить ВЗД:

$$R_{\min} = \frac{167 \times 6,52^2}{114,3 - 95,25 - 8 + 24,6} = 200 \text{ м.}$$

Таким образом,  $R > R_{\min}$  ( $602 > 200$ ).

В дальнейших расчетах определялись значения фактической интенсивности набора кривизны, максимального угла наклона ствола, проекции участка набора кривизны и участка стабилизации, длина каждого участка, суммарная длина бокового ствола и погрешность измерений [1–3].

Результаты расчетов профиля бокового ствола в скважине № 26 для варианта с телеметрическим сопровождением бурения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры профиля бокового ствола в скважине № 26

Интервал глубины, м	Длина интервала, м	Средний угол искривления интервала, градус	Отход забоя за интервал ( $x = l \times \sin \alpha_{cp.}$ ), м	Общее отклонение забоя, м	Угол искривления в конце интервала, градус	Азимут, градус
0–4950	4950	0	0	0	0	-
4950–4960	10	0,475	0,08	0,08	0,95	230
4960–4970	10	1,425	0,25	0,33	1,9	230
4970–4980	10	2,375	0,41	0,75	2,85	230
4980–4990	10	3,325	0,58	1,33	3,8	230
4990–5000	10	4,275	0,75	2,07	4,75	230
5000–5010	10	5,225	0,91	2,98	5,7	230
5100–5020	10	6,175	1,08	4,06	6,65	230
5020–5030	10	7,125	1,24	5,30	7,6	230
5030–5034	4	7,8	0,54	5,84	8	230
5034–5040	6	8	0,84	6,68	8	230
5040–5175,4	135,4	8	18,84	25,52	8	230

На рисунке 1 приведен тангенциальный профиль бокового ствола в скважине № 26 КГКМ.

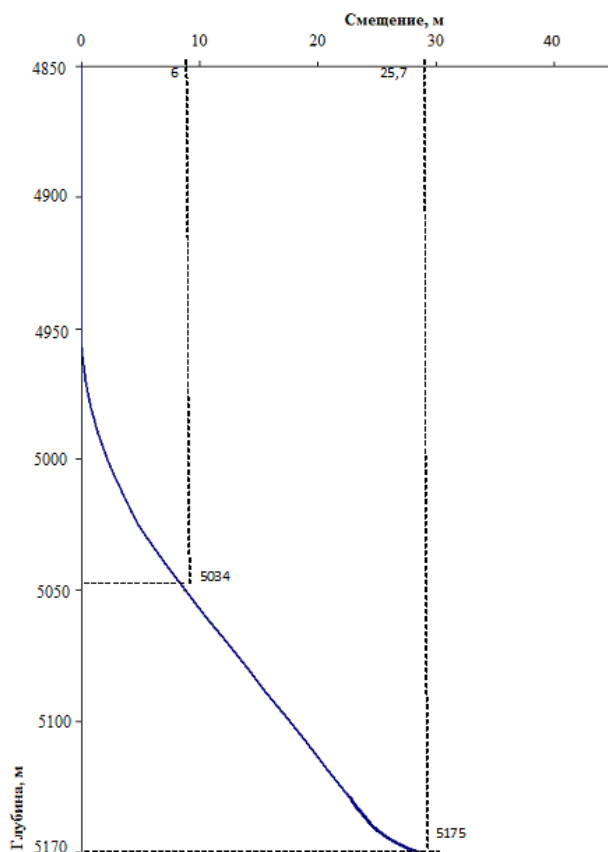


Рис. 1. Тангенциальный профиль бокового ствола в скважине № 26 КГКМ

Расчетный зенитный угол составил  $8^\circ$ , общее отклонение забоя – 25,5 м при интенсивности набора угла наклона  $1^\circ$  на 10 м проходки. При этом расчетный радиус бокового ствола равен 602 м.

В приведенных расчетах закладывалась интенсивность набора угла наклона  $1^\circ/10$  м, при этом предполагалось, что бурение бокового ствола будет производиться с телеметрическим сопровождением. В настоящее время на месторождении телеметрическое сопровождение не используется ввиду экономической нецелесообразности. С учетом этого и технических возможностей рекомендуется вести бурение участка набора кривизны с интенсивностью  $2^\circ/10$  м. Это позволит сократить вдвое расчетный радиус кривизны до 301 м, увеличить горизонтальное смещение забоя бокового ствола, уменьшить затраты на бурение и увеличить безаварийность бурения. Как показали расчеты, предложенный радиус (301 м) позволит свободно пропустить в боковой ствол ВЗД и другие компоненты КНБК. При бурении с радиусом 301 м отклонение забоя составит 29 м.

Таким образом, по результатам расчетов предлагается два варианта профиля бокового ствола при наличии телеметрии и при ее отсутствии.

#### Примечания:

1. Балденко Ф.Д. Расчеты бурового оборудования. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. 428 с.
2. Элияшевский И.В., Сторонский М.Н., Орсуляк Я.М. Типовые задачи и расчеты в бурении: учеб. пособие для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 296 с.
3. 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.

#### References:

1. Baldenko F.D. Calculations of drilling equipment. M.: RSU of Oil and Gas of I.M. Gubkin, 2012. 428 pp.
2. Eliyashevsky I.V., Storonsky M.N., Orsulyak Ya.M. Typical problems and calculations in drilling engineering: a manual for technical colleges. 2nd ed., rev. and enl. M.: Nedra, 1982. 296 pp.
3. Ovchinnikov V.P. Technology of oil and gas wells drilling: a textbook for students of higher schools: in 5 vol. Vol. 2 / general ed. by V.P. Ovchinnikov. Tyumen: TyumGNSU, 2014. 484 pp.