

## ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕНИТНОГО ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ БУРЕНИИ ВИНТОВЫМИ ЗАБОЙНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ DTU BAKER HUGHES

***С.А. Заурбеков*** – канд. техн. наук, доцент

Цель данной работы заключается в научном обосновании и развитии оптимальных параметров неизвестных устройств (Baker Hughes), имеющих особые параметры, которые обеспечивают увеличение продуктивности скважин и уровня воды.

*Ключевые слова:* направленное бурение; винтовые забойные двигатели; турбобуры; зенитное искривление скважин.

Обзор известных исследований показывает, что теория и практика направленного бурения с применением забойных двигателей, в частности, турбобуров и винтовых забойных двигателей обогащается новыми данными и аналитическими решениями.

Однако вследствие произошедшей в процессе развития самого способа бурения, смены поколений техники, в том числе и забойных двигателей, а также качественно нового направления в технологии строительства скважин –

горизонтального бурения с применением винтовых забойных двигателей DTU Baker Hughes (США), этих данных недостаточно для решения актуальных конкретных задач сегодняшнего дня и ближайшего будущего.

За последние годы на нефтяных и газовых месторождениях Казахстана получает широкое распространение так называемая “безориентированная технология” [1, 2], основанная на принципиально новом подходе к направленному бурению скважин – рациональном выборе компо-

Таблица 1

Сравнительная оценка теоретических  $i$  (расчётных) и фактических  $i_{\phi}$  показателей интенсивности зенитного искривления скважин при различных КНБК на месторождении Кенкияк

| Скважина №   | Интервал бурения, м | $L_{DTU}$ , м | $\theta$ , град | $i_{\phi}$ , град/м | $i$ , град/м, по формуле (1) |
|--|---------------------|---------------|-----------------|---------------------|------------------------------|
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-172 с немагнитной нижней свечой НУБТ-178<br>с телеметрической системой MWD + бурильной колонной СБТ-127 |                     |               |                 |                     |                              |
| 8009-1   | 4100 – 4215         | 9             | 1.5 – 29.5      | +0.16               | + 0.2...+0.4                 |
|  | 4284 – 4331         |               | 49 – 62.8       | + 0.3               |                              |
| 8015   | 4103 – 4310         | 9             | 9.8 – 66        | + 0.28              | + 0.2...+0.4                 |
| с телеметрической системой MWD + бурильной колонной УБТ-127  |                     |               |                 |                     |                              |
| 8009-1   | 4231 – 4284         | 9             | 33.9 – 49       | + 0.27              | + 0.2...+0.4                 |
| бурильной колонной УБТ-159   |                     |               |                 |                     |                              |
| 8015   | 4056 – 4103         | 9             | 1.8 – 9.8       | + 0.18              | + 0.2...+0.4                 |
| 8101   | 4085 – 4195         | 9             | 1.5 – 23.9      | + 0.21              | + 0.2...+0.4                 |
| с телеметрической системой MWD + бурильной колонной УБТ-159  |                     |               |                 |                     |                              |
| 8010   | 4053 – 4608         | 7             | 1.8 – 84.1      | + 0.12              | + 0.2...+0.4                 |
| 8025   | 4131 – 4225         | 7             | 2.5 – 28.4      | + 0.27              | + 0.2...+0.4                 |
| с калибратором КЛС + бурильной колонной УБТ-127  |                     |               |                 |                     |                              |
| 8010   | 4608 – 4682         | 7             | 84.1 – 84.7     | + 0.008             | + 0.2...+0.4                 |
|  | 4682 – 4755         |               | 84.7 – 79.6     | - 0.07              |                              |
| 8025   | 4550 – 4594         | 7             | 72.2 – 73.4     | + 0.026             | + 0.2...+0.4                 |
| с калибратором КЛС + бурильной колонной СБТ-127  |                     |               |                 |                     |                              |
| 8015   | 4310 – 4352         | 7             | 66 – 67.4       | + 0.02              | + 0.2...+0.4                 |
| 8101   | 4307 – 4519         | 7             | 45.8 – 88.3     | + 0.20              | + 0.2...+0.4                 |
| бурильной колонной СБТ-127   |                     |               |                 |                     |                              |
| 8015   | 4352 – 4669         | 7             | 67.6 – 84.8     | + 0.05              | + 0.2...+0.4                 |
|  | 4413 – 4669         |               | 69 – 84.8       | + 0.06              |                              |
| 8025   | 4358 – 4450         | 7             | 66.9 – 73       | + 0.066             | + 0.2...+0.4                 |
| 8034   | 4223 – 4242         | 7             | 30 – 34.3       | + 0.57              | + 0.2...+0.4                 |
|  | 4279 – 4326         |               | 47.2 – 60       | + 0.29              |                              |
| телеметрической системой MWD + бурильной колонной УБТ-127  |                     |               |                 |                     |                              |
| 8025   | 4225 – 4368         | 7             | 28.4 – 65.7     | + 0.28              | + 0.2...+0.4                 |
| бурильной колонной УБТ-127   |                     |               |                 |                     |                              |
| 8034   | 4120 – 4223         |               | 0 – 30          | + 0.29              | + 0.2...+0.4                 |
|  | 4242 – 4279         |               | 34.3 – 42.8     | + 0.28              |                              |
|  | 4326 – 4463         |               | 60 – 75         | + 0.13              |                              |
| 8101   | 4195 – 4284         |               | 26.3 – 45.4     | + 0.24              | + 0.2...+0.4                 |

Сравнительная оценка теоретических  $i$  (расчётных) и фактических  $i_{\phi}$  показателей интенсивности зенитного искривления скважин при использовании ВЗД различных диаметров на месторождениях Кенкияк и Жанажол

| Скважина №  | Интервал бурения, м                 | $L_{DTU}$ , м | $\theta$ , град                     | $i_{\phi}$ , град/м        | $i$ , град/м     |
|---|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Кенкияк – надсолевой, $\varnothing_{скв} = 311$ мм; DTU-197   |                                     |               |                                     |                            |                  |
| HW-6001   | 135–370                             | 7–9           | 0–64.6                              | + 0.27                     | + 0.36           |
| Кенкияк – надсолевой, $\varnothing_{скв} = 215.9$ мм; DTU-165 |                                     |               |                                     |                            |                  |
| HW-6001   | 370–421.9                           | 7–9           | 64.6–92                             | + 0.52                     | + 0.51           |
| Жанажол – надсолевой, $\varnothing_{скв} = 215,9$ мм; DTU-165 |                                     |               |                                     |                            |                  |
| 2444  | 3480–3762<br>3836–3882              | 6             | 9.4–84.3<br>79.1–88                 | + 0.26<br>+ 0.19           | + 0.23           |
| 3464  | 2958–3204                           | 6             | 0.25–20                             | + 0.14                     | + 0.2            |
| Кенкияк – подсолевой, $\varnothing_{скв} = 215,9$ мм; DTU-172 |                                     |               |                                     |                            |                  |
| 8101  | 4085–4284<br>4307–4519              | 7             | 1.5–45.4<br>45.8–88.3               | + 0.24<br>+ 0.20           | + 0.24           |
| 8015  | 4103–4310                           | 7             | 9.8–66                              | + 0.28                     | + 0.24           |
| 8009-1  | 4100–4215<br>4230–4330              | 9             | 1.5–29.5<br>33.9–62.8               | +0.16<br>+ 0.3             | + 0.24           |
| 8034  | 4120–4223<br>4242–4279<br>4279–4326 | 9             | 0–30<br>34.3–42.8<br>47.1–60        | + 0.29<br>+ 0.28<br>+ 0.28 | + 0.24           |
| 8025  | 4131–4355                           | 7             | 2.5 <sup>0</sup> -65.7 <sup>0</sup> | + 0.28                     | + 0.20           |
| Кенкияк – подсолевой $\varnothing_{скв} = 215,9$ мм; DTU-165  |                                     |               |                                     |                            |                  |
| 8002  | 3936–4022<br>4052–4224<br>4366–4424 | 7             | 1.2–18<br>21.3–52.7<br>53–62        | + 0.19<br>+ 0.18<br>+ 0.16 | + 0,22           |
| 8009-1  | 4340–4430                           | 7             | 66.4–78.4                           | + 0.13                     | + 0,22           |
| 8011  | 4060–4320<br>4355–4440              | 7             | 0,9–55<br>58.2–77.5                 | + 0.20<br>+ 0.14           | + 0,22           |
| 8012  | 4101–4274<br>4446–4474              | 7             | 1–48.1<br>73.7–75.7                 | + 0,27<br>+ 0.07           | + 0,22           |
| 8018  | 4120–4250<br>4327–4387<br>4387–4420 | 7<br>6<br>7   | 1.3–36.9<br>48–58,7<br>58,7–69.2    | + 0.18<br>+ 0.18<br>+ 0.32 | + 0,20<br>+ 0.22 |
| 8033  | 4050–4304                           | 7             | 1.4–63.8                            | + 0.23                     | + 0,22           |

Таблица 3

Сравнительная оценка теоретических  $i$  (расчётных) и фактических  $i_{\phi}$  показателей интенсивности зенитного искривления скважин при различных КНБК на месторождениях Кенкияк и Жанажол

| Скважина №   | Интервал бурения, м    | $L_{DTU}$ , м | $\theta$ , град        | $i_{\phi}$ , град/м | $i$ , град/м, по формуле (1) |
|--|------------------------|---------------|------------------------|---------------------|------------------------------|
| Месторождение Жанажол<br>(диаметр скважин 215,9 мм, плотность раствора 1,1...1,2 г/см <sup>3</sup> )   |                        |               |                        |                     |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 6 м с немагнитной нижней свечой НУБТ-159 и бурильной колонной УБТ-127  |                        |               |                        |                     |                              |
| 2444   | 3478-3762              | 6             | 9.4-84.4               | + 0.26              |                              |
| 3464   | 3075-3178<br>3314-3416 | 6             | 0.25-20<br>33.25-30.75 | +0.08-0.025         |                              |
| 3461   | 3075-3178              | 6             | 4.5-14                 | + 0.09              |                              |
| 3463   | 2965-3126<br>3400-3459 | 6             | 1.25-12<br>17-20       | +0.065<br>+ 0.05    |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 7 м с немагнитной нижней свечой НУБТ-159 и бурильной колонной УБТ-127  |                        |               |                        |                     |                              |
| 2444   | 3762-3829              | 7             | 84.3-79.1              | - 0.08              |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 6 м с немагнитной нижней свечой НУБТ-159 и бурильной колонной СБТ-127  |                        |               |                        |                     |                              |
| 2444   | 3829-3885              | 6             | 79.1-88                | + 0.16              |                              |
| Месторождение Кенкияк (подсолевой)<br>(диаметр скважин 215,9мм, плотность раствора 1,95...2,05 г/см <sup>3</sup> )   |                        |               |                        |                     |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 7 м с немагнитной нижней свечой НУБТ-159, телеметрической системой MWD, двумя штангами НУБТ-159 и бурильной колонной УБТ-127 |                        |               |                        |                     |                              |
| 8002   | 3919-4036<br>4614-4627 | 7             | 1.2-18<br>77.8-78      | + 0.19+0.02         |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 7 м с телеметрической системой MWD, немагнитной штангой НУБТ-159 с переводником и бурильной колонной УБТ-127                 |                        |               |                        |                     |                              |
| 8002   | 4049-4221              | 7             | 21.3-52.7              | + 0.18              |                              |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 7 м с телеметрической системой MWD, немагнитной штангой НУБТ-159 и бурильной колонной УБТ-127                                |                        |               |                        |                     |                              |
| 8011   | 4061-4320              | 7             | 0.9-55                 | + 0.20              | + 0.2...+0.4                 |
| 8012   | 4120-4235              | 7             | 1-28.1                 | + 0.16              | + 0.2...+0.4                 |
| 8018   | 4120-4250              | 7             | 1.3-36.9               | + 0.18              | + 0.2...+0.4                 |
| 8033   | 4050-4209              | 7             | 1.4-49.7               | + 0.30              | + 0.2...+0.4                 |
| Компоновка винтового забойного двигателя DTU-165 длиной 7 м с телеметрической системой MWD, немагнитной штангой НУБТ-159 и бурильной колонной СБТ-127                                |                        |               |                        |                     |                              |
| 8011   | 4352-4437              | 7             | 58.2-77.5              | + 0.14              | + 0.2...+0.4                 |
| 8012   | 4235-4292<br>4339-4392 | 7             | 28.1-48.1<br>59.5-66.5 | + 0.35<br>+ 0.12    | + 0.2...+0.4                 |
| 8018   | 4387-4422              | 7             | 57.9-69.2              | + 0.32              |                              |
| 8033   | 4209-4300              | 7             | 49.7-63.8              | + 0.16              |                              |
| 8009-1   | 4340-4430              | 7             | 66.4-78.4              | + 0.13              |                              |

Таблица 4

Сравнительная оценка фактических  $i_{\phi}$  показателей интенсивности зенитного искривления скважин при роторном бурении и бурении ВЗД на месторождении Кенкияк

| Скважина   | Интервал бурения, м    | $\theta$ , град      | $i_{\phi}$ , град/м | Интервал бурения, м         | $\theta$ , град      | $i_{\phi}$ , град/м |
|--|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| Месторождение Кенкияк (подсолевой)<br>(диаметр скважин 215,9мм, плотность раствора 1,95...2,05 г/см <sup>3</sup> ) |                        |                      |                     |                             |                      |                     |
| Винтовой забойный двигатель<br>DTU-172   |                        |                      |                     | Роторное бурение            |                      |                     |
| 8009-1   | 4100-4215<br>4284-4331 | 1.5-29.5<br>49-62.8  | +0.16<br>+ 0.3      | 4430-4755                   | 78.4-79.4            | + 0.003             |
| 8010   | 4053-4608              | 1.8-84.1             | +0.12               | 3993-4053<br>4755-4939      | 1.0-1.7<br>78.9-62.7 | + 0.01<br>- 0.09    |
| 8101   | 4307-4519              | 45.8-88.3            | +0.20               | 4284-4307                   | 45.3-45.8            | + 0.02              |
| 8015   | 4352-4669<br>4413-4669 | 67.6-84.8<br>69-84.8 | +0.05<br>+0.06      | 4381-4413                   | 69.6-69              | - 0.02              |
| 8034   | 4223-4242<br>4279-4326 | 30-34.3<br>47.2-60   | +0.57<br>+0.29      | 4463-4749                   | 75-75                | 0                   |
| Средняя $i_{\phi}$ , град/м  |                        |                      |                     | Средняя $i_{\phi}$ , град/м |                      |                     |
| + 0.18   |                        |                      |                     | - 0.01                      |                      |                     |

новки низа бурильной колонны (КНБК). Предлагаемый подход исходит из основного параметра, определяющего направление искривления скважины – стабилизирующей длины КНБК [3, 4].

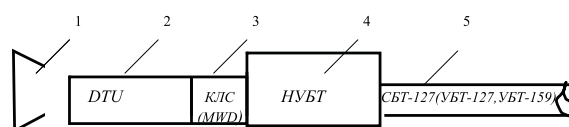
Напомним, что физический смысл стабилизирующей длины КНБК ( $L_{CT}$ ) заключается в том, что при применении компоновки длиной ( $L$ ), равной стабилизирующей длине ( $L=L_{CT}$ ), зенитное искривление скважины ( $i$ ) не происходит  $i = 0$ , а при меньшей длине ( $L < L_{CT}$ ), чем стабилизирующая, происходит спад кривизны скважины  $i < \theta$ , а при большей ( $L > L_{CT}$ ) – набор кривизны скважины  $i > \theta$  [1-4].

Исходя из этой концепции, нами предлагается интенсивность зенитного искривления скважины при бурении винтовыми забойными двигателями рассчитывать по формуле:

$$i = 458,4 \cdot (D - d) L_{DTU}^{-2}, \quad (1)$$

где 458,4 – эмпирический коэффициент для жёсткой ( $L_{CT} \leq L_{DTU}$ ) компоновки  $L_{DTU} = 7\text{м}$ , так как ( $L_{CT} \leq L_{DTU}$ ) [5];  $D$  – диаметр скважины, м;  $L_{DTU}$  и  $d$  – соответственно длина и наружный диаметр компоновки винтового забойного двигателя (ВЗД).

На месторождениях Западного Казахстана применяется несколько модификаций компоновок ВЗД DTU с калибратором КЛС или телеметрической системой MWD, немагнитной утяжелённой бурильной трубой (нижней опорной свечой) и бурильной колонной СБТ-127 или УБТ-127 или УБТ-159 (см. рисунок).



Компоновка винтового забойного двигателя DTU с КЛС (MWD), немагнитной нижней свечой (НУБТ) и бурильной колонной СБТ-127 (УБТ-127, УБТ-159): 1 – долото; 2 – ВЗД; 3 – калибратор; 4 – немагнитная нижняя свеча УБТ.

Рассмотрим наиболее распространённые модификации компоновок ВЗД DTU-172 Baker Hughes, используемых на месторождениях Западного Казахстана (табл. 1-4).

Как хорошо видно из данных табл. 1-3, фактические  $i_{\phi}$  и расчётные  $i$  показатели интенсивности зенитного искривления скважин в зависимости от длины ВЗД имеют сходимость с достаточно высокой для практических расчетов точностью.

Приведенные в табл. 4 фактические значения интенсивности зенитного искривления скважин при роторном бурении и бурении с ВЗД DTU-172 указывают на преимущества использования ВЗД для искривления скважины, выражающиеся в стабильности набора кривизны.

**Выводы**

Предложенная автором эмпирическая формула для расчета показателей интенсивности

зенитного искривления скважин при “безориентированной технологии” бурения направленных скважин, вполне может быть использована для расчета интенсивности зенитного искривления скважин в зависимости от длины ВЗД.

Сопоставление расчетных и фактических данных показателей интенсивности зенитного искривления скважин показывает, что они имеют сходимость с достаточной для практических расчетов точностью.

### *Литература*

1. *Музапаров М.Ж., Курбалиев Т.Ш., Чэнь Цзюнь, Хуан Лисинь.* Первая горизонтальная скважина на месторождении Кенкияк // Нефть и газ. – 2003. – №2. – С. 73–76.
2. *Музапаров М.Ж., Курбалиев Т.Ш., Абугалиев С.К., Чэнь Цзюнь, Ешманов Д.Ж.* Новый подход к безориентированной технологии горизонтального бурения на нефть и газ // Нефть и газ. 2004. – №1. С. 37–43.
3. *Музапаров М.Ж.* Направленное бурение. Т. 2. Безориентированная технология. Роторное бурение. – Алматы, 2005. – 209 с.
4. *Музапаров М.Ж.* Направленное бурение. Т. 3. Безориентированная технология. Бурение винтовыми забойными двигателями. – Алматы, 2005. – 204 с.
5. *Музапаров М.Ж.* Направленное бурение. Т. 1. Бесклиновая технология: Учебник. – Алматы, 2001. – 204 с.