УДК 622.2

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БУРЕНИЯ НАКЛОННЫХ СКВАЖИН С БОЛЬШИМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ

SOME PROBLEMS IN DESIGNING DRILLING DIRECTED WELLS WITH LARGE DEVIATIONS

Омарова А.Ш.
Азербайджанской государственной университет нефти и промышленности, г. Баку

Аннотация. Поскольку при больших значениях зенитного угла управлять траекторией ствола скважины затруднительно, необходимо направлять ее в проектное направление при 16–300 значениях зенитного угла. При проектировании наклонных скважин с небольшим отклонением глубину зарезки необходимо выбирать так, чтобы зенитный угол ее основной части, пробуренной неориентированной КНБК, был не менее 160, иными словами, коэффициент наклона был $k > 0{,}2$. При проектировании профиля для обеспечения свободного перемещения нижней низа части обсадной колонны в стволе скважины интенсивности искривления отдельных его интервалов следует выбирать по формулам (2) и (3). Необходимо добавлять смазочные вещества для снижения силы трения, возникающие при движении колонны. Величина растягивающей нагрузки на крюке должна быть не менее 20–25 % веса колонны в воздухе для обеспечения опускания колонны от собственного веса и создания осевой нагрузки на долоте. Грузоподъемность бурового оборудования должна быть в 1,15–1,25 раза больше нагрузки на крюке с учетом растяжений при подъеме колонны. При бурении наклонных скважин с большим отклонением профиль скважины следует выбирать с тремя интервалами. В условии ограниченной грузоподъемности оборудования в колонне следует добавить легкие бурильные трубы (для снижения ее веса). Их место в колонне должна располагаться в открытой части ствола скважины и в интервале стабилизации зенитного угла или в интервале уменьшения зенитного угла небольшой интенсивностью.

Ключевые слова: наклонный скважин, зенитный угол, азимут.

Omarova A.Ş.
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku

Annotation. Since it is difficult to control the wellbore trajectory at large zenith angle values, it is necessary to steer the wellbore in the design direction at 16–300 zenith angle values. When designing inclined wells with a small deviation, the depth of the borehole should be chosen so that the zenith angle of its main part, drilled by an undirected BHA, was not less than 160, in other words, the inclination coefficient was k > 0.2. When designing a profile to ensure free movement of the bottom of the casing string in the wellbore, the curvature intensities of its separate intervals should be chosen according to formulas (2) and (3). It is necessary to add lubricants to reduce friction forces arising during the casing string movement. The value of tensile load on the hook should be not less than 20–25 % of the string weight in air to ensure string lowering from its own weight and to create axial load on the bit. Drilling equipment load capacity should be 1.15–1.25 times the load on the hook, taking into account the tensile load when lifting the string. When drilling deviated directional wells with large deviations, the borehole profile should be selected with three intervals. Light drill pipes should be added to the string (to reduce its weight) under the condition of limited carrying capacity of the equipment. Their place in the string should be located in the open part of the wellbore and in the interval of zenith angle stabilization or in the interval of zenith angle reduction by a small intensity.

Keywords: directional well, zenith angle, azimuth.

В связи с освоением месторождений, расположенных в сложных морских условиях, в последнее время в мире постоянно увеличиваются объемы бурения наклонных скважин с большими отклонениями. В республике основное место занимает бурение наклонных скважин с связи с освоением месторождений нефти и газа в морских условиях. По мере увеличения глубины водяного слоя в море в целом наряду с проблемой бурения наклонных скважин возрастает и потребность в бурении скважин с большими отклонениями. В связи с увеличением зенитного угла и отклонения важность решения этих проблем становится более очевидной.

Отличительной особенностью бурения наклонных скважин с большим отклонением является то, что, поскольку зенитный угол в таких скважинах велик (50–600 и более), становится затруднительно дальнейшее увеличение угла наклона и управление азимутом, обеспечение предивной нагрузки и доведение обсадную колонну на проектную глубину. В результате этого снижаются технико-экономические показатели бурения скважины.

Исследователями [1, 2] поставлены проблемы разработки технологии бурения наклонных скважин с большими отклонениями в условиях ограниченной грузоподъёмности бурового оборудования и для освоения месторождений, расположенных под водоемом большой глубины.

Самыми крупными достижениями в республике за текущий период являются пробуренные на месторождении Нефтяные Камни наклонные скважины № 1531 и № 782. Параметры этих скважин и других наклонных скважин с большими отклонениями с отклонением более 1000 м, а также наклонных скважин № 1 [3], пробуренных на площади Одопту-море шельфовой зоны Охотского моря и № 26

[4] пробуренных в Черноморской площади приведены в таблице. Основная часть таких скважин была пробурена в 1960–1970 гг. и в последующий период резко сократилась.

На основании анализа мнений, высказанных в литературе, наклонные скважины по их отклонению можно разделить на скважины малым, средним и большим отклонением. Включение той или иной скважины в какую-либо категорию должно быть связано с тем, насколько сложно бурить на данном участке. Так что включение наклонную скважину в какую-либо категорию по значение отклонения, является условным и зависит от диалогических условий, параметров профиля, от уровня развития техники и технологии.

Для выражения параметров наклонных скважин обобщенным критерием можно использовать показатель коэффициента искривления. Этот показатель определяется по следующей формуле [5, 6].

$$\text{к} = \frac{A}{H - h_0},$$

где А – отклонение скважины; Н – вертикальная проекция скважины; h_0 – глубина зарезки.

Проанализированы промысловые материалы 325 наклонных скважин, пробуренных на различных нефтегазовых месторождениях республики (в основном Нефтяные Камни, Гюнешли, Гум адасы) и на рисунке приведена зависимость максимального значения зенитного угла от коэффициента наклона αman (k). Используя среднего квадратического метода были нормализованы промысловые материалы и определена зависимость α мак. (k):

$$\alpha_{\text{мак.}} = 57{,}85\ \text{к}^{0{,}7216}. \quad (1)$$

Таблица 1

Номер скважины	Ствола скважины				Максимальный угол искривления, град	Коэффициент искривления скважины
	длина, м	вертикальная глубина, м	начальная глубина искривлением, м	отклонения, м		
Гум адасы						
99	3391	3000	1165	1150	41	0,63
Нефтяные Камни						
1531	3183	2350	222	2040	49,75	0,96
782	3150	2100	200	2320	59	1,22
1635	3105	2600	200	1640	48,25	0,68
1685	3030	2593	200	1550	42,5	0,65
1634	2930	2440	200	1597	48	0,71
1621	3100	2700	375	1315	42	0,57
1918	3305	2910	180	1716	50	0,63
Гюнешли						
270	3845	3520	345	1434	30,25	0,45
66	3420	3235	625	1126	29	0,43
Одопту – море (Сахалин)						
1	3406	2262	70	2453	60	1,12
Черное море						
26	3308	2868	–	1456	42,5	0,51

Широко распространена практика учета естественного искривления при выборе профиля скважины. Этот показатель зависит от угла залегания пласта, анизотропии и направления ствола скважины по апсидальной плоскости и других факторов. Эффективное использование естественного искривления возможно тогда, когда возможно его зависимость от указанных факторов.

Проведенные исследования показывают что, скважина ориентируется от естественного искривления по зенитному углу в двух направлениях – залеганию пласта и перпендикулярном поверхности, а по азимутальному углу в сторону апсидальной плоскости. Конечно, это происходит тогда, когда влияние вышеперечисленных факторов сильно.

Опыт показывает, что с увеличением зенитного угла вероятность азимутального естественного изменения ствола скважины уменьшается и стабилизируется после определенного значения. Это, конечно, связано с превосходством технических и технологических факторов над геологическими при больших значениях зенитного угла. Минимальное значение зенитного угла, требуемое для сохранения стабильности азимута, зависит от геологических условий, конструкции низы бурильной колонны (КНБК), геометрических размеров скважины и КНБК.

Работа неориентированного КНБК, используемого на площади Гюнешли была проанализирована на основе промысловых материалов 56 скважин и установлено, что азимут ствола скважины ста-

билизируется при значениях угла наклона $\alpha = 10 \div 16^{\circ}$ в интервале увеличения зенитного угла, а в интервале уменьшения зенитного угла он остается постоянным до конца интервала. Поэтому наклонные скважины с углом наклона менее 160 можно отнести к трудноуправляемые скважинам.

Если учесть стабилизацию азимута ствола скважины при значении зенитного угла выше 160 при бурении с не ориентируемым КНБК, тогда при проектировании профиля необходимо подобрать глубину зарезки таким образом, чтобы значение коэффициента наклона скважины превышало 0,2.

Примерно в 80 % проанализированных скважин (точки, показанные на рисунке кустом) коэффициент наклона варьируется в пределах к = 0,2÷0,4. Одной из основных причин этого является сеть разработки месторождения и количество скважин пробуренных на одной платформы (максимум 24 скважины). Для существующих разрабатываемых сетей необходимость бурения скважин с большим отклонением может быть в случаях установки платформ, охватывающих большее количество скважин.

Если учесть изменение максимального значения зенитного угла в основной части пробуренных в республике наклонных скважин в пределе до 300, то при современном состоянии техники и технологии бурения, скважины с коэффициентом наклона к > 0,4 можно считать наклонными скважинами с большим отклонением.

Опыт бурения наклонных скважин с коэффициентом наклона к = 0,4÷0,7 и скважин № 1531 и 782 с коэффициентами наклона 0,96 и 1,22 соответственно показывает, что Нефтяные Камни, Гюнешли, Чираг, Азери и др. на аналогичных месторождениях можно свободно бурить наклонные скважины с коэффициентом наклона, равным к = 0,6÷0,8. При удалении буровым работам особого внимания и в случаях своевременного обеспечения скважины требуемыми материалами можно бурить скважины с большим коэффициентом наклона, даже большим, чем единица.

Зависимость максимального значения зенитного угла от коэффициента наклона

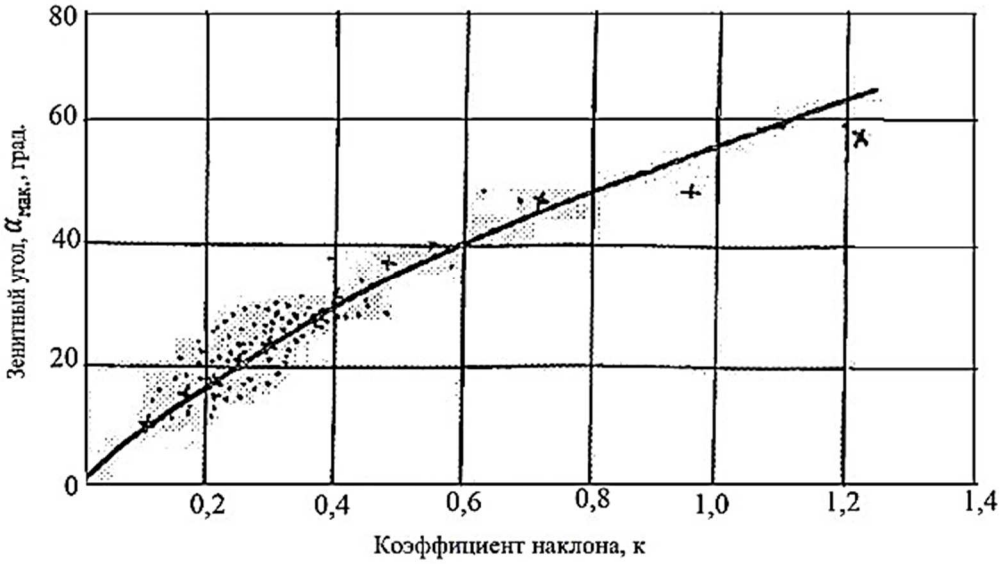

Рисунок 1

Опыт бурения скважин № 99, 1531 и 782 показывает, что бурение скважин с большим отклонением на трехинтервальный профиль (вертикальный, увеличение зенитного угла, стабилизация зенитного угла или уменьшение зенитного угла с малой интенсивностью) считается более целесообразным во всех отношениях. То есть при проектировании скважин с большим отклонением максимальное значение угла искривления в конце интервала увеличения зенитного угла рассчитывается по формуле (1), а минимальное значение рассчитывается по выражению:

$$\alpha_{\min} = 2 - \text{rctg}\frac{\frac{A}{K} - \sqrt{(\frac{A}{K})^2 - A(2R-A)}}{2R-A} \quad (2)$$

и зенитный угол выбирается из условия $\alpha_{\max} \geq \alpha \geq \alpha_{\min}$.

Важнейшим фактором, вызывающим трудности при бурении скважин с большими отклонениями, является проблема обеспечения свободного перемещения колонны в стволе скважины. По мере увеличения наклона и интенсивности искривления движение колонны затрудняется в стволе скважины.

Если при подъеме колонны, растягивающая нагрузка на его перемещение зависит от мощности агрегатов, расположенных на поверхности земли, или от растягивающей нагрузки, допустимой с точки

зрения безопасности, движущей силой при его спуске является равнодействующей собственного веса, параллельной оси скважины.

В скважинах с большими отклонениями сложнее спуск жестких обсадных колонн. В практике бурения глубоких скважин часто встречается случаи не доведения до проектной глубины жестких колонн с большими диаметрами. В основном это происходит в стволе скважины с большой интенсивностью искривления и с интервалами, интенсивности искривления которых чередуются по знаку. В таких скважинах колонна прижимается к стенке скважины с большей силой, чем равнодействующая собственного веса, перпендикулярная к оси скважины и увеличивает сопротивление движению колонны. С другой стороны, в результате прижатия колонны к стенке скважины образуются жалобы, что приводит к прихвату обсадных колонн в образовавшихся желобах.

Одной из основных проблем при спуске обсадных колонн в скважинах с большими отклонениями является выбор профиля скважины. Необходимо подобрать профиль скважины таким образом, чтобы не создавалась ситуация, когда башмак обсадной колонны упирается в стенку скважины, обеспечился свободный (с небольшим сопротивлением) проход ее нижней части в искривленном стволе скважины. Для свободного перемещения нижней низа части колонны в скважине в интервале увеличения зенитного угла интенсивность искривления ствола скважины должно быть для того, чтобы башмак колонны не упирался в стенку скважины (в основном обрывы, образовавшиеся в стенке скважины) в интервале уменьшения зенитного угла:

$$I_{\alpha\cdot 10} \leq 573\sqrt{\frac{12Fqsin\alpha}{EI}}, \quad (3)$$

$$I_{\alpha\cdot 10} \leq 573\sqrt{\frac{4Fqsin\alpha}{EI}}, \quad (4)$$

а для свободного перемещения:

$$I_{\alpha\cdot 10} \approx 573\sqrt{\frac{2Fqsin\alpha}{EI}}. \quad (5)$$

Здесь $I_{\alpha\cdot 10}$ – интенсивность искривления ствола скважины, град/10 м; F – максимально возможное радиальное смещение колонны; q – вес 1 м длины колонны; EI – жесткость колонны; α – зенитный угол ствола скважины. Интервалы ствола скважины с интенсивностью искривления больше (3) и (4) необходимо должны прорабатываться с КНБК, жесткость которого превышает жесткости обсадной колонны. На основании геофизических данных следует определить условия прохода в искривленном стволе скважины обсадной колонны и принять меры по подготовке ствола скважины к спуску колонны в необходимых случаях.

Список литературы:

1. Гулизаде М.П. Некоторые аспекты проблем разбуривания месторождения наклонными скважинами // Ученые записки инта /АзИНЕФТЕХИМ. – 1971. – № 4. – С. 44–51.

2. Выбор компоновки бурильной колонны при проводке скважин с большими отклонениями забоя от вертикали / М.П. Гулизаде [и др.] // РНТС «Бурение». – 1973. – № 3. – С. 6–8.

3. Бурение наклонно направленной скважины с отклонением забоя 2453 м / И.Г. Архипов [и др.] // РНТС «Бурение». – 1972. – № 11. – С. 3–6.

4. URL : http:/www.oilgasindustry.ru

5. URL : www.socar.az

6. Temperature dependence of low cloud optical thickness in the GISS GCM: Contributing mechanisms and climate implications/ G. Tselioudis [et al.] // Journal of Climate. – 1998. – Vol. 11. – P. 3268–3281.

List of references:

1. Gulizade M.P. Some aspects of the problems of drilling out a field with inclined wells // Scientific notes of the Institute / AzINEFTEKHIM. – 1971. – № 4. – P. 44–51.

2. Selection of the drill string layout when drilling wells with large deviations of the bottomhole from the vertical / M.P. Gulizade [et al.] // RNTS «Drilling». – 1973. – № 3. – P. 6–8.

3. Drilling of an inclined well with a bottomhole deviation of 2453 m / I.G. Arkhipov [et al.] // RNTS «Drilling». – 1972. – № 11. – P. 3–6.

4. URL : http:/www.oilgasindustry.ru

5. URL : www.socar.az

6. Temperature dependence of low cloud optical thickness in the GISS GCM: Contributing mechanisms and climate implications/ G. Tselioudis [et al.] // Journal of Climate. – 1998. – Vol. 11. – P. 3268–3281.