УДК 622.24

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ТРЕНИЯ БУРИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА О ФИЛЬТРАЦИОННУЮ КОРКУ

ABOUT FRICTION COEFFICIENT OF THE BORING TOOL ABOUT FILTRATIONAL CRUST

Рогов Евгений Анатольевич
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»
e_rogov@vniigaz.gazprom.ru

Аннотация. В статье представлены сравнительные результаты лабораторных исследований по определению коэффициента трения элемента бурильного инструмента о фильтрационную корку после воздействия технологическими жидкостями с целью ликвидации прихватов бурильного инструмента. Предложенная методика и установкадля ее реализации позволяет обеспечить простое выполнение операций и сопоставимость результатов испытаний различных составов.

Ключевые слова: скважина, прихват бурильного инструмента, технологическая жидкость, коэффициент трения.

Rogov Evgeny Anatolevich
Ph. D., Senior Research Scientist,
LLC «Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ»
e_rogov@vniigaz.gazprom.ru

Annotation. Comparative results of laboratory researches on determination of coefficient of friction of an element of the boring tool about a filtrational crust after influence by technological liquids for the purpose of elimination of holding straps of the boring tool are presented in article. The offered technique and installation for its realization allows to provide simple performance of operations and comparability of results of tests of various structures.

Keywords: well; bit seizure; process fluid, friction coefficient.

В процессе строительства скважин прихват бурильного инструмента чаще всегопроисходит в связи с нарушением технологии бурения, недостаточным учетом особенностей горно-геологического строения месторождения, степени изученности литологического состава и свойств горных пород.

В большинстве случаев прихват бурильного инструмента происходит вследствие прилипания колонны труб к стенкам скважины при вскрытии проницаемых пород, когда на стенке формируетсяглинистая корка под воздействием перепада давления. Также прихватуспособствует переход от большего диаметра находящихся в скважине элементов бурильной колонны к меньшему, при этом изменяются скорости потока бурового раствора над долотом, турбобуром, буровым инструментом и замками, а также в зоне каверн и в местах увеличения диаметров скважин. Вследствие уменьшения скорости бурового раствора в месте перехода концентрируются частицы шлама, которые при благоприятных условиях (наличии липкой глинистой корки, бурового раствора с большим содержанием глинистой фазы и повышенной вязкостью) слипаются с течением времени во всё большие комки и прилипают к инструменту и стенкам скважины [1].

Существующие способы ликвидации прихвата на месторождениях и подземных хранилищах газа основаны на применении механических, гидравлических и физико-химических воздействий на зону прихвата или их комбинаций [2–5]. Наиболее эффективными способами освобождения прихваченного инструмента является закачка технологической жидкости в зону прихвата, при этом наибольшая вероятность ликвидации прихвата обеспечивается в том случае, когда состав технологической жидкости закачивается в зону прихвата сразу же после его обнаружения [6, 7, 8].

Эффективность состава технологической жидкости для ликвидации прихвата можно оценить по снижению касательных напряжений в момент страгивания инструмента. Чем меньше касательные напряжения, возникающие в момент страгивания бурильного инструмента, тем эффективнее состав технологической жидкости, который не только разрушает коагуляционную структуру фильтрационной корки, но и способствует снижению силы трения и дифференциального давления в зоне прихвата.

С целью выбора эффективного состава технологической жидкости для ликвидации прихвата бурильного инструмента разработана лабораторная установка, схема которой представлена на рисунке 1.

Методика проведения исследований по определению коэффициента трения перфорированной пластины о фильтрационную корку находящейся в жидкости, заключается в следующем [9]. Фильтрационная корка 2 наносится на поверхность выемки в платформе 3. Сверху на фильтрационную корку помещают металлическую перфорированную пластину 1, к которой прикреплена нить 8. Далее платформа 3 устанавливается на заданный зенитный угол α и фиксируется с помощью штифта 6. На дру-

гой конец нити 8, переброшенной через направляющий ролик 9, подвешивают чашку 7. Далее емкость 4 заполняют исследуемым составом технологической жидкости 5 и оставляют в покое для физико-химического воздействия на фильтрационную корку в течение заданного периода времени.

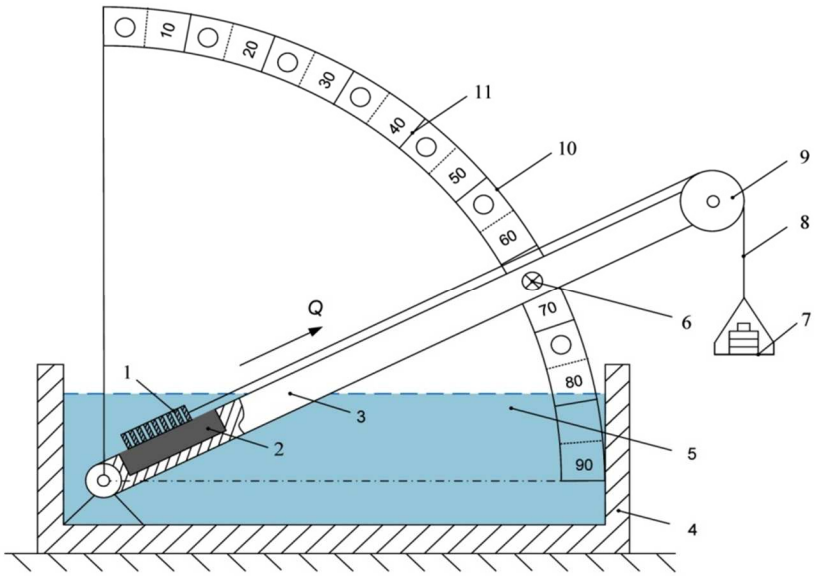

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки: 1 – металлическая перфорированная пластина, 2 – фильтрационная корка, 3 – платформа, 4 – емкость, 5 – технологическая жидкость, 6 – штифт, 7 – чашка с разновесами; 8 – капроновая нить, 9 – вращающийся ролик, 10 – кронштейн, 11 – градуированная шкала

Постепенно нагружая чашку разновесами, определяют усилие, необходимое для страгивания пластины. Чем меньше страгивающее усилие, тем эффективнее состав технологической жидкости для ликвидации прихвата. Эффективность воздействия жидкости на фильтрационную корку определяется с помощью коэффициента трения.

Как известно, сила трения определяется двумя группами факторов, как зависящими от нормальной нагрузки N, так и не зависящими от неё. Чаще всего она подчиняется биномиальному соотношению вида $F = A + BN^{\chi}$, откуда при A ≠ 0 и χ = 1 получается закон Кулона, а при A = 0 и χ = 1 – закон Амонтона.

В качестве исходной зависимости для расчета был принят закон Амонтона, согласно которого коэффициент трения покоя μ – отношение силы трения F к реакции N, возникающей при приложении нагрузки, прижимающей одно тело к другому и направленной по нормали к поверхности касания μ = F / N.

В случае предлагаемой установки коэффициент трения перфорированной металлической пластинке о фильтрационную корку определяется из следующего выражения:

$$\mu = (Q - G\cos\alpha) / G\sin\alpha, \quad (1)$$

где Q – страгивающее усилие, Н; G – вес перфорированной металлической пластинки, Н; α – зенитный угол, град.

При проведении лабораторных исследований по определению коэффициента трения в качестве фильтрационной корки 2 применяли глинистую пасту, приготовленную из бентонитовоглинопорошка Константиновского завода по методике [10]. В качестве технологических жидкостей были исследованы водные растворы натрия азотистокислого ($NaNO_2$) и оксиэтилендифосфоновая кислота (ОЭДФ) с концентрацией 5 % и содержащие поверхностно-активное вещество (ПАВ) – альфа олефин сульфонат натрия в количестве 0,1 %.

После воздействия на глинистую корку в течение 20 мин 5 % водным раствором ($NaNO_2$) с добавкой 0,1 % ПАВ коэффициент трения пластины о корку составил μ = 0,30, а после воздействия на корку 5 % водным раствором ОЭДФ с добавкой 0,1 % ПАВ в течении того же времени коэффициент трения пластины по формуле (1) имел величину:

$$\mu = \frac{Q - G\cos\alpha}{G\sin\alpha} = \frac{0{,}1045 - 0{,}1678\cos 65^0}{0{,}1678\sin 65^0} = 0{,}22.$$

Таким образом, предлагаемая методика по определению коэффициента трения металлической перфорированной пластины о фильтрационную корку, находящейся в жидкости, позволяет подобрать эффективный состав технологической жидкости с целью ликвидации прихватов бурильного инструмента.

Литература:

1. Рогов Е.А. Разработка методов оценки составов технологических жидкостей для разупрочнения глинистых образований при бурении скважин: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Научный центр нелинейной волновой механики и технологии Российской академии наук. – М., 2011. – 125 с.
2. Рогов Е.А., Джафаров К.И. Состав жидкостной ванны дляликвидации прихватов трубных колонн // Бурениеинефть. – 2018. – № 1. – С. 52–54.
3. Рогов Е.А. К вопросу ликвидации прихватов бурового инструмента на подземных хранилищах газа // Бурение и нефть. – 2015. – № 1. – С. 46–48.
4. Патент РФ на изобретение № 2374296. Состав ванны для ликвидации прихвата трубных колонн / Рогов Е.А. Опубл. 27.11.2009. Бюл. № 33.Заявка № 2007125078/03 от 04.07.2007.
5. Рогов Е.А. Ликвидация прихватов при бурении глинистых пород // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 6. – С. 14–17.
6. Рогов Е.А, Леонов Е.Г. Выбор состава ванн для ликвидации прихватов трубных колонн // Бурение и нефть. – 2006. – № 4. – С. 11–14.
7. Rogov E.A. Development of the composition of the process fluid to eliminate bit seizure // Journal of Mining Institute. – 2019. – Vol. 237. – P. 281–284. – DOI : 10.31897/PMI.2019.3.281.
8. Рогов Е.А. Составы жидкостных ванн для ликвидации прихватов бурового инструмента на подземных хранилищах газа // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 9. – С. 66–69.
9. Патент РФ на полезную модель № 58709. Устройство для определения коэффициента трения фильтрационной корки / Рогов Е.А. Опубл. 27.11.2006. Бюл. № 33.Заявка № 2006124602/22 от 10.07.2006.
10. Разработка новой буферной жидкости для цементирования скважин / Е.А. Рогов [и др.] // Бурение и нефть. – 2003. – № 9. – С. 22–25.

References:

1. Rogov E.A. Development of methods of assessment of structures of process liquids for loss of strength of clay educations at well drilling: The thesis for degree of candidate of technical sciences // Scientific center of non-linear wave mechanics and technology of the RAN. – M., 2011. – 125 p.
2. Samotoy A.K. Prevention and elimination of holding straps of pipes at well drilling. – M. : Nedra, 1979. – 182 p.
3. Rogov E.A. To a question of elimination of holding straps of the boring tool at underground gas storages // Oil-fieldbusiness. – 2015. – № 1. – P. 46–48.
4. Patent Russian Federation № 2374296. Bath composition for freeing stuck pipe columns / Rogov E.A. Opubl. 27.11.2009. Bull. № 33.
5. Rogov E.A. Elimination of holding straps when drilling clay breeds // Stroitelstvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i more. – 2020. – № 6. – P. 14–17.
6. Rogov E.A., Leonov E.G. The choice of structure of bathtubs for elimination of holding straps of pipe columns // Oil-field business. – 2006. – № 4. – P. 11–14.
7. Rogov E.A. Development of the composition of the process fluid to eliminate bit seizure // Journal of Mining Institute. – 2019. – Vol. 237. – P. 281–284. – DOI : 10.31897/PMI.2019.3.281.
8. Rogov E.A. Structures of liquid bathtubs for elimination of holding straps of the boring tool at underground gas storages // Oil. Gas. Innovation. – 2014. – № 9. – P. 66–69.
9. Patent Russian Federation № 58709. The device for determination of coefficient of friction of a filtrational crust / Rogov E.A. – Opubl. 27.11.2006. Bull. № 33.
10. Development of new buffer liquid for cementation of wells / Rogov E.A. [et al.] // Oil-field business. – 2003. – № 9. – P. 22–25.