

УДК 622.24.05

Р.В. Карапетов

О ВЛИЯНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА В РАБОЧИХ ОРГАНАХ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУРЕНИЯ И РЕМОНТА СКВАЖИН С ИХ ПРИМЕНЕНИЕМ

Приведены результаты теоретических исследований взаимосвязи влияния основных эксплуатационных факторов на интенсивность изнашивания в рабочих органах винтовых забойных двигателей при бурении и ремонте скважин. Использование полученных результатов позволит оптимизировать процесс бурения и ремонта скважин с применением таких двигателей.

Ключевые слова: скважина, забойный двигатель, бурение, ремонт.

R.V. Karapetov

ABOUT INFLUENCE OF INTENSITY OF DETERIORATION IN WORKING BODIES SCREW ЗАБОЙНЫХ ENGINES ON EFFICIENCY OF DRILLING AND REPAIR OF CHINKS WITH THEIR APPLICATION

Results of theoretical researches of interrelation of influence of the basic operational factors on intensity of wear process in working bodies screw забойных engines are resulted at drilling and repair of chinks. Use of the received results will allow to optimise process of drilling and repair of chinks with application of such engines.

Key words: chink, the screw engine, drilling, major repairs.

Эффективность строительства и ремонта скважин – единый комплексный показатель, определяющий материально-техническую, технологическую и организационную составляющие. С точки зрения повышения эффективности строительства и ремонта скважин, в прикладном аспекте, наиболее важным является анализ факторов оказывающих доминирующее влияние на технико-экономические показатели определенных технологических операций с целью повышения качества их проведения.

Объем и разновидность технологической операций, проводимых в скважинах с применением винтовых забойных двигателей, постоянно растет. Причем, рост определяется, как увеличением объема традиционных операций, в которых используются ВЗД (бурение наклонно-направленных и горизонтальных скважин, резка боковых стволов), так и применением новых технологий проводки и ремонта скважин с применением ВЗД совместно с использованием колтюбинговых установок, строительством мультилатеральных скважин, проведением работ по дренированию призабойной зоны путем забуривания из ствола ответвлений малого диаметра).

Технологическая эффективность применения ВЗД, практически во всех операциях, определяется степенью оптимизации (проектной и фактической) между технической характеристикой гидродвигателя и инженерно-геологическими условиями в скважине, определяющими критерии реализации необходимых режимно-технологических параметров применения ВЗД.

Первичным фактором, определяющим эффективность применения

ВЗД, является рациональное проектирование технологического режима в конкретных условиях применения. Традиционно, в основе проектирования технологии бурения скважин с применением ВЗД, прежде всего, определяется величина необходимого крутящего момента, который должен развивать двигатель, в зависимости от заданной величины осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент [1]. Как правило, для этого пользуются зависимостью [2]:

$$M = (1,6 \cdot 10^3 + \gamma G) D_d^2 \quad (1)$$

где G – проектная осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент; M – величина необходимого крутящего момента на валу забойного двигателя; D_d – диаметр долота; γ – коэффициент, зависящий от типа долота.

В свою очередь, крутящий момент, развиваемый винтовым двигателем, описывается выражением [1]:

$$M = \sqrt{\frac{\Delta P - \Delta P_{xx}}{b} \cdot \frac{Q^2 V \rho}{f^2}} \quad (2)$$

где $\Delta P_{xx} = a \frac{Q^2 \rho}{f^2}$,

$$a = 5,689 + 831,1 \bar{\delta} + 26232 \bar{\delta}^2,$$

$$b = \rho Q^2 (9,028 + 280,9 \bar{\delta} + 288979 \bar{\delta}^2) / f^2,$$

$$c = 1,196 + 42,24 \bar{\delta} - 4338 \bar{\delta}^2, \quad \bar{\delta} = \frac{\delta}{\sqrt[3]{V}};$$

M – крутящий момент развиваемый двигателем; ΔP – перепад давления в двигателе, соответствующий значению крутящего момента M ; ΔP_{xx} – перепад давления в двигателе на холостом ходу; Q – расход рабочей жидкости; V – рабочий объем секции рабочих органов; ρ – плотность рабочей жидкости; f – площадь проходного сечения рабочих органов; δ – значение радиального натяга в рабочих органах ВЗД.

Из приведенных зависимостей видно, что проектирование режима

бурения с применением ВЗД является оптимизационной задачей, определяющей соответствие конструктивные особенности двигателя общетехнологическим режимным параметрам проводки скважины с учетом инженерно-геологических условий.

В качестве основного конструктивного параметра, определяющего нагрузочную способность ВЗД можно выделить значение радиального натяга в рабочих органах. Как правило, при проектировании режима бурения скважин с применением ВЗД значение δ принимается паспортным. Однако, в процессе эксплуатации происходит неизбежное уменьшение радиального натяга вследствие износа поверхности рабочих органов. В свою очередь, это приводит к снижению крутящего момента на выходном валу и уменьшению нагрузочной способности двигателя, что резко снижает технико-экономические показатели бурения. Особенно заметно влияние износа на снижение крутящего момента ВЗД при использовании в качестве рабочих жидкостей азиро-ванных растворов и пенных систем, так как в таких условиях характеристика двигателя M/n становится гораздо менее жесткой. Важно также отметить, что несоответствие запроектированной величины осевой нагрузки уменьшеному, вследствие снижения радиального натяга, текущему значению крутящего момента выводит режим эксплуатации двигателя за пределы оптимального, снижает эффективность работы породоразрушающего инструмента и повышает интенсивность износа.

Наиболее простым способом компенсации снижения крутящего момента в процессе применения ВЗД является увеличение расхода рабочей жидкости [3]. Однако такая мера не всегда эффективна и может привести к возникновению различных осложне-

ний в скважине. Так, увеличение расхода значительно повышает величину гидродинамической составляющей, особенно, в случае применения двигателей малого диаметра, а в условиях бурения на депрессии (равновесии) является крайне нежелательным, так как способствует кольматации призабойной зоны вскрываемого горизонта и часто приводит к возникновению дифференциального прихвата.

В настоящее время одним из основным направлений повышения эффективности применения ВЗД при бурении и ремонте скважин является обеспечение сохранения первоначального натяга в рабочих органах в процессе эксплуатации двигателя. В основном эта задача решается конструктивными методами – увеличением активной части длины секции рабочих органов, применением статоров с равной толщиной эластомерной обкладки, секционированием и т.д. В ряде случаев, реализация этих решений имеет значительные ограничения, связанные как с техническими проблемами изготовления, так и с технологическими факторами применения. В первую очередь это касается двигателей среднего и малого диаметра, объем применения которых значительно вырос в последнее время. Это объясняется значительным увеличением такого вида работ, как зарезка и бурение боковых стволов, строительство многозабойных скважин и проведение различных ремонтно – восстановительных работ. С учетом наметившейся тенденции востребованность ВЗД малого и среднего типоразмеров будет только возрастать. Прежде всего это связано с необходимостью увеличения объема разработки нефтегазовых месторождений, расположенных в континентальном шельфе морей, как в России, так и за рубежом, а также необходимостью

сооружения скважин в труднодоступных районах Восточной Сибири. Экономическая эффективность строительства скважин в таких условиях может быть достигнута именно путем зарезки м бурения дополнительных стволов в разведочных скважинах и скважинах бездействующего фонда, где применению ВЗД малого диаметра практически не существует альтернативы.

Широкое внедрение в последнее время долот нового поколения, особенно типа PDC, предъявляет повышенные требования к износостойкости забойного привода. Одним из перспективных направлений повышения эффективности применения ВЗД при бурении и ремонте скважин, является проектирование режима бурения с учетом прогнозируемого снижения нагрузочной способности двигателя в конкретных условиях эксплуатации.

С этой целью, необходимо на стадии проектирования технологического режима проводки или ремонта скважин с применением ВЗД, учитывать изменение осевой нагрузки на долото из условий снижения крутящего момента двигателя вследствие снижения натяга в рабочих органах.

Для этого целесообразно установить зависимость влияния основных эксплуатационных факторов на скорость уменьшения первоначального натяга, т.е. на интенсивность изнашивания поверхностей ротора и статора ВЗД.

Интенсивность изнашивания V_i , характеризующая скорость снижения величины натяга в рабочих органах вследствие износа поверхностей ротора и статора, в общем случае зависит от значения первоначального натяга (δ_0), определяющего величину нормальной силы в контакте (N), относительной скорости перемещения ($V_{ск}$) и концентрации абразивного материала в рабочей жидкости (C_a) [3].

Функциональная зависимость, определяющая взаимосвязь влияния этих факторов на скорость снижения первоначального натяга в рабочих органах ВЗД была получена с применением теории размерностей [4].

$$V_j = \Phi \left(\frac{\delta_0}{\sqrt{N}} \cdot V_{ck}^2 \cdot \sqrt{C_a} \right) \quad (3)$$

В соответствии с полученной зависимостью, изменение скорости изнашивания является многомерной функцией трех переменных. Для практического использования полученной зависимости необходимо получение отдельных экспериментальных зависимостей влияния каждого из трех аргументов, входящих в уравнение (3).

$$\begin{aligned} V_j &= f \left(\ln \left(\frac{\delta}{\sqrt{N}} \cdot V_{ck}^2 \cdot \sqrt{C_a} \right) \Big|_{V_{ck} = const} \right) = f(p_\delta) \\ V_j &= f \left(\ln \left(\frac{\delta}{\sqrt{N}} \cdot V_{ck}^2 \cdot \sqrt{C_a} \right) \Big|_{\frac{\delta}{\sqrt{N}} = const} \right) = f(p_v) \\ V_j &= f \left(\ln \left(\frac{\delta}{\sqrt{N}} \cdot V_{ck}^2 \cdot \sqrt{C_a} \right) \Big|_{\frac{\delta}{\sqrt{N}} = const} \right) = f(p_c) \end{aligned} \quad (4)$$

После преобразований с применением теоремы о полном дифференциале многомерной функции, зависимость изменения скорости снижения натяга от влияния основных эксплуатационных факторов запишется в виде:

$$\begin{aligned} V_j(p_\delta, p_v, p_c) &= V_{j0} + \frac{\partial V_{j0}}{\partial p_\delta} dp_\delta + \\ &+ \frac{\partial V_{j0}}{\partial p_v} dp_v + \frac{\partial V_{j0}}{\partial p_c} dp_c \end{aligned} \quad (5)$$

где V_{j0} – значение функции в опорной точке (за опорную точку принимается значение функции, рассчитанное для констант соответствующих аргументов).

Приведенные зависимости дают представление о взаимосвязи влияния основных эксплуатационных факторов на интенсивность изнашивания в рабочих органах ВЗД определяющую характер изменения режимно-технологических параметров в процессе эксплуатации. Практически, использование полученных результатов с учетом анализа промысловых данных по отработке ВЗД в реальных условиях, позволит проектировать процесс бурения с применением ВЗД с позиций обеспечения его максимальной технологической стабильности. Повышение эффективности применения ВЗД при бурении и ремонте скважин может быть достигнуто за счет разработки, на основе полученных зависимостей, математического алгоритма корректировки технологического режима на стадии проектирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркунов В.С. Проектирование гидравлической программы промывки скважины при бурении с помощью винтовых забойных двигателей [Текст] / В.С. Беркунов, Е.Г. Леонов // НТЖ «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2005. № 8-9. С. 7-10.
2. Леонов Е.Г. Гидроаэромеханика в бурении [Текст] / Е.Г. Леонов, В.И. Исаев // М.: Недра – 1987. С. 304.
3. Балденко Д.Ф. Винтовые забойные двигатели [Текст] / Д.Ф. Балденко, Ф.Д. Балденко, А.Н. Гноевых. М.: Недра, 1999. С. 374.
4. Акопов С.А. Вывод функционального уравнения интенсивности износа рабочих органов винтовых забойных двигателей с применением теории размерностей [Текст] / С.А. Акопов, Н.С. Пенкин, Г.П. Шелудько, Р.В. Карапетов [и др.]: сб. науч. тр. // Проблемы эксплуатации и капитального ремонта скважин на месторождениях и ПХГ / СевКавНИПИГаз. Ставрополь: СевКавНИПИГаз, 2003. С. 176-185. **ГАЗ**

Коротко об авторе

Карапетов Р.В. – ЗАО «Газтехнология» (Joint-Stock Company "Gaztehnologiya"),
bsb.gt@rambler.ru