

УДК 621.651.694

Н.В. ТКАЧЕНКО, ассистент,

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

УВЕЛИЧЕНИЕ МОТТО-РЕСУРСА ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИХ РОТОРОВ

Увеличение мотто-ресурса винтовых забойных двигателей за счет упрочнения поверхностного слоя их роторов.

Проведен анализ причин выхода из строя винтовых забойных двигателей, показано, что большинство случаев потери работоспособности связанные с износом рабочих органов. Одним из решений продолжения срока службы винтовых забойных двигателей есть изготовление рабочих органов повышенной надежности. Наибольшее распространение получил способ упрочнения поверхностного слоя ротора методом хромирования.

Как показала практика, несмотря на высокую износостойкость хромовых покрытий, хромирования поверхностного слоя не позволяет существенно увеличить долговечность ротора, а изготовление новых роторов, в конечном счете, увеличивает стоимость двигателя.

Для решения этой проблемы предлагается альтернативный вариант поверхностного упрочнения ротора газотермическим напылением. Анализ показывает, что данный метод является одним из кардинальных в решении вопроса повышения надежности ротора, снижения себестоимости его обслуживания, обеспечения конкурентоспособности, продолжения ресурса эксплуатации винтового забойного двигателя.

С использованием оборудования, которое существует в настоящее время, материалов и технологий газотермического напыления становится возможным значительно снизить или исключить влияние на изнашивание деталей таких факторов, как эрозия, коррозия, кавитация и другие. Приведены преимущества и результаты использования метода газо-термического напыления.

Внедрение в конструкцию винтовых забойных двигателей роторов с упрочненным поверхностным слоем обеспечит повышение их энергетических характеристик и надежности при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин.

Ключевые слова: мото-ресурс, винтовые забойные двигатели, газотермическое напыление, работоспособность.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Современный уровень технологии бурения глубоких скважин и его постоянное развитие, создание новых инструментов для более интенсивного разрушения пород, необходимость удовлетворения требований экологии и безопасности выдвигают все более высокие требования к повышению эксплуатационных характеристик и надежности бурового инструмента и, в частности, винтовым забойным двигателям (ВЗД).

Необходимо подчеркнуть, что мотто-ресурс современных долот, которые выпускаются отечественной промышленностью достаточно высокий, и составляет 600-900 часов в зависимости от геологических характеристик вскрываемого разреза, тогда как паспортный ресурс ВЗД составляет около 200 часов при работе на воде [1].

Фактические данные по обработке ВЗД в разных регионах страны весьма противоречивые и колеблются от 20 до 370 часов.

В процессе эксплуатации двигателя в результате износа рабочей секции существенно изменяется его энергетическая характеристика, которая сопровождается снижением рабочего перепада давления и влечет за собой уменьшение крутящего момента, а значит снижение нагружающей способности двигателя [2].

Опыт использования ВЗД в бурении и капитальном ремонте скважин показывает, что двигатель теряет работоспособность ввиду следующих основных причин:

- износ рабочих органов (РО);
- износ шарнирного соединения;
- износ шпинделя;

выход из строя по технологическим причинам (шламирование рабочих органов, разъединение элементов роторной группы, разъединения корпусной резьбы, неисправность переливного клапана и др.);

аварийный выход из строя (отрывание резиновой обкладки статора от корпусной трубы, излом торсиона, карданного и исходного валов и тому подобное).

Сравнительный статистический анализ причин выхода из строя винтовых забойных двигателей показал, что 49 % случаев потери работоспособности связаны с износом рабочих органов "рис. 1".



Рис. 1. Сравнительная диаграмма причин выхода из строя ВЗД

В процессе эксплуатации рабочие органы ВЗД поддаются разным видам изнашивания: усталостному, фрикционному, гидроабразивному по закрепленному и незакрепленному абразиву, а также эрозионному и коррозионно-механическому при действии повышенных давлений и температур “рис. 2”.

Именно интенсивность изнашивания определяет величину мотто-ресурса рабочих органов и эффективность использования ВЗД в половине случаев применения.

Таким образом, повышение износостойкости рабочих органов ВЗД актуальное научно-техническое задание, неотъемлемо связанное с технологической эффективностью бурения и ремонта скважин.

Анализ исследований и публикаций.

Большой взнос в конструирование, создание и усовершенствование героторных машин, а также в исследование рабочих процессов ВЗД для бурения и капитального ремонта скважин внесли такие ученые как: Д.Ф. Балденко, Ф.Д. Балденко, Т.Н. Бикчурин, Ю.В. Вадецкий, М.Т. Гусман, В.Б. Голдобин, Ю.А.

Коротаев, А.М. Кочнев, В.А. Каплун, С.С. Никомаров и такие зарубежные специалисты как: Y. Forrest, M. Garrison, T. Hudson, R. Moineau, V. Tiraspolsky, W. Teshirky, R. Yurgens, K. Wenzel и др. Анализ результатов их исследований показал, что двигатели, которые серийно выпускаются, имеют не большой мотто-ресурс. Зарубежные героторные механизмы, по сравнению с аналогичными российскими машинами, имеют увеличенный мотто-ресурс рабочих органов (от 65 до 120 год), а двигатели российских производителей отличаются повышенными показателями энергетических характеристик. При этом общей проблемой является отказ ВЗД, а также невысокий показатель времени их работы.

Постановка задания. Цель данного труда - повышение эксплуатационных характеристик винтовых забойных двигателей за счет упрочнения поверхностного слоя роторов методом газотермического напыления.

Изложение материала и результаты. Частичным решением проблемы износа РО является применение смазочных добавок к буровым растворам. Однако они не во всех случаях обеспечивают необходимые параметры реологии буровых растворов. Кроме того, сведения о влиянии триботехнических свойств растворов на возможность продолжения срока службы ВЗД отсутствуют. В то же время выход из строя пружинно-эластической обкладки статора и ротора героторной машины в результате износа и удорожание ремонта (реставрации) ограничивает последующую их эксплуатацию. Одним из решений продолжения срока службы ВЗД есть изготовление рабочих органов повышенной надежности.

Рассмотрим несколько способов изготовления роторов и используемые при этом материалы. Известно четыре способа создания винтовых поверхностей роторов: точение с применением «вихревой» головки или одиночного резца на станках ЧПУ (или использование дисковых фрез); обработка червячными фрезами по методу обкатки на горизонтально-зубофрезерных станках; гидроштамповка с применением специального оборудования; горячая прокатка с использованием прокатных станов. Наибольшее распространение получили первые два способа. При хромировании чистота поверхности зубов обеспечивается двойным полированием абразивными кругами на вулканитовой основе.

Как показала практика, несмотря на высокую износостойкость хромовых покрытий, хромирования поверхностного слоя не позволяет существенно увеличить долговечность ротора, а изготовление новых роторов, в конечном счете, увеличивает стоимость двигателя.

Для решения этой проблемы предлагается альтернативный вариант поверхностного упрочнения ротора газо-термическим напылением (ГТН). Анализ показывает, что данный метод является одним из кардинальных в решении вопроса повышения надежности ротора, снижения себестоимости его обслуживания, обеспечения конкурентоспособности, продолжения ресурса эксплуатации ВЗД. С использованием оборудования, которое существует в настоящее время, материалов и технологий газо-термического напыления становится возможным значительно снизить или исключить влияние на изнашивание деталей таких факторов, как эрозия, коррозия, кавитация и другие.

Преимущества метода газо-термического напыления:
 высокие эксплуатационные свойства покрытий;
 отсутствие тепловой деформации детали, что напыляется;
 возможность создания соединения между разнородными материалами, получение биметаллических деталей;
 возможность многократного возобновления изношенных деталей;
 отсутствие избыточных напряжений после нанесения покрытия;
 высокая производительность процесса, до 25 кг/час;
 возможность нанесения покрытий толщиной больше 10 мм.

К наиболее распространенным газо-термическим методам нанесения защитных покрытий можно отнести: газопламенное напыление; плазменное напыление; высокоскоростное напыление (HVOF); электродуговую металлизацию; порошковое газопламенное напыление. Перечисленные методы имеют широкий спектр решения поставленных задач в области упрочнения поверхностного слоя машин, агрегатов и элементов конструкций [6].

В ходе проведенного анализа было установлено, что наиболее работоспособными в данных условиях являются твердосплавные карбидо-вольфрамовые покрытия, наносимые методом сверхзвукового напыления HVAF (high velocity air fuel) "рис. 3".

За счет высокой скорости газообразной струи, в несколько раз превышающей скорость звука, обеспечиваются минимальная пористость покрытия (<0,5%) и высокие адгезионные характеристики покрытий (выше 70 МПа).



Рис. 3. Роботизированный комплекс для нанесения твердосплавного покрытия методом HVAF

Использование сжатого воздуха в качестве окислителя позволяют уменьшить содержание окислов в покрытии и снизить термическое воздействие на подложку и частицы напыляемого материала, что, в свою очередь, уменьшает внутренние напряжения в формируемом покрытии.

Нанесение покрытия на основе карбида вольфрама толщиной 200 мкм обеспечивает защиту ротора ВЗД от изнашивания и коррозии в соляном буровом растворе и увеличения мотто-ресурса двигателя с 200 до 600 часов.

Выводы и направление последующих исследований. Анализ отечественных и зарубежных литературных источников, инструктивного и методического материала, а также практического опыта бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин свидетельствует о том, что в доминирующем большинстве случаев применения винтовой двигатель теряет работоспособность в результате выхода из строя секции рабочих органов. Причем технологическая стабильность использования ВЗД, также определяется износостойкостью пары ротор-статор.

На основе результатов проведенных исследований предложено конструкторское решение, что позволяет увеличить мотто-ресурс ВЗД.

Решение, положенное в основу создание новых типов ВЗД. Внедрение в конструкцию ВЗД роторов с упрочненным поверхностным слоем обеспечит повышение их энергетических характеристик и надежности при бурении и ремонте нефтяных и газовых скважин.

Список литературы

1. Павлык В.Н., Шулепов В.А. Об эффективности применения винтовых забойных двигателей / М.: Вестник ассоциации буровых подрядчиков, 2002. №4. С. 24–25.

2. Балденко Д.Ф., Медведева Л.Н. Усовершенствование конструкции рабочих органов забойных винтовых двигателей / М.: Машины и нефтяное оборудование. 1982. № 5. С. 9–10.
3. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые забойные двигатели / М.: Недра. 1999. С. 374.
4. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Одновинтовые гидравлические машины: 2 т. Т. 2. Винтовые забойные двигатели. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 858 с.
5. Бобров М.Г. Результаты внедрения новых винтовых забойных двигателей Пермского филиала ВНИИБТ / М.: Вестник ассоциации буровых подрядчиков. 2000. №1. С. 36–40.
6. Budepudi V. Drilling fluid type affects elastomer selection /Budepudi V., Michael Wilson J., Patel A. // Oil and Gas Journal. 1998. № 5. P. 75 – 80.
7. Коротаев Ю.А., Чудаков Г.Ф., Николаев В.Ю. Винтовые насосные секции и насосные установки Пермского филиала ВНИИБТ // Строительство нефтяных скважин на суше и на море, 2003. – № 9.
8. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов / под. ред. Г.С. Писаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1988. – 736 с.
9. Плотников В.М., Фуфачев О.И. Тепловой расчет резиновой обкладки статоров винтовых забойных двигателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2010. – № 9. – С. 3–6.
10. Голдобин Д.А., Коротаев Ю.А. Особенности конструкции и технологии изготовления статоров винтовых забойных двигателей ООО «ВНИИБТ – Буровой инструмент», армированных стальной тонкостенной винтовой оболочкой // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2010. – № 11.
11. Коротаев Ю.А., Цепков А.В., Шулепов В.А. Опыт шлифования роторов винтовых забойных двигателей абразивным эластичным кругом. Перестройка инструментального производства - важнейшая задача 12 пятилетки : тез. докл. науч.-техн. конф. инструментальщиков Урала. – Пермь, 1988. – С. 41–42
12. Шулепов В.А., Цепков А.В. Технология чистой зубообработки роторов винтовых гидродвигателей / Повышение эффективности и качества в механосборочном производстве : тез. докл. научн.-техн. конф. в рамках программы международной выставки Технология - 91. – Пермь, 1991. - С. 4-5.
13. Шулепов В.А., Цепков А.В. Отделочная обработка роторов винтовых гидродвигателей : тез. докл. 27 научно-технической конференции по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в 1988-1990 гг. – Пермь, 1991. – С. 41
14. Коротаев Ю.А., Алпатов А.Н., Трубин А.С., Хохлов В.В., Шулепов В.А. Методы и средства контроля зубчатых поверхностей героторных механизмов винтовых забойных двигателей и насосов. Вестник ассоциации буровых подрядчиков, М.; 2011. –№1, С.16–20.
15. Коротаев Ю.А., Алпатов А.Н., Трубин А.С., Шулепов В.А. Прогрессивная технология и инструмент для зубообработки роторов винтовых забойных двигателей и винтовых насосов. Труды ВНИИБТ, М., 2011, С. 322–328
16. Шулепов В.А. Повышение ресурса рабочих органов винтовых забойных двигателей за счет восстановления статора и ротора. НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2011.– № 5,С. 2–4.

Рукопись поступила в редакцию 17.10.15

УДК 624.015

И.Е. ГРИГОРЬЕВ, В.В. КОНОНЕНКО, кандидаты техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет
Ю.И. ГРИГОРЬЕВ, магистр, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ КОНТУРА НА ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ОБДЕЛКЕ ТУННЕЛЯ

Приведен краткий обзор типов техногенных объектов, приведена их краткая классификация. Определено, что создание георесурсов необходимо осуществлять в процессе эксплуатации месторождения. Рассмотрен способ формирования техногенного месторождения. Способ предусматривает закладку горизонтальных тоннелей и вертикальных колодцев при формировании техногенного месторождения. Оценено влияние характера геометрической формы контура выработки на характер деформирования и разрушения породного массива. Была рассмотрена круглая и арочная форма сечения выработки. Решение задачи проводилось с помощью метода конечных элементов. Решение реализовано программным комплексом PLAXIS в связи с невозможностью аналитического решения. Комплекс представляет собой пакет вычислительных программ для конечно-элементного расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений, фундаментов и оснований. Рассмотренная задача решалась как статическая, для упрощения расчетов была принята модель Кулона-Мора для изотропного грунта. В ходе расчета получены значения напряженно-деформированного состояния на контуре обделки туннеля. Расчеты показали, что толщина крепи туннеля в 300 мм проходит проверку по несущей способности для обоих вариантов сечения конструкции. Установлено, что для арочного варианта обделки выработки преобладают значительные деформации в подошве, что приведет к вспучиванию подошвы выработки. Сделан вывод, что круглое сечение обделки туннеля более предпочтительно как с точки технологически-конструктивных, так и деформационных особенностей. Более детальные ре-