



УДК 628.147.22

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СВЕРХНОРМАТИВНОЙ КРИВИЗНЫ СКВАЖИН НА ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕФТЕДОБЫЧИ

INFLUENCE OF CORROSION OF OIL AND GAS EQUIPMENT AND SUPERFORMATIVE CURVATURE OF WELLS ON PRODUCTIVITY OF OIL PRODUCTION

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Беденко Даниил Евгеньевич

студент,
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
danil-bedencko2012@yandex.ru

Кирилкин Дмитрий Юрьевич

студент,
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
kirilkin7863@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена влиянию коррозии нефтегазового оборудования и сверхнормативной кривизны скважины на продуктивность нефтедобычи. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин.

Ключевые слова: магнитно-импульсный дефектоскоп; межремонтный период скважин; спускоподъёмные операции; насосно-компрессорные трубы; инклинометр гироскопический многоточечный.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of chemical sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of chemistry department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Bedenko Daniel Evgenyevich

Student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
danil-bedencko2012@yandex.ru

Kirilkin Dmitry Yurievich

Student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
kirilkin7863@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the effect of corrosion of oil and gas equipment and excess curvature of the well on the productivity of oil production. The use of magnetic-impulse defectoscopy to monitor well condition.

Keywords: magnetic pulse flaw detector; overhaul period of wells; descent lifting operations; tubing; gyroscopic multipoint inclinometer.

В настоящее время большая часть Российской добычи нефтими методами приходится на Западную Сибирь. При этом доля трудноизвлекаемых запасов, разработка которых осложнена большими глубинами и удалённостью от потребителя, растёт с каждым годом.

В ближайшее время прогнозируется снижение темпов добычи нефти (в 2019 году до 290 миллионов тонн, в то время как в 2015 году добыча составляла 300 миллионов тонн). Восстановление добычи до 300 миллионов тонн планируется только к 2035 году. Рост доли трудноизвлекаемых запасов требует поиска эффективных методов по борьбе с осложнениями в процессе добычи.

Осложнения, происходящие в процессе разработки месторождений, приводят к сокращению добычи нефти, межремонтного периода, всё это негативно сказывается на экономической составляющей проекта.



В статье рассмотрены методы борьбы с осложнениями, возникающими при разработке месторождений, позволяющие добиться роста дебита нефти (с 20 до 30 тонн/сут.) при сравнительно небольших капитальных затратах.

По мере увеличения обводнённости, солесодержания и КВЧ продукции скваин, возрастает также скорость коррозионного износа одземного оборудования. В последние годы прослеживается тенденция роста количества отказов погружного оборудования добывающих скважин вследствие коррозионных разрушений. Наблюдается коррозия, как внутренней стенки НКТ, так и внешней поверхности корпусов погружных электродвигателей (ПЭД). Причём коррозия ПЭД является причиной примерно 70 % отказов скважин, вышедших из строя. Всего же количество отказов погружного оборудования вследствие коррозии за последние два года увеличилось в 4–5 раз, и на сегодняшний день составляет в целом 13–15 % от действующего фонда скважин.

Межремонтный период скважин (МРП), подвергшихся коррозии, варьируется от 27 до 300 суток и составляет в среднем 100 суток при среднем общем МРП – 300 суток. Потери в добыче нефти из-за отказов скважин по причине коррозии достигают 2000 тонн/год.

Визуальное обследование коррозионных повреждений подземного оборудования указывает на протекание в скважинах мейза-коррозии, инициированной истиранием защитного покрытия при его спуске в скважину и язвенно-канавочной коррозии. Последняя локализуется только на одной стороне корпуса ПЭД, в месте его контакта с обсадной колонной. При этом скорость коррозии обычно резко возрастает за счёт добавления к углекислотной коррозии – контактной, щелевой, фреттинг и электрокоррозии.

Сверхнормативная кривизна скважин также существенно влияет на надёжность работы насосного оборудования – установки электроприводного центробежного насоса (УЭЦН).

В процессе бурения из-за несоблюдения технологии иногда происходит сверхнормативное искривление ствола скважин, что ухудшает условия работы насосного оборудования, а в некоторых случаях ограничивает глубину его возможного спуска. Для интенсификации добычи, в этом случае требуется бурение новых скважин с большими отходами, где следует чётко отслеживать геометрию ствола.

Не менее важное значение имеет учёт искривления в зоне спуско-подъёмных операций (СПО). При больших (более 2° на 10 м) искривлениях ствола в интервале спуска-подъёма, в особенности при высокой скорости СПО, повышается вероятность обрыва УЭЦН или возникновения остаточных деформаций узлов установки, что резко сокращает МРП.

Причины снижения продуктивности призабойной зоны скважин

Как показывают исследовательские работы и опыт эксплуатации скважин, снижение коэффициента продуктивности призабойной зоны при первичном и вторичном вскрытии пласта может быть вызвано:

- проникновением в порово-трещинное пространство фильтрата и твёрдой фазы бурового раствора;
- образованием нерастворимых осадков, которые выпадают в порах и трещинах пласта;
- образованием на границе контакта промывочной жидкости с нефтью стойких водонефтяных эмульсий, которые препятствуют продвижению нефти из пласта в скважину.

Способы себестоимость борьбы с осложнениями при эксплуатации добывающих скважин

Наличие чётко структурированного, последовательного алгоритма с ясно обозначенными обязанностями и ответственными лицами со стороны как подрядчика, так и заказчика является необходимым условием для достижения и постоянного улучшения заданных показателей эффективности эксплуатации добывающих скважин.

Необходим специальный подбор УЭЦН к условиям конкретной скважины для использования наиболее оптимального типоразмера оборудования с точки зрения надёжности и энергоэффективности. Производство и ремонт УЭЦН необходимо проводить в соответствии со строжайшими стандартами контроля качества, принятыми в индустрии и у производителя оборудования.

Кроме того, для предотвращения снижения качества и вредного воздействия на оборудование в ходе проведения эксплуатационных работ, требуется проведение комплекса мероприятий по его полевому обслуживанию. Среди них монтаж/демонтаж на устье скважины, погрузочно-разгрузочные работы, транспортировка оборудования. Кроме того, разбор и анализ причин отказов оборудования, позволяет выявить какие изменения в конструкцию или процедуру эксплуатации УЭЦН следует внести, для предотвращения и устранения причин отказов и увеличения наработки.

Для борьбы с коррозией нефтегазового оборудования рекомендуется:

- использование НКТ повышенной группы прочности – Е и Р, из новых более прочных и стойких сталей (типа 13ХФА, 09ГСФ);
- в условиях углекислотной коррозии – целесообразно применение НКТ с содержанием хрома 5 %, поскольку имеется успешный опыт его применения в Западной Сибири (примечательно, что коррозионная стойкость насосно-компрессорных труб (НКТ) с содержанием хрома до 5 % обусловлена об-



разованием на их поверхности непроницаемой пассивирующей плёнки, стабильной до 120–150 °С). В настоящее время данный способ антикоррозионной защиты успешно зарекомендовал себя на месторождениях ОАО «Томскнефть» ВНК и ООО «Газпромнефть-Восток»;

- проведение очистки скважин от частиц нерастворимых примесей посредством их глушения солевыми растворами;
- применение метода периодической закачки или постоянной дозировки в затрубное пространство скважин ингибиторов коррозии ВИСКО-938, Додикор, Кормастер 1025, Servo VCA-148, VCA-497 или др. Эти ингибиторы успешно применяются на месторождениях Томской области, со схожими условиями добычи, и обеспечивают уменьшение скорости коррозии до 0,03–0,05 мм/год.

Примечательно, что наиболее эффективными по результатам испытаний на месторождениях Томской области (Герасимовское, Ванеганское) показали себя ингибиторы фирмы «Servo Delden Ltd.» (Нидерланды), VCA-148, VCA-497. Они обладают комплексным ингибиторным и бактерицидным действием, что в условиях разрабатываемого месторождения позволяет бороться с сульфатвосстанавливающими бактериями (СВБ).

Существенным достоинством ингибиторов является защита не только внутрискважинного обору́дования, но и выкидных линий, нефтесборных сетей. Однако применение ингибиторов связано с их безвозвратными потерями (это обусловлено невозможностью их регенерации); ограничено их высокой стоимостью и значительными эксплуатационными расходами на дозировочные агрегаты, проведение обследований и коррозионный мониторинг. Подбор эффективного ингибитора и его рабочих концентраций должен осуществляться на основе лабораторных исследований, с учётом состава воды данного месторождения и с последующими промысловыми испытаниями.

Решая проблему сверхнормативной кривизны скважин, для выявления наиболее «опасных» участков, перед спуском насоса в скважину рекомендуется произвести поинтервальный (через 10 м) расчёт параметров кривизны скважин с использованием компьютерных программ, таких как «Rosump» (ОАО «НК «Роснефть»), «Автотехнолог» (РГУ им. Губкина). При подборе УЭЦН к параметрам наклонно-направленных скважин рекомендуется учитывать размеры наиболее габаритных узлов погруженных электродвигателей и нижних секций насосов. При выявлении опасных участков необходимо соблюдать меры предосторожности при спускоподъёмных операциях с УЭЦН.

При определении реальной кривизны скважины рекомендуется применять шаблон-калибр с самописцем конструкции ВНИИГИС (г. Октябрьский, Башкортостан), позволяющий регистрировать максимальные усилия при спуске по всей глубине скважины. Кроме этого, для повышения точности расчётов рекомендуется производить контрольную инклинометрию с помощью инклинометров гироскопических многоточечных ИГМ-73-120/60 и ИГМ-42-120/60 производства Ижевского механического завода, что позволит определить фактическую кривизну обсаженной скважины и оценить её для эксплуатации насосным оборудованием.

Применение магнитно-импульсной римесями дефектоскопии для текущий контроля за состоянием правильных скважин

Одной из наиболее актуальных проблем, возникающих при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, является контроль технического состояния эксплуатационных и технических колонн, насосно-компрессорных труб (НКТ) муфтовых соединений, фильтров и оценка качества перфорации (являются ли перфорационные отверстия сквозными или повреждены лишь внутренние слои металла). Коррозия конструкционных элементов может привести к неэффективной работе скважины и «утерянной нефти», которую не удалось добыть из-за утечек через сквозные отверстия, вызванные коррозией. При этом непоправимый ущерб наносится и окружающей среде, поэтому предприятия топливно-энергетического комплекса по добыче и транспортировке нефти остаются крупнейшим промышленными источниками загрязнения окружающей среды.

Актуальной задачей является анализ состояния колонны через НКТ, так как подъём НКТ – это дорогостоящая и трудоёмкая операция, особенно при работе на морской платформе. Традиционные электромагнитные дефектоскопы сканируют металлическое окружение всего на двух частотах, высокой и низкой, что позволяет определить лишь суммарную толщину металла на каждой глубине в двухбарьерном случае. При использовании данных дефектоскопов для анализа двухколонной конструкции невозможно отличить внешнюю коррозию НКТ от особенностей колонны, особенно, когда диаметры НКТ и колонны отличаются слабо.

Магнитно-импульсный дефектоскоп (МИД) создаёт электромагнитные импульсы и регистрирует отклик от окружающей среды. Конструкция дефектоскопа представлена на рисунке 1. Прибор содержит длинный зонд, короткий зонд, датчик температуры и датчик давления. Каждый зонд состоит из двух катушек, генерирующей и приёмной, расположенных концентрически вокруг сердечника.

Автономный магнитно-импульсный дефектоскоп, содержащий два высокоэффективных датчика, позволяет регистрировать отклик в широком диапазоне времен (0,1–275 мс). За счёт этого удаётся анализировать трубы из немагнитных сталей (хромированная сталь) и детектировать коррозию на



ранних этапах развития. Найти толщину первого и второго металлического барьеров (например, трубки и следующей за ней колонны, или двух колонн) независимо. Алгоритмы, созданные для обработки данных МИД, позволяют надёжно различать все элементы конструкции, коррозию НКТ и коррозию колонны. Разработанное программное обеспечение позволяет в короткие сроки проанализировать большой объём данных по скважине. Данная технология отлажена на лабораторных исследованиях и доказывает свою работоспособность при анализе скважин.



Рисунок 1 – Конструкция магнитно-импульсного дефектоскопа

Таким образом, повышение надежности и энергоэффективности эксплуатации скважин является основным параметром для максимизации рентабельности месторождений. Для борьбы с осложнениями необходима разработка и реализация комплексных мер, направленных на постоянный контроль и улучшение показателей эксплуатации.

Литература:

1. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1–2.
2. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
5. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
6. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Сполом.
7. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.
8. Попов В.В., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Кусов Г.В., Швец В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2017. – 326 с.
9. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
10. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГУ», 2019.
11. Баландин Л.Н., Елашева О.М., Дубовицкая Ю.А. Исследование и подбор растворителей АСПО // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 23–26.
12. Газизов В.З., Валяева А.О., Хаярова Д.Р. Анализ свойств АСПО и эффективность применения растворителей «МИА-Пром» и «ИНТАТ-1» для их удаления // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 65–67.
13. Молчанов С.А., Савенок О.В. Опыт применения нестационарных электромагнитных зондирований для изучения верхней части разреза и прогноза условий бурения поисково-разведочных скважин на примере Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 243–265.
14. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 189–205.
15. Савенок О.В., Поварова Л.В., Даниелян Г.Г. Технологическая эффективность геолого-технических мероприятий, применяемых на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 2. – С. 152–156.

**References:**

1. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal in 2 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House - South, 2011. – V. 1–2.
2. Bulatov, A.I., Voloshchenko, E.Yu., Kusov, G.V., Savenok, O.V. Ecology in the course of the oil and gas wells construction : textbook for the university students. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie-South, 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Overhaul of the oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012-2015. – V. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of the oil and gas wells» in 4 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – V. 1–4.
5. Bulatov, A.I., Savenok, O.V., Yaremychuk, R.S. Scientific basis and practice of oil and gas well development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
6. Bulatov A.I., Kachmar Y.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Development of the naphtha and gas sverdlov-in. Science and practice : monograph. – Lviv : Spole.
7. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Fundamentals of geophysical research during construction and operation of wells at oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 274 p.
8. Popov V.V., Tretyak, A.Ya., Savenok O.V., Kusov G.V., Shvets V.V. Geophysical research and well work : a training manual. – Novocheerkassk : Lik, 2017. – 326 c.
9. Savenok O.V., Kachmar Yu.D., Yaremychuk R.S. Oil and gas engineering for well development. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 c.
10. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of the oil and gas fields. – Krasnodar : Published by FGBOU VO KubGTU, 2019.
11. Balandin L.N., Elashva O.M., Dubovitskaya Yu.A. Research and selection of ASPO solvents // Bulatov Readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 23–26.
12. Gazizov V.Z., Valyaeva A.O., Khayarova D.R. Analysis of ARPD properties and efficiency of ARPD solvent application «MIA-Prom» and «INTAT-1» for their removal // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 65–67.
13. Molchanov S.A., Savenok O.V. Experience of application of non-stationary electromagnetic probes to study the upper part of the section and forecast drilling conditions of exploration wells on the example of Kovykta gas condensate field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2018. – № 4. – P. 243–265.
14. Povarova L.V. Analysis of methods of treatment of oily waste water // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2018. – № 1. – P. 189–205.
15. Savenok O.V., Povarova L.V., Danielyan G.G. Technological efficiency of geological and technical measures applied at Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – Parts 2. – P. 152–156.