

УДК 622.276

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА КОЛОННЫ ШТАНГ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СМАЧИВАНИЯ**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF CORROSION EFFECT
ON ROD STRING MATERIAL STRENGTH CHARACTERISTICS
IN DIFFERENT WETTING CONDITIONS**

Кочеков М. А.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация

M. A. Kochekov

FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”,

Ufa, the Russian Federation

e-mail: kochekoff@yandex.ru

Аннотация. Проведен эксперимент по определению влияния смачивания коррозионной средой (пластовой водой) и новизны колонны штанг на скорость развития поверхностной коррозии, с последующей оценкой степени разрушения каждого из образцов на основе регулярной фотофиксации площади образца охваченной коррозионными процессами. Определены общие черты коррозионных процессов присущих морским буровым платформам и периодическому высокообводненному фонду ШСНУ (штанговых скважинных насосных установок), имеющих утечки через плунжерную пару в условиях Западной Сибири. Осуществлен сравнительный анализ дефектограмм полученных в результате дефектоскопии опытных образцов на установке электромагнитного дефектоскопа «Вектоскоп-С» до и после эксперимента, по результатам

которого определены особенности роста микротрещин на поверхности насосных штанг в зависимости от рассматриваемых параметров и в условиях, соответствующих Западной Сибири. По результатам дефектоскопии образцов измерена глубина каждой микротрещины с последующим обобщением данных и построением соответствующих графиков таких, как графики зависимости скорости роста микротрещины от первоначальной глубины ее проникновения в металл насосной штанги и скорости роста глубины микротрещины от величины смачивания (N). Проведена серия экспериментов по определению влияния коррозии металла штанги и роста глубины микротрещин при различных условиях смачивания и новизны на прочностные характеристики колонны штанг, путем измерения максимальной нагрузки пластической деформации до разрыва и диаметра штанги в месте обрыва. Установлено влияние смачивания насосной штанги минерализованной водой на рост глубины микротрещин в зависимости от их первоначальной глубины проникновения и особенностей смачиваемой среды. По результатам статического растяжения всех опытных образцов выявлено наиболее уязвимое звено в системе соединительная муфта – квадрат – галтель и оценена роль коррозионных процессов в статистике обрывов колонны штанг по соединительной муфте в условиях рассматриваемого региона. Осуществлен обобщенный сравнительный анализ влияния различных комбинаций новизны и смачивания на прочностные характеристики металла колонны штанг и развитие сети микротрещин.

Abstract. An experiment was conducted in order to determine the influence of rod string wetting with corrodent agent (formation water) and rod string novelty on the rate of development of surface corrosion, with further evaluation of each sample destruction degree on the basis of regular photofixation of the sample area affected by corrosion processes. Similarities in corrosion processes were identified, typical for offshore drilling platforms and periodic highly

watered stock of sucker rod pumping units, having plunger pair leakage in conditions of Western Siberia. A comparative analysis of the defectograms produced as a result of inspection of test samples with Vektoskop-S electromagnetic detector was conducted before and after the experiment, resulting in determination of micro crack growth characteristics on the surface of sucker rods, depending on the parameters considered and appropriate conditions of Western Siberia. According to the results of the inspection, depth of each micro crack was measured with further integration of the data obtained and construction of appropriate diagrams such as micro crack growth rate dependence on initial depth of its penetration into the sucker rod metal and micro crack depth growth rate dependence on wetting value (N). A series of experiments were conducted in order to determine the effect of rod metal corrosion and micro crack depth growth in different wetting conditions and novelty on rod string strength characteristics, by measuring maximum plastic deformation load to rupture and rod diameter in the spot of rupture. Influence of sucker rod wetting with salt water on micro crack depth growth was determined depending on the initial depth of micro crack penetration and the wetting agent characteristics. Based on the results of static tension of all test samples, the most vulnerable element in coupling - square – fillet system was identified and the role of corrosion processes in rod string coupling parting statistics was evaluated in conditions of the region under consideration. A generalized comparative analysis of the effect produced by various novelty and wetting combinations on rod string metal strength characteristics and micro crack development was conducted.

Ключевые слова: колонна штанг, коррозия, смачивание, микротрещины, обрыв штанг.

Key words: rod string, corrosion, wetting, micro cracks, sucker rod parting.

Условия применения ШСНУ в Западной Сибири и опыт их эксплуатации показывает, что на развитие усталостной коррозии влияет совокупность различных факторов в той или иной комбинации, приводящие к разрушению материала колонны штанг. К таким факторам можно отнести:

- обводненность продукции скважин;
- минерализация попутной воды;
- материал колонны штанг;
- угол наклона ствола скважины (совокупное влияние трения и коррозии);
- смачиваемость (на периодически работающем фонде за счёт утечек через насос, либо при наличии обратного клапана);
- новизна насосных штанг;
- марка стали насосных штанг и режим нагружения колонны штанг при эксплуатации.

Наиболее распространенной маркой стали насосных штанг, применяемых в Западной Сибири, является сталь 40 нормализованная, изначально предусмотренная для легких коррозионных условий эксплуатации и не отличающаяся особыми антикоррозионными свойствами. Для оценки влияния представленных факторов на коррозионное разрушение материала насосных штанг произведен комплекс экспериментальных исследований на примере реальных насосных полуштанг, эксплуатируемых в ОАО «Сургутнефтегаз», НГДУ «Нижнесортимскнефть».

С целью изучения влияния различных комбинаций периодического смачивания пластовой водой и новизны колонны штанг на поверхностную коррозию и развитие системы микротрещин на теле насосных штанг проведен эксперимент. В качестве опытных образцов взяты насосные полуштанги в количестве пяти штук из них три новые и две ремонтные (прошедшие нормы дефектоскопии после длительной эксплуатации),

которые по условию эксперимента помещаются в среды с различными условиями смачивания. Опытные образцы помещаются в лабораторные капсулы, схема одной из них представлена на рисунке 1.

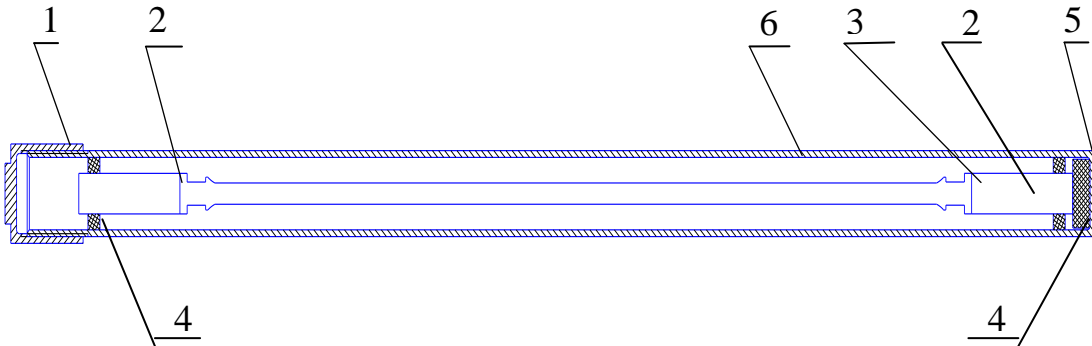


Рисунок 1. Схема лабораторной капсулы с помещенным в неё опытным образцом полуштанги

Лабораторная капсула состоит из стального сосуда 6, изолирующего насосную полуштангу 3 и прикрученных с торцов муфт 2 в минерализованной среде, при этом с одного торца капсула глухая, а с другого оборудована капсульной пробкой 1, для возможности извлечения образца. Для исключения электрохимической коррозии со стенками капсулы и имитации работы колонны штанг в приустьевой зоне, насосная полуштанга изолирована резиновыми кольцами 4 и подушкой 5.

Для оценки влияния смачивания и новизны колонны штанг на развитие поверхностной коррозии, образования сети микротрещин и в последствии на прочностные характеристики, представленные образцы отличаются как по новизне полуштанг и скрученных с ними насосных муфт, так и по условиям смачивания. Все опытные образцы, кроме одного, помещены в минерализованную воду, имитирующую пластовую воду с минерализацией соответствующей средним показателям в районах эксплуатации нефтяных месторождений Западной Сибири, равной 23 г/л. Однако, как известно, скорость коррозии для солей хлорнатриевого типа, имеющих наибольшую концентрацию в пластовых водах данного региона,

зависит от величины минерализации практически в прямо пропорциональной зависимости при величине более 300 мг/л. Поэтому для искусственного увеличения скорости коррозии, с целью уменьшения длительности эксперимента, минерализация была увеличена в пять раз до 110г/л. С целью имитации периодически работающего малодебитного высокообводненного фонда ШСНУ, период накопления уровня которых составляет более 1 сут, часть опытных образцов, четыре раза в месяц, извлекалась на сутки из лабораторной капсулы.

Каждый образец подвержен индивидуальной комбинации условий смачивания коррозионной средой, рассмотрим каждый из них. Первый образец представляет собой ремонтную полуштангу с ремонтными муфтами с торцов, помещенную в минерализованную воду и, смачиваемую, согласно циклу периодической работы, представленному выше. Второй образец представлен новой насосной полуштангой с ремонтными муфтами с торцов, помещенной в воздушную среду, для сравнительной оценки прочностных характеристик. Третий образец - это новая насосная полуштанга с новой и ремонтной муфтами с торцов, подвергаемая смачиванию аналогично первому образцу. Четвертый образец, представлен новой полуштангой с новой и ремонтной муфтами с торцов, помещенной в минерализованную воду, и, не смачиваемой в течение всего эксперимента для имитации постоянной эксплуатации насоса. Пятый образец является ремонтной полуштангой с ремонтными муфтами, подверженной комплексу мероприятий аналогично четвертому образцу. Для создания движения потока жидкости все образцы ежедневно два раза в день подвергались продолжительному взбалтыванию (в течение пяти минут), заключавшемся в непрерывном переворачивании капсулы и перетоке минерализованной воды в незаполненную часть капсулы над верхним торцом полуштанги и обратно. В течение всего эксперимента температура в сосудах составляла 23°C, длительность эксперимента составила 6 месяцев, при этом для реальных условий с учетом

искусственного увеличения минерализации данный параметр бы составил 2,5 года. В течение всего эксперимента, один раз в месяц производился визуальный осмотр только смачиваемых образцов под номерами 1 и 3, а также образца, находившегося в воздушной среде. Анализ визуального осмотра поверхности опытных образцов полуштанги после представленного выше эксперимента показывает, что коррозия, присущая образцу № 1, имеет самые яркие и глубокие значения корродирования в сравнении с другими, при этом наибольшей коррозии были подвергнуты тело и галтели полуштанг. Коррозия образца № 1 сопровождалась отслоением слоев окисла железа с толщиной до 0,5 мм от материала полуштанг. Образец № 3, представленный новой полуштангой и новой муфтой также характеризуется коррозией 100% площади поверхности полуштанги, однако, в отличие от образца № 1 отслоения окислов железа не наблюдалось. Образцы № 4 и № 5 (ремонтная и новая полуштанги) после длительного нахождения в минерализованной воде также как и образец № 3 не подверглись глубокой поверхностной коррозии, несмотря на то, что процессами коррозии была затронута вся поверхность опытных образцов. На поверхности образца № 2, находившегося в воздушной среде, процессы коррозии затронули лишь ремонтные муфты, при этом в процентном соотношении от всей поверхности муфт, площадь коррозии составила 20%, что, прежде всего, связано с образованием оксидной пленки на поверхности металла, ограничивающей коррозионные процессы. Таким образом, по результатам эксперимента, можно сделать вывод, что процессы смачивания увеличивают скорость коррозионных процессов, при этом на данный параметр, как видно из сравнительного осмотра образцов № 1 и № 3, значительно влияет и новизна колонны штанг. Однако замечено, что при отсутствии смачивания, как видно из визуального осмотра образцов № 4 и № 5, коррозия проходит в аналогичной степени как для ремонтной, так и для новой полуштанги. Отсюда можно сделать вывод, что влияние новизны колонны штанг на коррозионные процессы актуально

только для периодически работающего фонда ШСНУ, сопровождающегося утечками через насосную пару.

Для более глубокого осмотра опытных образцов до и после эксперимента для сравнительной оценки развития сети микротрещин на поверхности полуштанг проводилась дефектоскопия с помощью электромагнитного дефектоскопа «Вектоскоп-С». Дефектоскопия опытных образцов проводилась одновременно путем их скручивания с целью получения наиболее качественных результатов, при этом последовательность скручивания соответствовала номерам образцов. В результате дефектоскопии опытных образцов до и после эксперимента получены дефектограммы, представленные на рисунке 2. Как видно из сравнительной дефектограммы, процессы коррозии в ходе эксперимента способствовали не только разрушению поверхностного слоя металла полуштанг, но и развитию микротрещин на теле опытных образцов. При этом наибольший рост глубины проникновения микротрещин был замечен на смачиваемых образцах. Более подробный анализ дефектограммы образца № 1 (ремонтная полуштанга) показал, что количество микротрещин увеличилось, но их глубина незначительна и эксплуатация в текущем состоянии возможна, однако необходимо учитывать, что эксперимент проводился без динамических нагрузок, которые впоследствии могут увеличить глубину проникновения данных нарушений до критических. Количество некритических микротрещин образца № 1 после эксперимента увеличилось в четыре раза, при этом практически не увеличилась глубина проникновения первоначальной одиночной микротрещины.

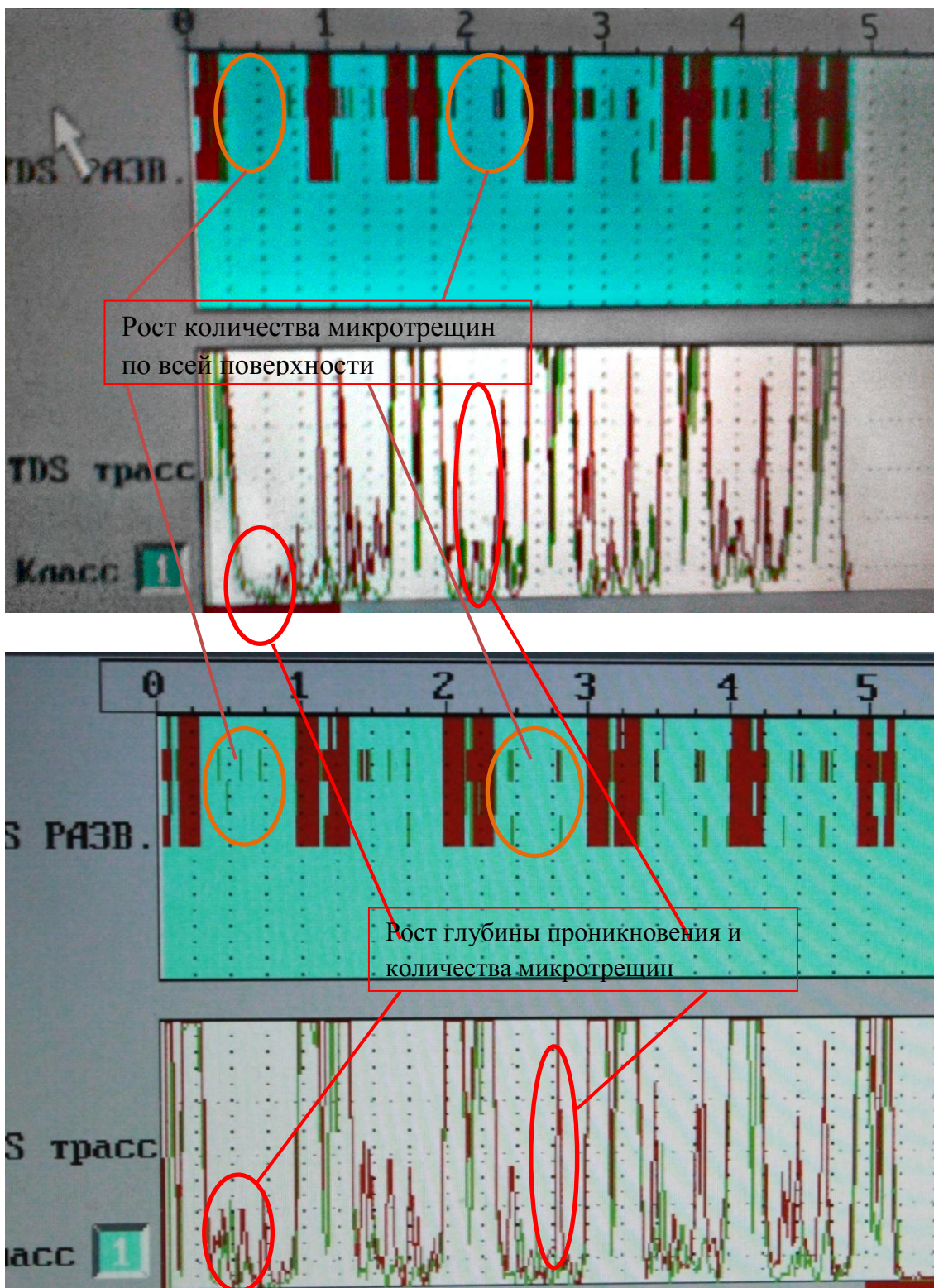


Рисунок 2. Сравнительная оценка дефектограмм пяти образцов до (сверху) и после (снизу) эксперимента

С помощью, используемого при этом дефектоскопа, возможно определять поперечные дефекты сплошности насосных штанг глубиной до

1,5 мм. При этом критической считается глубина дефекта, равная величине, составляющей 50 и более процентов от глубины риски, на которую настроен дефектоскоп, в данном случае, более 0,75 мм. Детальный сравнительный анализ дефектограмм до и после эксперимента образца № 3 также выявил увеличение количества микротрещин, при этом аналогично образцу № 1 большинство микротрещин оказались некритичными (менее 0,75мм), однако, у одной из них замечен рост глубины проникновения до критических, при которых эксплуатация полуштанги невозможна. Образец № 3, как видно из дефектограммы до эксперимента, являясь новым, уже имел две микротрещины, причем одна из них была критичной, исходя из чего, можно судить о заводском браке. Анализ дефектограмм образцов под номерами 2, 4 и 5 показал практически идентичное расположение и количество микротрещин до и после эксперимента, что свидетельствует об отсутствии условий, способствующих ускорению процессов коррозионного разрушения. Исходя из проведенного эксперимента и дефектоскопии опытных образцов, можно сделать вывод, что на развитие дефектов материала штанг, представленных микротрещинами, параметр смачивания оказывает существенное влияние, при этом развитие дефектов и увеличение их количества на ремонтных штангах более ярко выражено, чем на новых. Также анализ дефектограмм образцов № 1 и № 3 выявил, что при совокупном действии смачивания и коррозионного действия пластовой воды увеличение глубины трещины происходит в ускоренном темпе, в том случае если глубина микротрещины вышла за границу критичности (0,75 мм), как видно на примере развития микротрещины образца № 3.

По результатам проведенной дефектоскопии получены дефектограммы, по которым, можно судить о размерах и количестве микротрещин. Сравнительная оценка размеров микротрещин до и после эксперимента представлена в таблице 1, исходя из которой, построены графики зависимости (рисунок 3) скорости роста глубины микротрещин от

первоначальной глубины проникновения данных дефектов в материал полуштанг.

Таблица 1. Результаты замера микротрещин до и после эксперимента с помощью дефектоскопа

Номер образца	Порядковый номер дефекта	Глубина проникновения дефекта до эксперимента, мм	Глубина проникновения дефекта после эксперимента, мм
1	1	0,264	0,44
	2	0,176	0,44
	3	0,352	0,44
	4	0,44	0,528
2	1	0,616	0,792
	2	0,528	0,704
	3	0,704	0,704
3	1	1,056	1,056
	2	0,352	0,352
	3	1,144	1,496
4	1	1,232	1,232
	2	0,44	0,44
	3	1,408	1,496
5	1	0,704	0,924
	2	0,44	0,704
	3	1,232	1,408

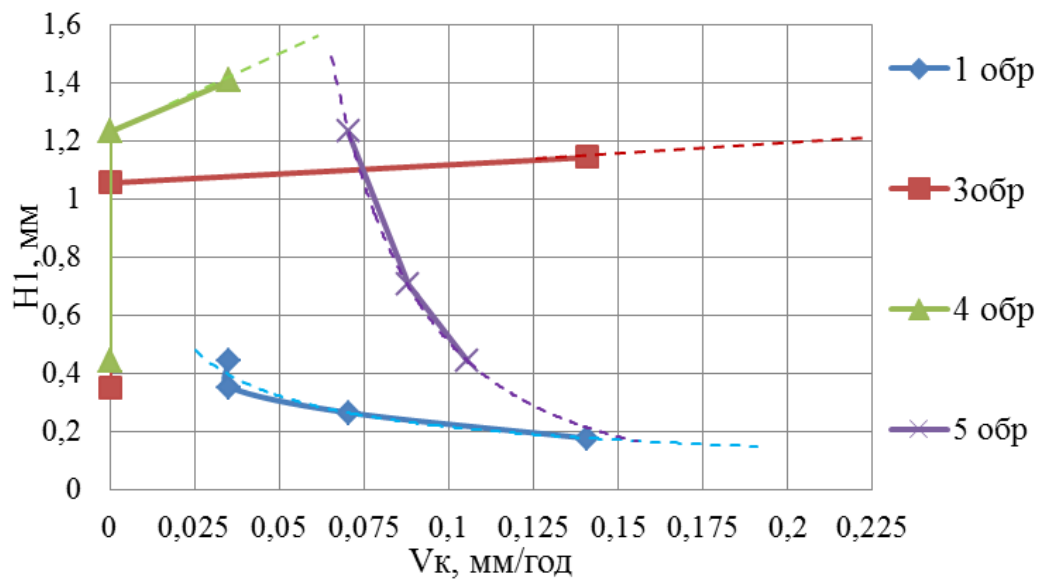


Рисунок 3. График зависимости скорости роста глубины микротрещин от первоначальной глубины проникновения (до эксперимента)

Анализ полученных кривых показывает, что зависимость скорости роста глубины микротрещин (V_k) от первоначальной глубины проникновения микротрещин (H_1) для ремонтных и новых штанг различаются по характеру распределения. Замечено, что во всех четырех образцах по мере уменьшения V_k величина H_1 стремится к определенной величине, в которой V_k практически не меняется (для ремонтных штанг), либо равна нулю (для новых штанг). При этом для новых штанг зависимость V_k от H_1 , носит линейный характер, где по мере роста H_1 , начиная с определенного значения, начинается рост V_k , что обусловлено более однородным распределением материала штанг и большим запасом прочности. Как видно из графика, зависимость V_k от H_1 для новой не смачиваемой штанги имеет более крутой характер, чем для штанги подверженной смачиванию, из чего можно сделать вывод о значительном влиянии смачивания на развитие сети микротрещин. Так для новой штанги микротрещина с первоначальной глубиной проникновения $H_1 = 1,25$ мм, не подверженной смачиванию, величина $V_k = 0,003$ мм/год, а для аналогичной смачиваемой штанги данная величина будет в сто раз больше и составит $V_k = 0,31$ мм/год. Для ремонтных штанг с ростом H_1 скорость роста микротрещин уменьшается, причем для ремонтной штанги подверженной смачиванию изменение V_k происходит в широком диапазоне величин, чего не наблюдается у штанги, не подверженной смачиванию. Уменьшая величину H_1 , видим, что в определенной точке обе кривые пересекаются, и смачивание начинает оказывать более существенное влияние на материал штанг. Таким образом для ремонтных штанг эффект смачивания губителен только для относительно небольших микротрещин с глубиной проникновения до 0,2 мм, для более глубоких микротрещин опасным является продолжительное нахождение в минерализованной воде без смачивания (без периодического извлечения в воздушную, газовую среду). Например: при $H_1 = 0,125$ м, V_k для не смачиваемой штанги будет равен 0,1750 мм/год, а для смачиваемой штанги

на 44% больше и составит $V_k = 0,2525$ мм/год, однако при $H_1 = 0,3$ мм для не смачиваемой штанги $V_k = 0,1225$ мм/год, а для смачиваемой на 52% меньше и составит $V_k = 0,058$ мм/год. Исходя из имеющейся информации можно сделать вывод о том, что эффект смачивания опасен только для поверхностного слоя материала колонны штанг, именно поэтому влияние оказывается лишь на неглубокие микротрещины ($H_1 < 0,2$ мм). Для глубоких трещин эффект смачивания наоборот предотвращает проникновения агрессивной среды вглубь дефекта. Также следует учитывать, что эксперимент проводился без приложения циклических знакопеременных нагрузок, способствующих возникновению периодического раскрытия микротрещин при эксплуатации штанговой колонны и, как следствие, приводящих к проникновению агрессивной среды в микротрещины, обеспечивая возникновение коррозионной усталости. Для оценки влияния величины смачивания на скорость роста микротрещин на примере новых штанг построен график зависимости $V_k = f(N)$ на рисунке 4. Кривая $V_k = f(N)$ как видно из рисунка имеет параболическую форму с разно наклоненными ветвями. Как видно из зависимости на примере новых полуштанг, подверженных смачиванию в агрессивной среде, (точки 2 и 3) в сравнении с полуштангой, находившейся во влажной воздушной среде (точка 1), смачивание оказывает существенное влияние при величине $N > 1$, при $N < 1$ V_k штанги находящейся в агрессивной жидкой среде уменьшается.

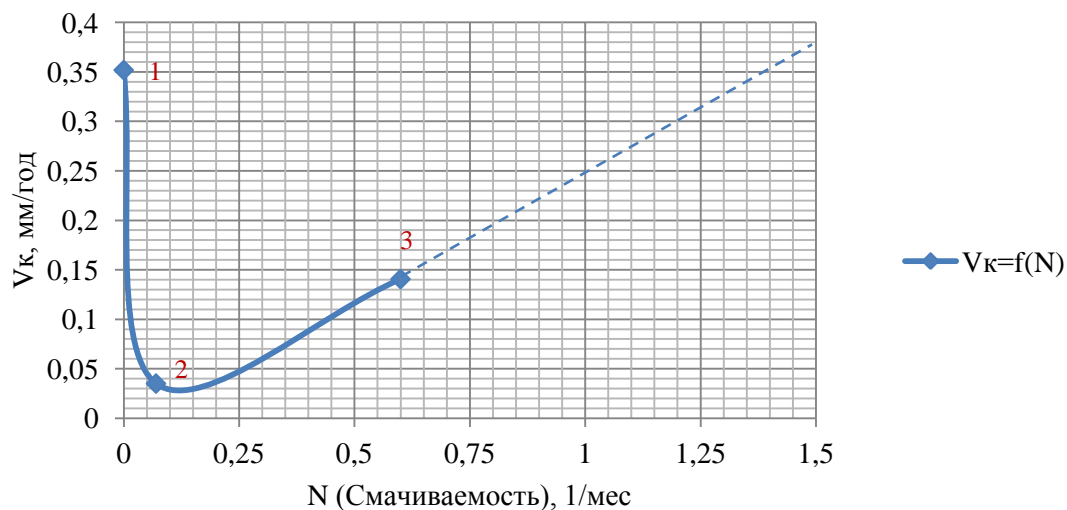


Рисунок 4. График зависимости скорости роста глубины микротрещины от величины смачивания

Анализ полученной кривой показывает, что V_k новой полуштанги, находящейся во влажной воздушной среде, существенно больше, чем в случае смачиваемой менее одного раза в месяц полуштанги, что обусловлено влиянием влажного воздуха на коррозионные процессы, усиливающие развитие микротрещин. Оценка влияния смачивания и новизны полуштанг в ходе эксперимента с погружением в агрессивную среду, представленную пластовой водой, показывает, что в зависимости от различных комбинации данных факторов степень развития поверхностной коррозии и роста, имеющих микротрещин, меняется в широком диапазоне. Для оценки влияния данных параметров на прочностные характеристики колонны штанг произведена серия статических растяжений до разрыва каждого образца на разрывной машине ИР-500. Перед проведением эксперимента машина была настроена на максимальное значение нагрузки P_{max} , соответствующей интервалу сосредоточенной пластической деформации. Также исследованию на критические характеристики подверглись соединительные муфты, являющиеся основными элементами колонны штанг, подверженных обрыву в условиях Западной Сибири, по результатам проведенного статистического анализа. В ходе серии статических разрывов, результаты

которых представлены на рисунке 5, было выявлено, что наиболее уязвимым звеном в системе соединительная муфта-квадрат-галтель является последняя. Следовательно, запаса прочности соединительных муфт независимо от новизны и условий смачивания достаточно для обеспечения безаварийной работы в составе колонны штанг. Однако на прочностные характеристики данного элемента, в условиях эксплуатации ШСНУ, может влиять такой фактор как уменьшение толщины стенок, вызванный силами трения.



Рисунок 5. Результаты статического разрыва системы галтель-квадрат соединительная муфта на разрывной машине ИР-500

Таким образом, можно предположить, что основной причиной обрывов по соединительной муфте в условиях Западной Сибири является эксплуатация насоса при больших углах наклона ствола скважины от вертикальной оси, что способствует возникновению больших сил трения скольжения в совокупности с механическими примесями, истирающими

поверхность муфт. Результаты экспериментального исследования статического разрыва каждого образца представлены в таблице 2. По результатам анализа полученных данных смачиваемая ремонтная штанга имеет меньшую $P_{\max I} = 28,5$ т, чем не смачиваемая $P_{\max V} = 31,6$ т, несмотря на наличие у последней критичных микротрещин с большей глубиной проникновения. При этом замечено, что количество некритичных микротрещин первого образца после смачивания агрессивной средой увеличилось, а у пятого образца при продолжительном нахождении в коррозионной среде произошел незначительный рост одной из критичных микротрещин.

Таблица 2. Результаты испытания опытных образцов на статический разрыв

Тело штанги					
Параметр	Образец №1 (ремонтная, смачиваемая)	Образец №3 (новая, смачиваемая)	Образец №5 (ремонтная, не смачиваемая)	Образец №4 (новая, не смачиваемая)	Образец №2 (новая, воздушная среда)
P_{\max} , т	28,5	30,2	31,6	30,8	35
$d_{\text{разр.}}$, мм	15	14	18	17	15
Примечание	-	-	Обрыв по критичной микротрещине	Обрыв по критичной микротрещине	-
Галтель-квадрат-соединительная муфта					
Параметр	Образец №1 (ремонтная, смачиваемая)	Образец №3 (новая, смачиваемая)	Образец №5 (ремонтная, не смачиваемая)	Образец №4 (новая, не смачиваемая)	Образец №2 (ремонтная, воздушная среда)
P_{\max} , т	32	31,8	31,7	32,6	38
Примечание	Обрыв по галтели	Обрыв по галтели	Обрыв по галтели	Обрыв по галтели	Обрыв по галтели

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что для прочностных характеристик наиболее определяющим параметром является количество микротрещин, а не глубина их проникновения. Образец № 3, представленный новой смачиваемой штангой, имеет практически

идентичную максимальную нагрузку до разрыва (P_{\max}) в сравнении с образцом № 4, что прежде всего связано с обрывом последнего по микротрещине, так как диаметр штанги в месте обрыва данного образца на 3 мм больше чем у образцов № 2 и № 3. Значение P_{\max} для новой смачиваемой штанги составило $P_{\max\text{III}} = 30,2$ т, для новой не вынимаемой штанги $P_{\max\text{IV}} = 30,8$ т, а у новой штанги, находившейся в воздушной среде и не имеющей критичных микротрещин, $P_{\max\text{II}} = 35$ т. Таким образом в ходе эксперимента по определению влияния параметра смачивания на прочностные характеристики насосных штанг получено, что данная величина существенно влияет как на ремонтные, так и на новые штанги в составе колонны штанг, при этом она способствует росту количества микротрещин, которые по результатам эксперимента и являются причиной снижения P_{\max} . Анализ диаметров мест обрыва представленных образцов показал, что для образцов № 5 и № 4 данная величина существенно выше (на 3-4 мм) в сравнении с другими образцами, что, прежде всего, связано с обрывом по критичной микротрещине, представленной на дефектограмме. Учитывая, то, что данные образцы являются новыми, наличие такого рода дефектов можно отнести к заводскому браку. Сравнение дефектограмм и нагрузок обрыва для образцов № 1 и № 5 выявили, что несмотря на отсутствие критичных микротрещин, P_{\max} первого оказалась меньше вследствие увеличения количества микротрещин под действием смачиваемой коррозионной среды. Для количественной оценки влияния смачивания штанги на параметр P_{\max} произведено сравнение новых образцов № 3 и № 2, не подверженных разрыву по критичной микротрещине. По результатам сравнительной оценки максимальной нагрузки пластической деформации до разрыва (P_{\max}), смачиваемой агрессивной пластовой водой новой штанги, и аналогичной штанги, находившейся во влажной воздушной среде, данный параметр для первого случая на 13,7% меньше второго за период времени 2,5 года (в условиях эксперимента 6 месяцев).

Выводы

Используя полученные в ходе обоих экспериментов данные, можно сделать вывод, что независимо от новизны колонны штанг параметр смачивания существенно увеличивает коррозионные процессы, в частности, на поверхности тела штанги и способствует росту количества и глубины проникновения микротрещин (рисунки 2,3,4), что как следствие приводит к снижению прочностных характеристик металла штанг (таблица 2). Результаты исследования влияния различных условий смачивания на аналогичные характеристики соединительных муфт насосных штанг выявили, что независимо от условий смачивания максимальная нагрузка до разрыва, соответствующая интервалу сосредоточенной пластической деформации, имеет практически идентичные значения, что исключает большое влияние данного параметра на статистику обрывов колонны штанг по соединительной муфте в условиях Западной Сибири.

Список используемых источников

- 1 Адонин А. Н. Добыча нефти штанговыми насосами. М.: Недра, 1979. 116с.
- 2 Уразаков К. Р. Эксплуатация наклоннонаправленных насосных скважин. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1993. 168с.
- 3 Башта А. В. Методика испытания и результаты исследования многоочагового разрушения при усталости //Авиационно-космическая техника и технология. 2004. №8. С.167 – 169.
- 4 Бахвалов Г. Т. Защита металлов от коррозии. М.: Металлургия, 1964. 310 с.
- 5 Скорчеллетти В. В. Теоретические основы коррозии металлов. Л.: Химия, 1973. 264 с.

6 Ивановский В. Н., Сабиров А. А. Почему рвутся штанговые колонны? // Территория Нефтегаз. 2007. №3. С.34 – 37.

7 Карпенко Г. В., Василенко И. И. Коррозионное растрескивание сталей. Киев: изд-тво «Техника», 1971. 97с.

References

1 Adonin A. N. Dobycha nefti shtangovymi nasosami. (Oil production with rod pumps) M.: Nedra, 1979. 116s.[in Russian].

2 Urazakov K. R. Ekspluatatsiya naklonnonapravlennykh nasosnykh skvazhin. (Operation of deviated pumping wells) Ufa, UGNTU, 1993. 168 s.[in Russian].

3 Bashta A. V. Metodika ispytaniya i rezultaty issledovaniya mnogoochagovogo razrusheniya pri ustalosti (Test method and results of research in fatigue fracture multifocal) // Aviacionno-Kosmicheskaya Tehnika I Tehnologiya (Aerospace Technology). 2004. №8. S.167 – 169. [in Russian].

4 Backhvalov G. T. Zashchita metallov ot korrozii (Protection of metals from corrosion). M.: Metalurgiya (Metallurgy).1964. 310 s. [in Russian].

5 Skorchelletti V. V. Teoreticheskie osnovy korrozii metallov (Theoretical bases of metal corrosion). Л.:«Химия (Chemistry)». 1973. 264 s. [in Russian].

6 Ivanovskiy V.N., Sabirov A. A. Pochemu rvutsya shtangovye kolonny ? (Why rush rod columns?) // Territoriya Neftegaz (Land Neftegaz). 2007. №3. s.34 – 37. [in Russian].

7 Karpenko G. V., Vasilenko I. I. Korrozionnoe rastreskivanie staleiy (Stress corrosion cracking of steels). Kiev: Izdatelystvo (publishing house) «Tehnika (Equipment)». 1971. 97 s. [in Russian].

Сведения об авторе**About the author**

Кочеков М. А., аспирант кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г.Уфа, Российская Федерация

M. A. Kochekov, Postgraduate student of the Chair “Development and Exploitation of Oil and Gas Fields”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: kochekoff@yandex.ru