



# ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЭЦН ПРИ ПОВЫШЕННОМ СОДЕРЖАНИИ СЕРОВОДОРОДА

**СЛЕПЧЕНКО Сергей Дмитриевич**  
 Директор по качеству ООО «Новоцвет-Сервис»

**В** публикации описан опыт разработки и результаты промышленных испытаний УЭЦН для эксплуатации в агрессивных скважинных условиях Оренбургского НГКМ. По заданию заказчика, специалисты ЗАО «Новоцвет-Пермь» совместно с научно-исследовательскими центрами создали два поколения насосных установок для работы при содержании сероводорода свыше 6% (2 г/л) при угрозе интенсивного сульфидного коррозионного растрескивания металла. **Итогом работы стали успешные ОПИ установки с ресурсом работы в условиях ОГНГКМ не менее двух лет, которые уже сегодня могут быть предложены в качестве серийно выпускаемого оборудования**

До недавних пор в качестве гарантийного ограничения на эксплуатацию внутрискважинного оборудования в коррозионностойком исполнении применялся порог содержания сероводорода на уровне 1,25 г/л. Однако условия добычи скважинной жидкости на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ОНГКМ) отличаются большей агрессивностью. Разработчик месторождения, ООО «Газпром добыча Оренбург», поставил перед нами задачу — разработать насосную установку, способную работать при объемном содержании H<sub>2</sub>S до 6% в газовой фазе и свыше 2 г/л в растворенной форме.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ УЭЦН

Такая нестандартная задача потребовала от нас очень тщательного выбора материалов для работы в столь агрессивных условиях эксплуатации. Предыдущие попытки внедрения на ОНГКМ струйных и винтовых насосов окончились неудачно: оборудование отказывало по причине коррозии, не отработав и месяца. В 2008 году заказчик принял решение провести на месторождении ОПИ УЭЦН.

Как показало детальное лабораторное изучение скважинных условий ОНГКМ, основную проблему составляет сульфидное коррозионное растрескивание металла (СКРН). При большом содержании сероводорода происходит насыщение стали водородом, отчего

она становится хрупкой и под напряжением растрескивается. Понятно, что все материалы для узлов УЭЦН должны быть стойкими именно к данному виду коррозионного воздействия.

Материалы для изготовления установки мы подбирали с учетом рекомендаций стандарта NACEMRO 175-01 и испытывали на стойкость к СКРН в лаборатории «Надежность» АНО «Технопарк» Оренбургского государственного университета, с которой традиционному сотрудничает «Газпром добыча Оренбург».

Испытания проводились в соответствии со стандартом на методы испытаний NACETM 0177-90 и стандартом «Газпром добыча Оренбург» СТО Газпром 2-5.1-148-2007.

Следует отметить, что при требуемой нагрузке низкорезист, который обычно служит базовым материалом для изготовления ступеней коррозионностойкого ис-

## ВИДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

**Вопрос:** Сергей Дмитриевич, в каких пределах вы оцениваете остаточный ресурс поднятой установки в аналогичных условиях?

**Сергей Сlepченко:** Для корректной оценки надежности и ресурса все-таки требуется статистический анализ. В данном случае у нас не было такой возможности. В целом мы оцениваем ресурс установки в этих условиях минимум в два года.

**Вопрос:** Как будет изменяться этот ресурс в зависимости от концентрации сероводорода? Будет ли он увеличиваться с уменьшением концентрации?

**С.С.:** Сложность всей ситуации — это проявление СКРН. Оно зависит от содержания сероводорода и от прочих условий в скважине (температуры и давления). Бывают ситуации, когда даже при небольшом содержании сероводорода, но при высоких давлениях и температурах, СКРН уже начинает проявляться.

**Вопрос:** Проявление на первом этапе проблем с материалами клямс, вообще говоря, предвещают последующие проблемы с НКТ, да?

**С.С.:** Нам, вслед за специалистами заказчика, действительно пришлось изучить и этот вопрос. Трубы были импортные. Отечественные заводы такие трубы не выпускают. Проблем с ними не было.

Таблица 1

История ОПИ УЭЦН в скважине №558ОНГКМ					
Установка	Дата запуска	Дата отказа	Наработка, сут.	Причина подъема	Причина отказа
УВНН5-25-850/05-003	04.12.08	25.03.09	53	R-0	Обрыв шпилек фланцевого соединения ПЭД (недостаточная коррозионно-стойкость крепежных элементов)
УВНН5-25-850/05-003	05.03.09	04.04.09	30	Нет звезды	Разрыв сростка кабельной линии под планшайбой вследствие разрушения крепежных поясов (недостаточная коррозионно-стойкость крепежных поясов)

Рис. 1. Результаты испытаний материалов ступеней насосов на СКРН

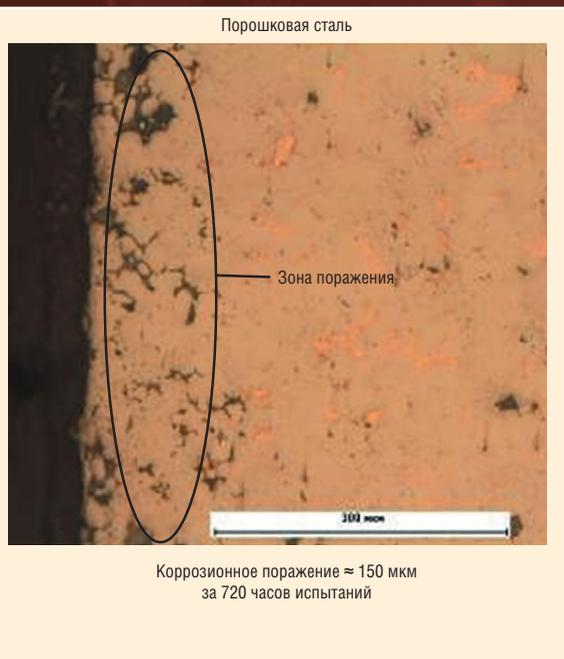
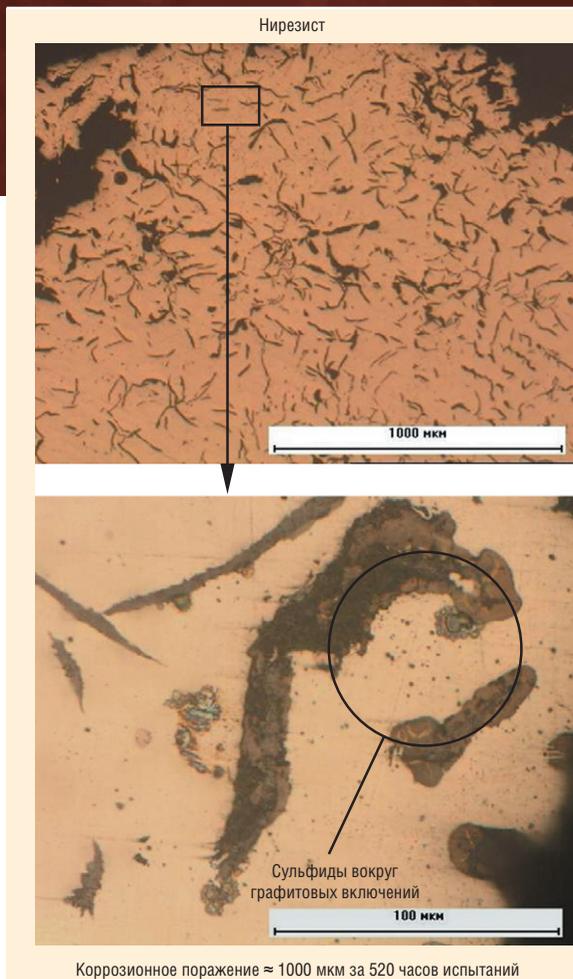
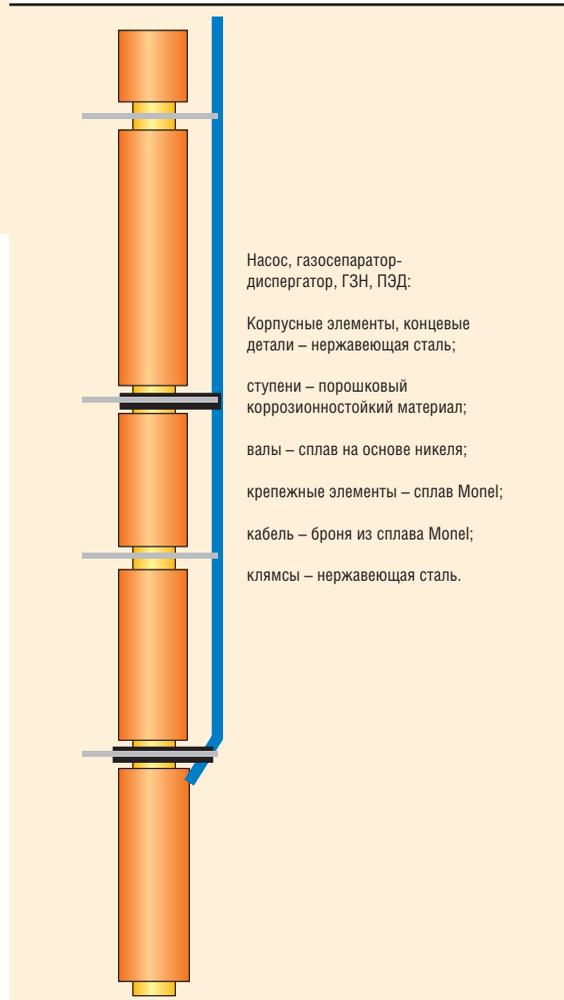


Рис. 2. Итоговая комплектация УЭЦН «Новомет» для работы в условиях повышенного содержания сероводорода, стойкая к СКРН



полнения, показал неудовлетворительные результаты по стойкости к СКРН и, следовательно, был признан непригодным для длительной работы в сероводородсодержащей среде.

В то же время, порошковый материал выдержал испытания на СКРН при нагрузке  $0,8\sigma_{0,2}$  в течение 720 часов (рис. 2).

Таким образом, порошковая нержавеющая сталь была выбрана в качестве основного материала для изготовления ступеней УЭЦН. Такую же тщательную работу по выбору материалов мы провели для всех узлов установки. Нам казалось, что при изготовлении первой установки мы учли все мелочи и нюансы, и в конце 2008 года она была спущена в скважину.

## ОПИ ПЕРВОЙ УЭЦН

Первый отказ установки мы получили меньше, чем через два месяца — наработка составила всего 53 суток (табл. 1). Причина отказа оказалась в разрушении шпилек, в результате которого двигатель отсоединился от установки прямо в скважине, но, к счастью, не «улетел» — успели поднять на кабеле.

С одной стороны, такой результат выглядел явным провалом. С другой — после подъема оборудования мы получили возможность провести исследование всех его узлов. Признаков коррозии и признаков суль-

**Результаты ОПИ УЭЦН в итоговой комплектации**

Установка	Дата запуска	Дата отказа	Наработка, сут	Причина отказа	Примечание
УВНН5-25-850/05-003	23.08.10	20.08.11	361	ГТМ	Извлечение оборудования для проведения исследования

**Рис. 3. Демонтаж УВНН5-25-850/05-003 в новой комплектации**



**Рис. 4. Результаты разбора УВНН5-25-850/05-003 в новой комплектации**



фидного растрескивания обнаружено не было, что подтвердило правильность выбранного направления. Поэтому после замены материала шпилек мы продолжили испытания.

Следующий отказ получили еще раньше — установка проработала всего 30 суток. Отказ произошел по причине разрушения клямс. Причины оказались те же — недостаточная стойкость материалов клямс к СКРН.

**РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ**

Два полученных отказа заставили нас провести дополнительную серьезную работу по исследованию стойкости к СКРН материалов клямс и крепежных соединений совместно с институтом «ПермьНИПИнефть». В результате чего и была создана окончательная комплектация УЭЦН «Новомет» для работы в скважинах с повышенным содержанием сероводорода (рис. 2).

Ступени насоса выполнены из порошкового материала, прошедшего испытания на соответствие требованиям стандарта NACEMRO 175-01, корпуса всех элементов установки выполнены из нержавеющей стали, также соответствующей указанному стандарту. Все крепежные элементы и валы всех элементов установки выполнены из коррозионностойкого сплава на основе меди и никеля.

Также следует отметить, что в УЭЦН мы использовали кабель собственного изготовления. Это был 2010 год, и к тому моменту компания «Новомет-Сервис» получила возможность изготавливать собственные кабельные линии, в том числе — из нержавеющей

**Рис. 5. Внешний вид и состояние поверхности болтов**

щей стали для работы в условиях повышенного содержания сероводорода.

### ОПИ УЭЦН ОБНОВЛЕННОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ

В ходе ОПИ УЭЦН обновленной комплектации установка проработала в скважине 361 сут и была поднята по ГТМ для проведения исследований (табл. 1). Как такового отказа оборудования не произошло: установка могла работать дальше, но совместно со специалистами «Газпрома» мы приняли решение все-таки ее поднять и провести исследование на предмет появления признаков коррозионного воздействия среды на установку.

По результатам ОПИ нам удалось решить все задачи, поставленные компанией «Газпром добыча Оренбург», и даже перевыполнить целевые показатели. Прежде всего, это относится к ННО, целевой порог по которой составлял в данном случае 135 суток. Кроме того, нам удалось увеличить дебит скважины с 12 до 23 м<sup>3</sup>/сутки.

Успешность эксперимента подтвердилась также и при демонтаже: никаких признаков коррозии корпуса мы не обнаружили (рис. 3). И все крепежные соединения были в полном порядке без каких-либо признаков повреждения.

Полную работоспособность УЭЦН подтвердил также и разбор установки в условиях ремонтного цеха: на корпусе насоса, концевых деталях не было обнаружено следов коррозионного поражения (рис. 4, а, б); промежуточные подшипники и втулки оставались в норме, без износа (рис. 4, в); рабочие органы были частично забиты мехпримесями, но оставались при этом в норме, без следов коррозии (рис. 4, д);

Мы провели также и лабораторные исследования высоконагруженных элементов установки — крепежных соединений и валов. Все эти элементы уже после эксплуатации вновь прошли испытания в лаборатории на стойкость к СКРН. Это были испытания на растяжение с металлографическим анализом. Снижения каких-

**Рис. 6. Состояние торцевого уплотнения (рабочая и тыльная поверхности)**

либо прочностных характеристик у данных материалов обнаружено не было, равно как и признаков сульфидного растрескивания деталей установки (рис. 5). Таким образом, результаты исследований подтвердили правильность направления, по которому мы пошли.

Единственным проблемным моментом оказались резинотехнические изделия. По ряду элементов РТИ (не только по торцевым уплотнениям) были выявлены следы декомпрессии, что свидетельствует о недостаточной стойкости этих материалов в данных условиях эксплуатации (рис. 6). В настоящий момент наши усилия по совершенствованию этой конструкции сосредоточены именно в области РТИ.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК

Сегодня эксплуатация установок данного типа на ОНГКМ продолжается. На момент написания данной статьи в работе находились две установки (табл. 3). Планируется расширение фонда таких установок на ОНГКМ. Сейчас мы готовы предлагать их всем нашим заказчикам. ♦

Таблица 3.

#### Эксплуатация УЭЦН повышенной коррозионной стойкости серии УВНН5 в условиях ОНГКМ по состоянию на 01.02.2012 г.

Установка	Скважина	Дата запуска	Дата отказа	Наработка, сут	Причина отказа	Примечание
УВНН5-25-1100/22-003	558	10.09.11	-	158	-	
УВНН5-59-1350/22-003	501	27.01.12	-	19	-	