



# КАЧЕСТВО КЛАПАННЫХ ПАР ШГН ТНК ПЕРЕХОДИТ НА ИМПОРТ



**К**лапанная пара ШГН является одним из важнейших узлов конструкции, определяющим надежность работы установки штангового насоса в целом. Возникновение негерметичности клапанной пары приемного или нагнетательного клапана приводит либо к снижению подачи, либо к полному прекращению работы насоса с последующим дорогостоящим ремонтом.

Любая нефтяная компания, эксплуатирующая скважины с ШГН, постоянно несет потери от простоя оборудования и скважин, связанные с поломками насосов. Причем, по статистике отказов ШГН на скважинах ТНК-ВР в Западной Сибири, более 64% аварий вызваны именно негерметичностью клапанов (см. «*Основные показатели эксплуатации ШГН*»).

Столь низкая надежность клапанов ШГН при глубинах спуска насоса более 2000 метров делает их эксплуатацию нерентабельным занятием по сравнению с использованием более надежных электроцентробежных насосов (ЭЦН), которые, в свою очередь, не отвечают современным требованиям повышения энергоэффективности.

Учитывая, что все ведущие мировые нефтедобывающие компании при эксплуатации малодебит-

В процессе эксплуатации ШГН на нефтяных месторождениях Западной Сибири ТНК-ВР столкнулась с большим процентом отказов клапанных пар ШГН российского производства. Это побудило компанию провести собственное исследование качества клапанных пар ШГН различных производителей, как отечественных, так и зарубежных. Каков же итог исследования?

На наш взгляд, все выводы очевидны. Российским заводам-производителям ШГН следует самым радикальным образом улучшить качество своей продукции и, в частности, клапанных пар. Пока это не будет сделано, российским нефтедобывающим предприятиям, эксплуатирующим малодебитные скважины, лучше перейти на импортную продукцию от немецких или американских производителей — более дорогое, но и более надежное оборудование, которое за счет увеличения сроков эксплуатации повысит рентабельность применения ШГН.

ных скважин применяют только насосы объемного типа (ШГН или винтовые насосы), повышение надежности работы клапанных пар ШГН приобретает характер приоритетной задачи по снижению эксплуатационных затрат и повышению энергоэффективности добычи (см. «*Результаты выборочного расследования причин отказов*» и «*Обоснование необходимости увеличения качества ШГН*»).

## Три фактора эрозии

Исследование условий работы ШГН на скважинах в Западной Сибири позволило выделить три главных фактора, которые способствуют ускоренной эрозии рабочих поверхностей клапанов, выполненных из стеллита — это общее название группы литых наплавочных твердых сплавов на кобальтовой основе, содержащих хром, вольфрам и кремний.

Во-первых, это наличие растворенного углекислого газа в составе попутно-добываемых вод. Во-вторых, наличие кварцевого песка в добываемой жидкости, который серьезно осложняет работу штангового насоса и приводит к его частым поломкам. Для борьбы с песком в современном нефтедобы-

вающем оборудовании применяются разнообразные сепараторы песка и десандеры, но полностью защитить рабочие узлы штангового насоса от миллиардов разрушающих ударов частиц кварца все равно не удается. Наконец, третий фактор — это эксплуатация скважин с низкими забойными давлениями.

## Семь шагов исследования

Обратив внимание на то факт, что наработка клапанных пар импортных насосов, как правило, превышает наработку отечественных ШГН, мы с целью разработки технических требования к поставляемым клапанам провели исследование качества изготовления клапанных пар пяти ведущих мировых производителей ШГН. Это Deloro Stellite (Германия), Weatherford (США), Shanghai Stellite (КНР) и два российских производителя, название которых мы решили не раскрывать по этическим причинам.

Анализ качества клапанных пар ШГН был проведен по семи направлениям:

1. Исследование клапанов на герметичность на вакуум с замером показаний при многоплоскост-

ных положениях шарика в седле в динамическом режиме;

2. Макроскопические исследования рабочих поверхностей шаров и седел на наличие дефектов;

3. Исследование шариков на точность обработки поверхности с определением параметров шероховатости и наличия микродефектов;

4. Исследование химического состава материалов шаров и седел различного исполнения;

5. Исследование образцов на прочность методом замеров твердости материала;

6. Металлографическое исследование образцов шлифов шаров и седел на наличие внутренних дефектов, особенностей структуры, размерности зерен карбидов вольфрама;

7. Исследование геометрических форм шаров и седел на высокоточных координатно-измерительных машинных комплексах Coord Eos.

## Обработка

В целом, первичный осмотр рабочих поверхностей шаров различных производителей не выявил наличия каких-либо существенных дефектов поверхностей. Шары всех клапанов имели зеркальную поверхность и примерно одинаковый цвет — за исключением шара одного из российских производителей, имевшего более светлую и матовую поверхность, что объяснялось недостаточно качественной обработкой поверхности. А вот сероватый цвет поверхности шара был вызван крупнозернистой структурой твердого сплава карбида вольфрама.

Далее все образцы были обследованы с помощью атомно-силового зондового электронного микроскопа, который был призван найти все микротрещины на поверхности шаров — известно, что наличие таких микроскопических трещин резко снижает усталостную прочность при нагрузках.

В итоге шероховатость поверхности большинства исследуемых шаров и седел оказалась в пределах допустимой погрешности, за исключением тех самых «матовых» шаров, предоставленных одним из российских производителей:

их поверхность была покрыта огромным количеством царапин и трещин.

В то же время другой российский производитель показал наиболее высокое качество обработки поверхности шаров, изготовленных из сплава карбида и вольфрама.

## Химический состав

Установлено, что качество большей части шаров, изготовленных из сплава «стеллит», то есть из сплава карбидов хрома и вольфрама в кобальтовой основе, практически одинаково и соответствует прилагаемым к образцам сертификатам. Исключение составил все тот же «матовый» шар производства российского производителя — в его составе практически отсутствует никель, который позволяет повысить кислотостойкость кобальтовой матрицы, улучшить обрабатываемость твердого сплава, увеличить его ударную вязкость и усталостную прочность.

Отсутствие же никеля в химическом составе шара при высоких содержаниях карбидов хрома и вольфрама приводит к снижению прочности сплава на усталость материала, который призван испытывать в реальных условиях колоссальные циклические ударные нагрузки, воздействия агрессивных жидкостей с абразивными частицами высокой твердости.

В то же время из всех клапанных пар, созданных из сплава карбида и вольфрама, необходимым рекомендациям полностью соответствуют только образцы продукции Weatherford. В остальных же образцах выявлены значительные нарушения технологии изготовления. Так, в продукции Shanghai Stellite зафиксировано пониженное (с оптимальных 12,9% до 4,4%) содержание кобальта, следствием чего станет снижение срока работы клапанной пары в условиях циклических ударных нагрузок.

Уровень кобальта снижен и в продукции российских поставщиков — до 7,8% (шар) и 8,5% (седло), что также недостаточно для достижения оптимальных свойств сплава. Кроме того, в образце одного из российских производителей содержание в шаре Со

## Основные показатели эксплуатации ШГН

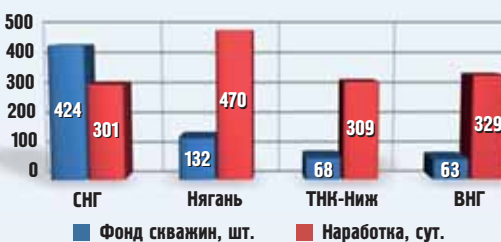
### Динамика фонда и наработки ШГН



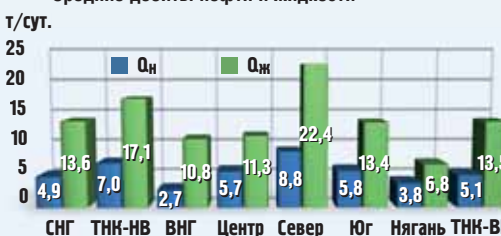
### Текущий фонд и наработка по ЗСД и ЮВД



### Текущий фонд и наработка ШГН по ЗСД



### Средние дебиты нефти и жидкости



13,1%, в седле — несколько ниже рекомендуемого Со = 11,6%. Кроме того, в сплаве присутствует примесь хрома, что снижает однородность и прочность карбидовольфрамового сплава.

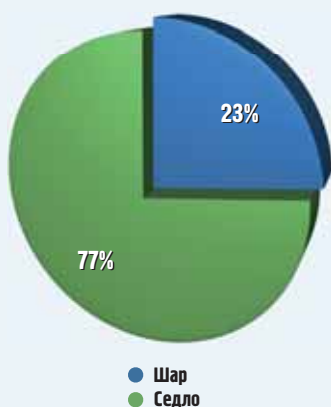
## Твердость

Результаты испытаний таковы: в группе клапанов, изготовленных из

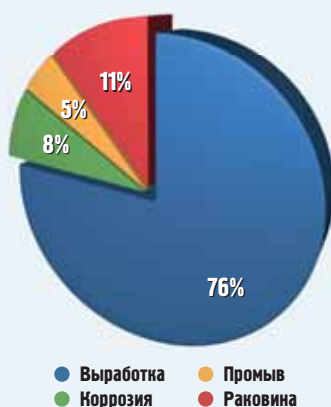


## Результаты выборочного расследования причин отказов

Распределение отказов по узлам клапана

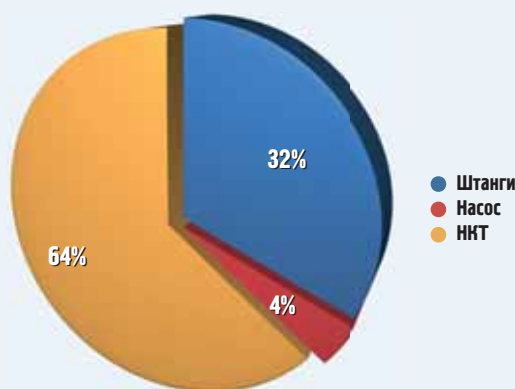
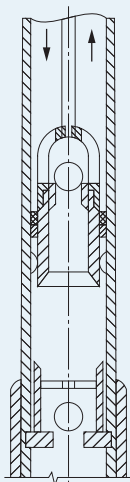


Распределение отказов клапана по причинам



Изготовитель ШГН	Приемный клапан				Нагнетательный клапан		
	Кол-во	Герметичен	Не герметичен	% отказов	Герметичен	Не герметичен	% отказов
Ижнефтемаш	28	12	16	57%	14	14	50%
ЭЛКАМ нефтемаш	9	2	7	78%	6	3	33%
Нефтепромаш	4	1	3	75%	0	4	100%
РИТЭК-Кубань	3	1	2	67%	1	2	67%
Итого:	44	16	28	64%	21	232	52%

## Обоснование необходимости увеличения качества ШГН



Узел насоса	% отказов	Количество отказов в год	Потери нефти	Стоимость ПРС
Шток плунжера	2	19	766,4	191,6
Цилиндр и плунжер насоса	14	134	5 364,8	1 341,2
Износ и зворсение клапанных пар	50	479	19 160,0	4 790,0
Обрыв штанг	19	182	7 280,8	1 820,2
НКТ	15	144	5 748,0	1 437,0
Итого:	100	958	38 320,0	9 580,0

сплава «стеллит», все исследуемые образцы шаров и седел имеют рекомендованную твердость по шкале HRC в стандарта API. Причем, наибольшую твердость имеют шары обоих российских производителей. А вот шары Shanghai Stellite хоть и обладают сниженной твердостью, зато повышенное содержание никеля улучшает их ударную прочность и снижает вероятность хрупкого разрушения сплава на контакте сопрягаемых поверхностей «шар–седло».

Твердость седел клапанов по всем образцам из сплавов карбида вольфрама находятся в диапазоне стандарта API 11AX, за исключением одного образца от российского производителя. Самым же оптимальным сочетанием твердости и химического состава обладают образцы американской Weatherford.

## Микроструктура

Среди клапанов из твердого сплава наилучшим качеством с точки зрения микроструктуры материала изготовления обладают шары и седла Weatherford. Производитель продемонстрировал настоящее качество работы: структура материала имеет характерную пористость, соизмеримую с размером спекаемых частиц (порядка 1,5–2 мкм), которые имеют правильную геометрическую форму. В свою очередь, один из двух российских производителей продемонстрировал худшую микроструктуру сплава с основным размером зерен 3–4 мкм.

## Главное — совместимость

Но самый главный тест — определение совместимости геометрических параметров клапанной пары: шарика и седла. Именно точность их размеров и правильность геометрических форм является одной из основных предпосылок хорошей герметичности клапанов и длительной работы в ШГН на нефтяных месторождениях.

Лучшей точностью изготовления обладают практически все шары из «стеллита», что объясняется большей сложностью обработки продукции из сплава карбида вольфрама. Наилучшее же сходже-



ние представленных параметров с номинальными имеют образцы продукции Weatherford, за ней — Deloro Stellite, далее — российские производители клапанов, добившиеся 20-го класса точности по ГОСТ-3722, замыкает же список Shanghai Stellite, чья продукция соответствует 40-му классу точности.

Что же касается исследований по сферичности шаров, то здесь наихудшие показатели сферичности показали образцы обоих российских производителей, у которых средние показатели отклонений от сферичности превысили все допуски стандарта API AX 11. Зато шары клапанов фирмы Shanghai Stellite показали наилучшие показатели сферичности.

В то же время отклонения фактических диаметров шаров от номинальных значений у всех про-

изводителей не превышают предельно установленного стандартом API допуска в 0,025 мм. Точно так же и все седла клапанных пар по замеренным параметрам — внутренний диаметр, наружный диаметр, высота седла — соответствуют допускам стандарта API Spec 11AX.

Еще один принципиальный показатель герметичности пары и долговременной работы клапана — правильность геометрической формы сопрягаемой к шару поверхности притира седла. Наилучшие показатели отклонения от округлости имеют образцы седел Shanghai Stellite, а наихудшие — образцы продукции российских производителей.

Ширина поверхности притира также влияет на герметичность: чем больше ширина притира, тем

больше длина уплотняющей поверхности шара и поверхностью притира. Кроме того, увеличивается площадь контакта в паре «шар–седло», что обеспечивает повышение рабочего ресурса клапана.

По данному показателю наилучшие значения среди исследованных клапанов из карбида вольфрама имеют седла Weatherford, а среди седел из «стеллита» — продукция Deloro Stellite. Продукция россиян, в среднем, имеет высокую ширину притира, однако из-за плохой начальной геометрии шара эта ширина на отдельных участках профиля снижается до самых низких показателей, что ухудшает все показатели работоспособности в паре «шар–седло». 

20-22 МАРТА 2013г.



Ямало-Ненецкий автономный округ

г. НОВЫЙ УРЕНГОЙ  
ДЦ «ЯМАЛ», ул. Юбилейная, 5

Межрегиональная специализированная выставка

# ГАЗ. НЕФТЬ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ



Организаторы:

- ✓ Администрация г. Новый Уренгой
- ✓ НО «Фонд развития МО город Новый Уренгой»
- ✓ Выставочная компания «СибЭкспоСервис-Н» (г. Новосибирск)

Оператор выставки:

**СИБЭКСПОСЕРВИС**

Выставочная компания «СибЭкспоСервис-Н»,  
г. Новосибирск

тел.: (383) 335 63 50 - многоканальный,  
e-mail: ses@avmail.ru, www.ses.net.ru