

ПОДВОДНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ: ВЗГЛЯД СНАРУЖИ — ВИД ИЗНУТРИ



Стремление к максимальной оптимизации расходов в условиях устойчиво «медвежьих» настроений рынка стимулирует поиск и развитие новых технологических решений, обеспечивающих комплексное обследование подводных трубопроводов, причем без прерывания основных производственных процессов и даже без частичного удаления защитного покрытия. Среди самых современных — использование методов компьютерной томографии для контроля состояния подводных трубопроводов на больших глубинах.

Несмотря на жесткий пресинг нефтяных цен, урезание перспективных планов прокладки новых подводных магистралей на практике оказалось гораздо скромнее, чем в остальных сегментах подводного оборудования. Более того, на фоне общего (и весьма значительного) сокращения капитальных затрат добывающими компаниями подводные трубопроводы пока сравнительно благополучно переживают кризис, сохраняя надежды на достаточно динамичное восстановление уже в средне-

срочной перспективе (см. «Распределение капитальных расходов...», «Восстановление рынка...» и «Динамика капитальных расходов операторов...»), которые лишь подстегиваются интересом операторов к разработке глубоководных месторождений и наращиванием магистральных экспортных мощностей.

Однако успех дальнейшего развития разветвленной сети трубопроводов и погружение на новые (все большие) глубины в значительной степени зависит от решения ряда технико-технологи-

ческих проблем. В частности, по-прежнему актуальными остаются вопросы осуществления эффективного контроля за состоянием корпуса подводных трубопроводов, а также своевременного выявления отложений на их внутренних поверхностях.

Понятно, что наибольший интерес для операторов представляют технологии, которые позволяют производить все эти действия без остановки/замедления основных производственных процессов. В идеале речь идет о синхронном решении двуединой задачи: обеспечение целостности подводных нефте- и газотранспортных коммуникаций и поддержание их проектной мощности.

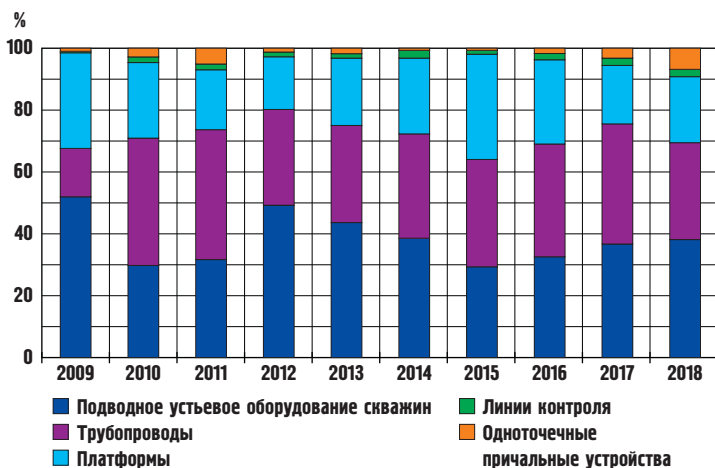
Ожидается, что предлагаемые разработки должны быть максимально универсальными, а область их применения как можно более широкой, охватывающей не только все виды подводных трубопроводов (с различного рода покрытием, выполненные по схеме «труба в трубе» и прочее), но и комбинированные очищаемые и неочищаемые трубопроводные линии, их связки, а также морские буровые стояки (райзеры).

Одним из интересных вариантов решения, соблюдающим все эти условия, представляется система контроля Discovery, предлагаемая специалистами компании Tracerco (США), практические испытания которой были завершены во второй половине 2015 года.

Как это работает

Согласно предварительной информации, данная система дает возможность одновременно получать высокоточные данные, характеризующие состояние корпуса подводного трубопровода по всей его толщине, а также определять участки и уровень концентрации гидратов, асфальтинов, парафинов и других подобных эле-

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ РАСХОДОВ НА МОРСКОЕ БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПО СЕКТОРАМ



Источник: Infield Systems

ментов, осаждающихся на внутренних поверхностях и затрудняющих формирование устойчивого потока. Обследование производится исключительно с внешней стороны подводных коммуникаций при помощи подводного дистанционно управляемого аппарата (ПА с ДУ), что позволяет не только не прерывать, но и не замедлять плановый производственный процесс).

По мнению разработчиков, подобная технология на сегодняшний день является единственной, способной обеспечить эффективный контроль за состоянием неочищаемых/трудноочищаемых подводных трубопроводов без частичного удаления защитного по-

крытия. В свою очередь, это дает возможность существенно сэкономить как время, необходимое для профилактического обследования, так и дополнительные средства на восстановление защитного покрытия, а также значительно снижает дополнительные риски повреждения подводных коммуникаций при выполнении данных вспомогательных операций.

Что же касается систем, выполненных по схеме «труба в трубе» (PIP), то предлагаемая разработка обещает высокую точность (ок. 1 мм) выявления аномальных отклонений как на внешней, так и на внутренней стенке корпуса. Это достигается посредством кругового (360°) сканирования трубо-

провода в режиме реального времени, также без предварительного удаления защитного покрытия.

В основу работы Discovery заложено применение технологий компьютерной томографии с последующей оперативной обработкой и трансляцией данных

Урезание планов прокладки новых трубопроводов оказалось скромнее, чем для другого подводного оборудования, а надежды на их быстрое восстановление выше

оператору на береговой и плавучий (буровая платформа, вспомогательное судно) пост управления. Непосредственные манипуляции и управление системой при

По-прежнему актуально синхронное решение двуединой задачи: обеспечение целостности подводных трубопроводов и поддержание их проектной мощности

использовании на объекте исследования производятся при помощи ПА с ДУ, причем заявленный уровень рабочих глубин достигает 10 тыс. футов (3048 метров).

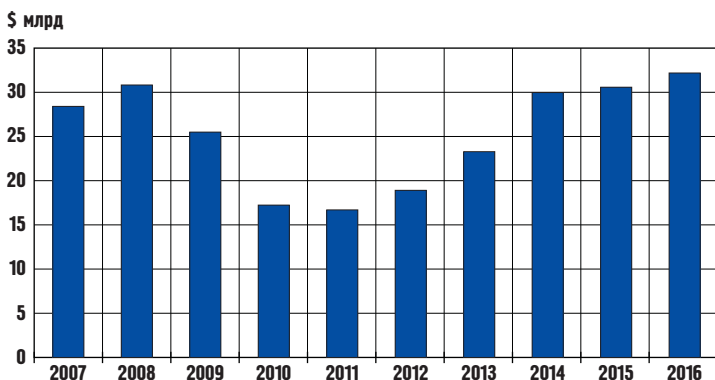
Компьютерная томография обеспечивает комплексный контроль без удаления защитного покрытия, что экономит время, деньги и снижает «травматические» риски

Во время практических испытаний на месторождениях Мексиканского залива (сектор США) при помощи Discovery было обследовано более 200 участков подводных трубопроводов с защитным покрытием (в том числе PIP-конфигурации) различного диаметра, а также трубопроводных перемычек на глубинах 2900–4400 футов (884–1341 метров).

Особенности подводной томографии

Как показывает практика, компьютерная томография на сего-

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЫНКА ПОДВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Источник: Douglas-Westwood, World Subsea Hardware Market Forecast 2012–2016

днешний день представляется единственной технологией, обеспечивающей получение точных характеристик целостности корпуса, а также характеристик рабочего потока по всей длине подводных трубопроводов, без даже частичного их вскрытия.

Помимо обследования корпуса трубопровода снаружи и внутри, компьютерная томография дает наглядную картину рабочего потока

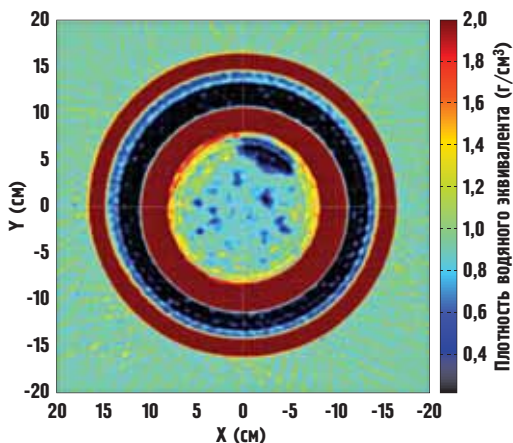
Дополнительными преимуществами применения компьютерной томографии на больших глубинах являются:

- универсальность способов применения и точностных характеристик (± 1 мм) для обследования как жестких, так и гибких (комбинированных) трубопроводных конструкций всех видов, а также их блоков;

Газовые карманы в отложениях парафинов, асфальтина и гидратов, как правило, удается обнаруживать уже после первого оборота сканера

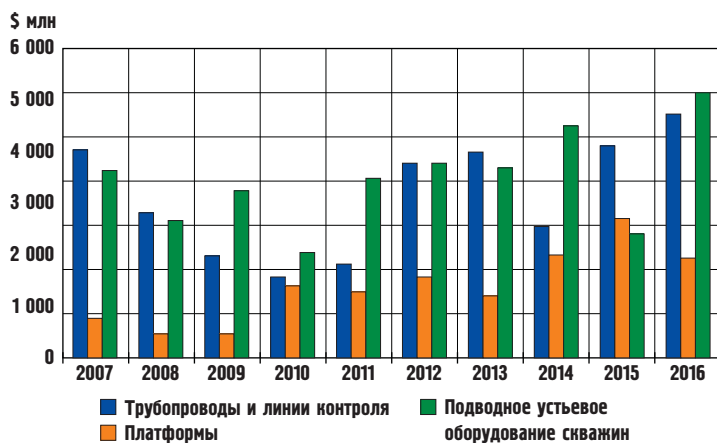
- достаточная чувствительность для отражения состояния рабочих потоков всех видов (жидкостных, газовых, смешанных);

СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА В ТРУБОПРОВОДЕ С АСФАЛЬТЕНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ



Источник: Tracerco

ДИНАМИКА КАПИТАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ОПЕРАТОРОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ США ПО СЕКТОРАМ



- передача и обработка высокоточных данных в режиме реального времени, что позволяет оперативно принимать решения на проведение восстановительных/очистных операций с целью предотвращения утечек и/или ослабления мощности (блокировки) рабочего потока;
- непрерывность основного производственного процесса при проведении обследования, быстрое восстановление рабочего режима/производительности после ликвидации предпосылок возникновения аномальных явлений, а также их последствий.

В целях повышения точности диагностики отложений на внутренних поверхностях трубопроводов перед практическим использованием системы было произведено ее тестирование, включающее распознавание возможных осадочных элементов и их различных комбинаций, характерных для того или иного месторождения. В том числе, программа тестирования включала выявление газовых микроканалов в заблокированных магистралах в ходе исследования возможностей газообмена между различными секциями подводных трубопроводов, а также опыты по измерению разницы давлений на различных заблокированных участках с целью возможно более точной оценки верхнего и нижнего порогов газообмена.

В качестве тестового образца по определению открытых газо-

вых микроканалов использовался участок трубопровода, заблокированный отложениями асфальтенов или парафина, с шестью микроотверстиями. Для условий, имитирующих реальную обстановку предполагаемых районов использования системы Discovery в Мексиканском заливе, диаметры контрольных отверстий колебались в диапазоне 0,25–2,2 дюйма (6,35–55,88 мм). Схемы распределения плотности составлялись по результатам сначала двух, а потом десяти последовательных оборотов сканера. Как правило, после 10-кратных измерений положение всех газовых каналов удавалось установить с требуемой степенью точности (см. «Схема распределения плотности потока...»).

Для определения перепадов давления в заблокированных каналах систему предварительно «тренировали» на сканировании PIP-трубопровода, четыре составляющие которого были заполнены материалами с плотностью, соответствующей газу с гидростатическим давлением в ориентировочном диапазоне 1770–2500 psi (фунтов на квадратный дюйм). Это эквивалентно 120,44–170,11 атм. В большинстве случаев операторам удавалось устойчиво обнаружить газовые карманы уже после первого оборота сканера, а для получения более точной картины схемы распределения плотности на проблемных участках результаты однократного измерения (30-се-

Характеристики системы контроля Discovery

Параметр	Точность
Линейные размеры дефектов	До 1 мм
Изменение плотности рабочего потока	0,05 г/см ³
Минимальное время обнаружения «газового кармана» (в парафинах или асфальтинах)	30 сек. (1 скан)
Время точного измерения плотности «газового кармана»	10 мин. (20 сканов)

Параметры карт плотности для региона Мексиканского залива

Материалы с высокой плотностью, г/см ³	
Парафины	0,80
Гидраты	0,90–0,96
Асфальтин	1,1
Неочищенные парафины	1,92–2,65
Материалы с низкой плотностью, г/см ³	
Газ	0,05–0,20 (в зависимости от давления)
Конденсат	0,70–0,80 (в зависимости от давления)
Нефть	0,70–0,80

кундное сканирование) позднее сопоставлялись с 20-кратными (10-минутное сканирование).

Помимо одиночных трубопроводов, новая разработка неплохо зарекомендовала себя и на изолированных магистралах в комбинированных системах. В частности, Discovery использовалась для обследования пятирядного полипропиленового трубопровода в комбинированной линии со специальным креплением, позволяющим ей охватывать весь блок труб с одновременным сканированием с достаточной разрешающей способностью.

По итогам тестирования были установлены точностные характеристики системы (см. «Характеристики...»).

При этом наиболее ясная картина и максимальная оценочная точность плотности газовых карманов в осадочных отложениях обычно достигалась в течение периода до 15 минут (30 сканов). Дальнейшее увеличение времени обследования участка (вплоть до 30 минут), как правило, не давало существенного повышения точности измерений.

В ходе оценки возможностей обеспечения заданной интенсивности рабочего потока система использует водяной эквивалент плотности для создания 2D-схем распределения плотности всего содержимого трубопровода по его составляющим. Помимо измерения полезной нагрузки, полу-

ченные схемы позволяют операторам определять типы и уровни отложения осадочных элементов на внутренних стенках подводных магистралей.

Для наглядного отображения содержимого потока скважины на картах плотности обычно применяется масштаб 0–2 г/см³. Например, стандартный вид карты плотности трубопровода PIP-типа представляет 60%-ное заполнение среза материалами, обладающими высокой плотностью, в то время как на материалы с низкой плотностью приходится около 40%. Однако с целью создания более точной картины рабочего потока Discovery может применяться и более развернутый масштаб: от 0 до 3,8 г/см³. Благодаря этому оператор получает возможность оценить толщину отложений каждого из типов осадочных элементов, а также долю общей площади среза, которую он занимает (см. «Параметры плотности...»).

Что же касается характеристик целостности корпуса подводных магистралей, то для них при обработке данных Discovery используется стальной эквивалент плотности, на основе которого рассчитываются и отображаются параметры как внешних, так и внутренних стенок трубопроводов (см. «Схема распределения плотности с указанием диаметра...»).

При этом оператор получает подробную информацию о фактической толщине стенок корпуса

по всей окружности трубопровода с высокой точностью. В частности, на приведенном выше рисунке видны перепады толщины внешних и внутренних оболочек с минимальными (до сотых долей мм) отклонениями, а также (более значительная) разница зазоров между внешней и внутренней трубами PIP-системы.

Заявленный уровень рабочих глубин современных систем компьютерной томографии для подводных трубопроводов достигает 10 тыс. футов (3048 метров)


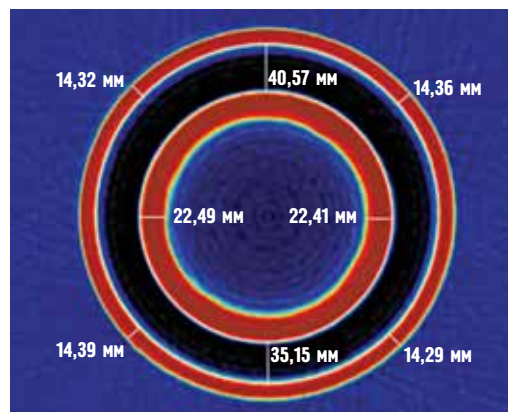
Для удобства в оценке вероятности коррозионной или механической деформации система контроля может дополнительно отображать проектную толщину стенок корпуса с определенными допусками, на которую накладываются данные о ее реальной толщине на отдельных участках, по мере продвижения сканирующего устройства вдоль трубопровода. 

СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ С УКАЗАНИЕМ ДИАМЕТРА СТенок ТРУБОПРОВОДА И ЗАЗОРА МЕЖДУ НИМИ



Источник: Tracerco



Society of Petroleum Engineers



Российская нефтегазовая техническая конференция и выставка SPE

24-26 октября 2016 | Центр международной торговли, Москва, Россия
www.spe.org/events/rptc/2016

Подача рефератов открыта!

Крайний срок подачи рефератов: 18 марта 2016

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь к Марии Тишковой:
russianoilandgas@spe.org; mtishkova@spe.org. Тел.: +7 (495) 268-04-54

Платиновый спонсор

Schlumberger

Золотой спонсор

HALLIBURTON