

УЭЦН - СКВАЖИНА: ОЦЕНКА РЕСУРСА СИСТЕМЫ



Основная цель Стратегии повышения эффективности механизированной добычи нефти компании ТНК-ВР — обеспечение максимально возможной добычи нефти с наименьшим уровнем удельных эксплуатационных и капитальных затрат на тонну добываемой нефти.

Одной из главных задач, решаемой в ходе реализации стратегии, является достижение экономически обоснованных уровней наработки по каждому ЦДО и объекту разработки в зависимости от специфики скважинных условий и уровня развития технологий.

Для решения данной задачи впервые в практике нефтедобывающей отрасли реализован комплексный подход к оценке и обеспечению надежности УЭЦН, основанный на математическом моделировании основных процессов разрушения, экспериментальном исследовании ресурсопределяющих деталей и узлов, послеэксплуатационном анализе. Разработан расчетно-экспериментальный метод оценки ресурса системы «УЭЦН-скважина».

С помощью УЭЦН ТНК-ВР добывается более 90% нефти. Соответственно, доля неф-

В июле 2006 года компанией был взят курс на двукратное повышение наработки УЭЦН на отказ к концу 2011 года

тяных скважин, эксплуатируемых УЭЦН, составляет 91% (14,6

Сегодня ТНК-ВР стоит на пороге реализации стратегии по достижению наработки на отказ 600 суток

тыс.). Эти цифры нужны, чтобы подчеркнуть важность того на-

В начале 2007 года была разработана общая концепция реализации стратегии повышения наработки на отказ УЭЦН

правления работы, которое сегодня обсуждается.

В 2003–2006 годах средняя наработка на отказ скважин, эксплуатируемых УЭЦН, в ТНК-ВР составляла порядка 300 суток (см. «Стратегия УЭЦН»). Такой невысокий показатель продолжительности безотказной работы погружного оборудования негативно влиял на эксплуатационные и капитальные затраты на добычу нефти.

В июле 2006 года компанией был взят курс на двукратное повышение наработки на отказ УЭЦН к концу 2011 года.

Сегодня мы стоим на пороге реализации стратегии и достижения поставленной цели по увеличению наработки. По состоянию на 1 января 2011 года наработка на отказ составила 560 суток и продолжает неуклонно повышаться.

Общая концепция

Ключевым фактором успеха стала последовательная и методичная аналитическая работа с

фондом УЭЦН, основанная на научно-исследовательском подходе, скрупулезном изучении статистики отказов, а также взаимодействию с заводами-производителями, сервисными предприятиями и научными учреждениями.

В начале 2007 года была разработана общая концепция реализации стратегии повышения наработки на отказ УЭЦН. В ней были обозначены основополагающие условия достижения стратегических целей.

Во-первых, это применение надежного оборудования, которое физически способно отработать 600 суток. Во-вторых, обеспечение благоприятных условий работы этого оборудования, исключение всех осложняющих факторов (борьба с солями, коррозией). В-третьих, предотвращение нарушений на всех этапах эксплуатации оборудования.

Идеология, которую мы применяем, заключается в том, что целесообразно приобретать дорогостоящее оборудование, не решив проблемы ранних отказов и проблемы с солями. И, наоборот, нет смысла тратить средства на борьбу с солями, если в скважине эксплуатируется оборудование с низким ресурсом.

Максимальный эффект достигается только в том случае, если используется комплексный подход.

Для обеспечения необходимого ресурса системы «насос-скважина» одинаково важно добиваться высокого качества и проектирования, и изготовления оборудования. Наиболее эффективное влияние на этот процесс со стороны компании обеспечивается путем разработки и постоянного совершенствования Технических требований к УЭЦН и технических стандартов эксплуатации на основе научных принципов.

В общей концепции выделено шесть приоритетных направлений действий, в том числе, создание и внедрение системы мониторинга и анализа работы скважин, а также разработка надежного оборудования УЭЦН для индивидуальных скважинных условий, внедрение эффективной схемы испытаний новой техники и технологий.

Мониторинг и анализ

Мы изучили успешный опыт международной компании ВР по применению инструментов системного анализа, которые позволяют выявить первостепенные причины и факторы, сдерживающие рост наработки на отказ. На его основе в 2007 году в компании ТНК-ВР была создана собственная система многоступенчатого мониторинга и анализа информации, названная GAMS (см. «Структура системы мониторинга и информации по УЭЦН»). В рамках этой системы разработаны единая теоретическая база, терминология, процедура расследования отказов, классификаторы и т.д. Для обработки всего объема информации используется разработанный совместно с компанией StatSoft инструмент анализа данных на базе пакета STATISTICA.

Результаты анализа отказов УЭЦН (см. «Распределение отказов УЭЦН по основным узлам») однозначно говорят о том, что в 2006 году самым слабым узлом системы был насос. Вторым - кабель. Несмотря на то, что доля отказов по данным узлам остается высокой, с 2006 года удельное количество отказов по насосам мы снизили в 2 раза, по кабелю - в 1,5 раза.

Анализируя эффективность мероприятия по отказу от применения насосов первой группы из серого чугуна, мы выявили следующий феномен: в результате того, что мы повысили надежность самого слабого элемента системы, перераспределения отказов по другим узлам не произошло. Это еще раз свидетельствует о том, что отдельные элементы УЭЦН - насос, протектор, кабель, двигатель - не являются независимыми в структуре надежности. Так, вследствие износа насоса происходит увеличение тепловыделения и увеличивается вибрация, что снижает надежность других узлов.

Повышение надежности УЭЦН

Что касается повышения надежности оборудования с учетом индивидуальных скважинных

условий, то это, прежде всего, научно-исследовательские работы, цель которых состоит в получении научно обоснованных рекомендаций по повышению надежности насосных секций и узлов УЭЦН. Эта работа ведется совместно с сотрудниками Института машиноведения (ИМАШ) им. А.А.Благодирова РАН и компанией «ИМАШ ресурс» (см. «Общая структура научно-исследовательских работ»).

Методология работы основывается на анализе статистических данных, исследовании основных процессов разрушения деталей и узлов УЭЦН. В рамках этого направления разработаны методики испытаний, оригинальные стенды и проведены сравнительные испытания ресурсоопределяющих деталей.

В ходе данных работ нам удалось выявить ряд фундаментальных закономерностей изнашивания узлов УЭЦН, исследовать трибохимические характеристики материалов и деталей, исследовать влияние на ресурс конструкции насосов. Полученные данные, в свою очередь, позволяют разработать критерии работоспособности оборудования и допустимую скорость изнашивания для заданных условий эксплуатации. Стало возможным прогнозировать ресурс насоса в различных условиях эксплуатации.

Вся эта работа в конечном итоге трансформируется в выработку конструктивных решений по повышению надежности оборудования и обоснованное повышение уровня технических требований, как к новому оборудованию, так и к ремонтному.

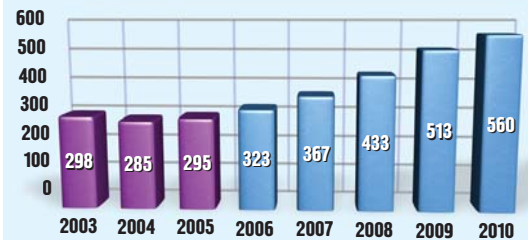
Учитывая, что основным ресурсоопределяющим элементом системы УЭЦН в ТНК-ВР является насос, основной акцент в нашей работе был сделан на исследование надежности ЭЦН. В этой области проведен огромный комплекс работ, который уже приносит компании неоценимую пользу.

Механизмы износа

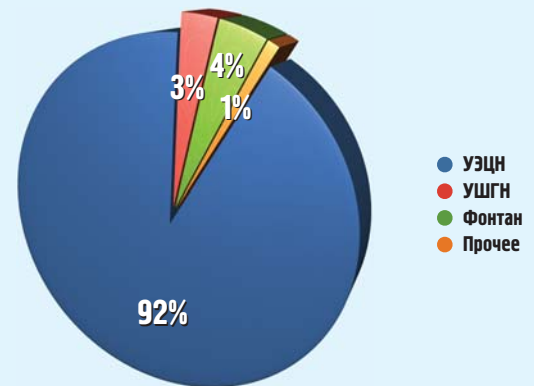
Большое внимание мы уделили исследованию работоспособности рабочих ступеней (РС) — основному элементу насоса. Вы-

Стратегия УЭЦН

В июле 2006 г. компанией взят курс на двукратное увеличение наработки на отказ УЭЦН к концу 2011 г.



Добыча по способам



Текущий статус:

- ✓ С начала реализации проекта достигнуто увеличение наработки на отказ скважин, эксплуатируемых УЭЦН, на 90%
- ✓ За период с 2006 г. предотвращено более 17 тыс. отказов
- ✓ Общий эффект от роста наработки по состоянию на 1 января 2011 г. составил более \$300 млн

делены два превалирующих механизма их разрушения. Это из-

Одной из первых была решена задача внедрения системы мониторинга и анализа информации по УЭЦН, базирующаяся на опыте ВР

нос подвижных сопряжений и износ проточной части.

С 2006 года удельное количество отказов по насосам удалось снизить в 2 раза, по кабелю — в 1,5 раза

К подвижным сопряжениям мы относим радиальные подшипники, радиальные и осевые подвижные сопряжения РС. Изнашивание подвижных сопряжений происходит вследствие контакта сопряженных поверхно-

Структура системы мониторинга и информации по УЭЦН



Общая структура научно-исследовательских работ



стей при их скольжении друг относительно друга. При этом в за-

С 2010 года в компании произошла трансформация стратегии повышения наработки на отказ в стратегию повышения эффективности механизированной добычи

зоре присутствует пластовая жидкость, содержащая абразивные частицы.

Механизм изнашивания проточной части РС связан с движением пластовой жидкости, содержащей абразивные частицы, относительно наружных и внутренних поверхностей рабочего колеса и направляющего аппарата и заключается в эрозии материала. Непосредственного контакта изнашивающихся поверхностей в данном случае не происходит. Здесь применим термин гидроабразивное изна-

шивание, коррозионно-эрозионное изнашивание.

В результате проведения многочисленных экспериментов с РС выявлено, что физическая природа и интенсивность этих механизмов различна.

Результаты исследования механизмов разрушения РС нашли отражение в методике послеэксплуатационного анализа, которая также используется нами в расчетно-экспериментальном методе оценки ресурса УЭЦН для определения реального износа.

Была проведена целая серия экспериментов, посвященных исследованию осевых сил и осевого износа РС. На специально разработанном стенде мы проводили измерение осевых нагрузок различных конструкций ступеней в различных точках их напорно-расходных характеристик. В результате исследований было установлено, что рабочие ступени существенно отличаются по величине осевой силы. Осевая сила имеет двойственную природу. Она зависит как непосредственно от конструкции ступени, так и от рабочей точки напорно-расходной характеристики.

В свою очередь, износостойкость осевых сопряжений самым непосредственным образом зависит от величины удельной осевой нагрузки. Поэтому мы считаем, что при конструировании РС величина удельной осевой нагрузки должна приводиться в технической документации завода.

Были проведены исследования износа проточной части РС («промыв»). Функциональная зависимость скорости изнашивания материалов в данном случае определяется следующими основными характеристиками: коррозионная активность среды, местная скорость потока, концентрация, размер и твердость абразивных частиц.

Говоря о надежности оборудования, нужно говорить об условиях эксплуатации. Поэтому была проведена огромная работа по исследованию пластовых проб, по определению индекса агрессивности абразива по методике западных компаний. Показано, что эксплуатация оборудования в условиях ТНК-ВР осуществляется

ВОПРОСЫ ИЗ ЗАЛА

Вопрос: Вы провели большие исследования различных вариантов ступеней. Сформировали ли вы по их результатам какие-то единые требования ТНК-ВР для производителей насосов, в которых записано, какие узлы усиливать, каким материалам искать замену и т.д.?

С.Г.: У нас есть Технические требования ТНК-ВР к оборудованию УЭЦН, существующие с 2001 года. На протяжении 10 лет, примерно раз в год, в крайнем случае, раз в два года, мы пересматриваем эти требования, а научные подходы как раз и позволяют нам обоснованно, в том числе и с экономической точки зрения, повышать уровень технических требований как к новому, так и к ремонтному оборудованию.

Вопрос: Вы проводите испытания в рамках своего корпоративного института?

С.Г.: Нет, эта работа проводится нашей компанией совместно с Институтом машиноведения и компанией «ИМАШ ресурс».

Вопрос: У нас в «Роснефти» абсолютно все оборудование, которое мы приобретаем, «прогоняется» в лаборатории РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина на газосодержание и мехпримеси. Причем мехпримесей там 40 г/л — кварцевый песок и проппант 50х50.

В результате, у нас сейчас есть рейтинг всего оборудования, и мы знаем, в каких скважинах нужно применять более дорогое оборудование, для того чтобы получить необходимую эффективность.

Вы правильно говорите, что надо сопоставлять цену оборудования и тот эффект, который мы с его помощью достигнем. У вас применяется схожая методика?

С.Г.: Методика одинаковая только в общих чертах. У нас более глубокие подходы. Испытания насосных секций по всем группам оборудования нами проведены еще в 2005–2006 годах. Однако эти испытания лишь один пункт в общей структуре научно-исследовательских работ, о которой я говорил выше. Изучение физики отказов ресурсопределяющих деталей и узлов, классификация оборудования по семи группам конструктивного исполнения, расчетные методы прогнозирования надежности оборудования, глубоко проработанные технические требования к оборудованию и т.д. Это позволяет более эффективно проводить работы по повышению надежности.

Вопрос: Я впервые увидел, что российская компания пошла по пути западных. Мы определяем только количество взвешенных частиц, а вы определяете еще их размеры и твердость?

С.Г.: У нас специальная методика, причем это официальная методика, которая не является секретной. По стандартам API проводится измерение сферичности, округлости, микротвердости, размеров частиц. И все это составляет комплексный показатель «индекс агрессивности», характеризующий свойства частицы внедряться и разрушать поверхности.

Вопрос: То есть, вы по каждой скважине знаете индекс агрессивности?

С.Г.: Не по каждой. Мы исследовали 150 скважин на месторождениях Западной Сибири и сложили общую картину для объектов разработки.

в широком диапазоне условий: от легких до сверхтяжелых.

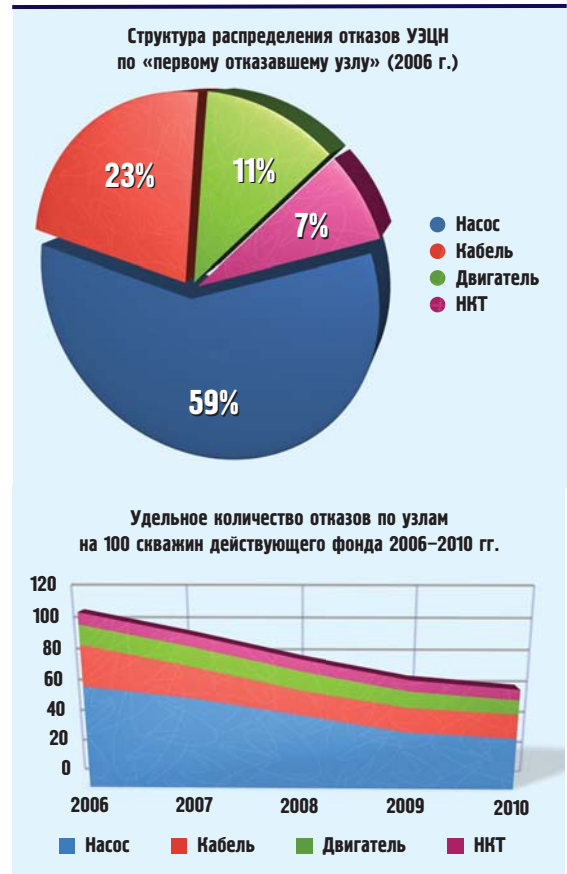
Послеэксплуатационный анализ

Важным этапом исследований по определению ресурса (технического предела) работы оборудования стал послеэксплуатационный анализ УЭЦН. В течение трех последних лет были разо-

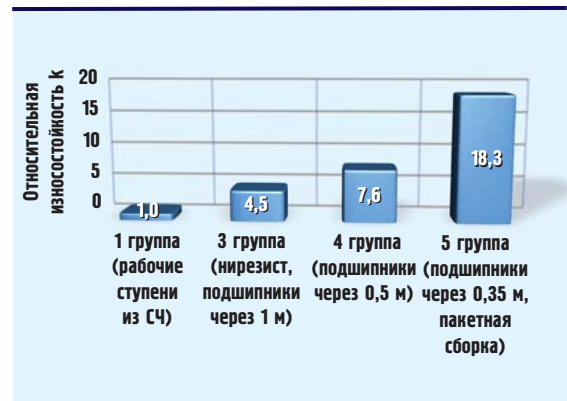
браны и измерены более 90 насосов — это порядка 200 насосных секций.

Суть подхода к определению ресурса заключается в следующем. Мы знаем срок работы оборудования в скважине, измеряем величину износа ступеней и определяем скорость изнашивания. На основании этого определяем выработанный и полный ресурс. В расчетах используется специальная функ-

Распределение отказов УЭЦН по основным узлам



Влияние конструкции на износостойкость насосной секции

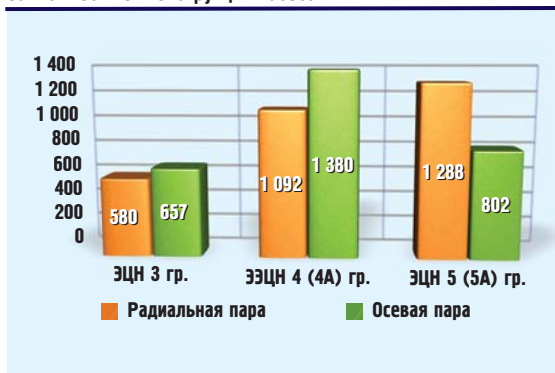


ция зависимости скорости изнашивания от величины зазора.

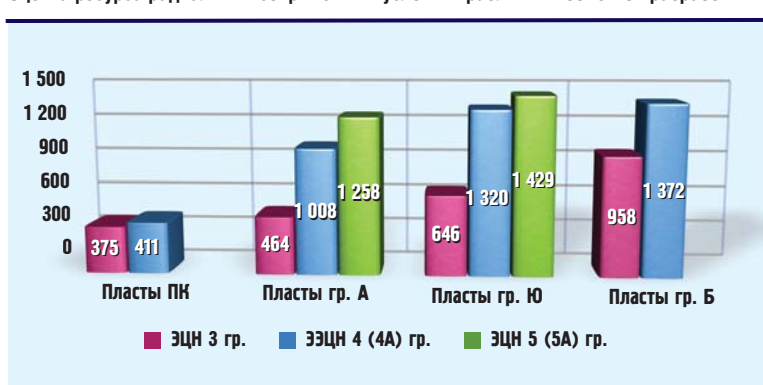
Одна из главных задач, решаемых в ходе реализации новой стратегии, — определение и достижение экономически обоснованных уровней наработки

В качестве примеров определения конструкционного ресурса

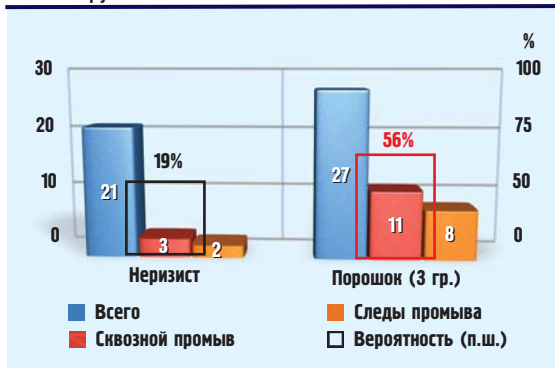
Оценка ресурса радиальных и осевых сопряжений в зависимости от конструкции насоса



Оценка ресурса радиальных сопряжений в условиях различных объектов разработки



Оценка надежности ЭЦН по критерию «промыв» в условиях пластов группы АВ



Полученные фундаментальные закономерности процессов динамики и изнашивания насосных секций различных конструкций легли в основу расчетно-экспериментального метода оценки ресурса УЭЦН

насосов по результатам послеэксплуатационного анализа можно привести оценку ресурса ради-

Можно выделить два основных механизма разрушения рабочих ступеней — износ подвижных сопряжений и износ проточной части

альных сопряжений в условиях различных объектов разработки (см. «Оценка ресурса радиальных

Важным этапом исследований по определению ресурса работы оборудования стал послеэксплуатационный анализ УЭЦН

сопряжений в условиях различных объектов разработки»), а также оценку ресурса радиальных и осевых сопряжений в зависимо-

сти от конструкции насоса (см. «Оценка ресурса радиальных и осевых сопряжений в зависимости от конструкции насоса»).

Интересна также оценка надежности ЭЦН по критерию «промыв» в условиях пластов группы АВ (см. «Оценка надежности ЭЦН по критерию «промыв» в условиях пластов группы АВ»). Здесь мы видим, что обычные порошковые материалы не предназначены для работы в условиях данных пластов. Должны применяться, по крайней мере, слаболегированные материалы.

От наработки к эффективности

Сегодня мы стоим на пороге реализации стратегии повышения наработки. Поэтому разумен вопрос: а что дальше? Какой уровень наработки является экономически и технически оправданным?

С 2010 года в компании произошла трансформация стратегии повышения наработки на отказ в стратегию повышения эффективности механизированной добычи. Произошли переоценка целевых ориентиров и переход от достижения показателей наработки к комплексному повышению эффективности производства и снижению затрат на добычу нефти.

Одна из главных задач, которая решается в ходе реализации уже новой стратегии, — это определение и достижение экономически обоснованных уровней наработки по каждому ЦДО, по каждому объекту разработки в зависимости от специфики скважинных условий и уровня развития технологий. Для решения этой за-

дачи необходимо четкое понимание технических пределов работы разных конструкций ЭЦН в различных условиях.

По результатам стендовых испытаний насосов была выполнена оценка влияния конструктивного исполнения оборудования на износостойкость (см. «Влияние конструкции на износостойкость насосной секции»). За единицу принята износостойкость насоса первой группы из серого чугуна. Установлено, что величина износа радиальных сопряжений рабочих ступеней непосредственно влияет на вибрацию насосных секций и определяет вероятность наступления отказа функционирования ЭЦН.

Проведенные стендовые испытания позволили получить фундаментальные закономерности процессов динамики и изнашивания насосных секций различных конструкций, которые в последующем легли в основу расчетно-экспериментального метода оценки ресурса УЭЦН. Это позволило нам определить критерии работоспособности насосных секций и установить предельное состояние по износу для осевых опор и радиальных пар трения.

Таким образом, впервые в практике нефтедобывающей отрасли применен подход, позволяющий научно обоснованно определить конструкционную надежность насосов для конкретных условий эксплуатации и прогнозировать показатели наработки на отказ скважин. Этот подход позволяет на основании экономической оценки выстраивать долгосрочную техническую политику эксплуатации скважин и оптимизации затрат на добычу нефти.



18 – 20 октября 2011
Москва, ВВЦ, павильон №75

Раскройте истинный потенциал Арктики на Конференции и Выставке SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике

- ◆ Геология и разведка
- ◆ Бурение и строительство скважин
- ◆ Разработка наземных и морских месторождений
- ◆ Технология разработки и добыча
- ◆ Новейшие технологии и пределы их использования
- ◆ Кадровые ресурсы
- ◆ Промышленная безопасность, охрана окружающей среды, социальная ответственность
- ◆ Технические задачи и нерешенные проблемы
- ◆ Сбор метеорологических и морских данных и наблюдения за окружающей средой

- **Новое техническое мероприятие уровня b2b для специалистов нефтегазовой отрасли:**
уникальная возможность доступа к новейшим технологиям, работам ведущих технических специалистов, инженеров и экспертов, платформа для профессионального общения и обмена мнениями
- **Конференционная программа, составленная SPE, под общей темой «Экстремальные проблемы для разведки и добычи».**
Сопредседатели оргкомитета: С.В. Брезицкий (исполнительный вице-президент по разведке и добыче компании ТНК-BP) и А.Б. Золотухин (проректор Российского Государственного Университета Нефти и Газа им. И.М. Губкина)
- **Уникальная возможность участия – «Инкубатор технологий»:**
возможность для развивающихся, инновационных компаний продемонстрировать свои разработки и применение новых технологий

Свяжитесь с нами сейчас, чтобы зарезервировать стенд на выставке!

Контакты в Москве:

Наталья Ситникова, менеджер проекта: Тел.: +7 495 937 6861, доб. 136. E-mail: natalia.sitnikova@reedexpo.ru

Контакты в Лондоне:

Наталья Яценко, менеджер проекта: Тел.: +44 (0)20 8910 7194. E-mail: natalia.yatsenko@reedexpo.co.uk

Подробная информация о мероприятии на сайте www.arcticoilgas.ru



Конференция



Выставка

Организаторы

Reed Exhibitions®
ООО «Рид Элсивер»

