



# НЕФТЬ НА УЧЕТЕ

**ТРИЛОХАН ГУПТА**  
**(Emerson Process Management, Сингапур)**

Рассматривается процесс коммерческого учета на самом длинном в мире нефтепроводе с подогревом и изоляцией.

Открытие месторождения нефти в регионе Мангала в штате Раджастан в 1998 г. позволило снизить зависимость Индии от импорта нефти. Запасы нефти здесь оцениваются на уровне 3,6 миллиарда баррелей. На настоящий момент частная энергетическая компания Cairn India Ltd., входящая в состав лондонской группы Vedanta Resources PLC, пробурила более 100 скважин. Добыча нефти началась в 2008 г. Ожидается, что максимальный уровень добычи достигнет 265 000 баррелей в день и в денежном эквиваленте будет соответствовать 7 миллиардам долл. США в год при цене на нефть около 73 долл. США за баррель, что составит 20% всей добываемой в Индии нефти. Самое важное, что необходимо учесть при проектировании системы коммерческого учета, — это свойства транспортируемой нефти. Плотность вязкой нефти составляет от 25 до 30 градусов АНИ, что делает ее воскообразной. При этом она твердеет при комнатной температуре в 25°C. Температура текучести такой нефти составляет

38–42°C по сравнению с легкой парафиновой нефтью, температура текучести которой составляет 3 °C, а асфальтено-смолистые парафинистые отложения образуются в такой тяжелой нефти уже при 64 °C. Для решения проблемы по транспортировке воскообразной нефти с высокой температурой текучести компании потребовалось построить самый длинный в мире нефтепровод с подогревом (рис. 1).

Данный трубопровод позволяет поставлять нефть на нефтеперерабатывающие заводы по всей стране, тем самым обеспечивая попадание нефти на рынки, находящиеся по пути следования нефтепровода. Нефтепровод компании Cairn Energy простирается на 680 км, а в его обслуживании занято 11 000 человек, при этом компании удалось построить его и получить начальный дебит всего лишь за пять лет. По трубопроводу с подогревом и изоляцией осуществляется транспортировка нефти из нефтяного месторождения Мангала к шести нефтеперерабатывающим заводам на западе Индии, включая крупнейший в мире НПЗ Reliance. Подогреватели и изоляция рассчитаны на температуру в 90 °C. После создания всей необходимой инфраструктуры необходимо было найти способ анализа и правильного измерения количества нефтепродуктов, поступающих к заказчикам. По результатам тендера компания Cairn выбрала Daniel Measurement and Control, бизнес Emerson Process Management — в качестве поставщика комплексного решения для учета нефти.

## УЧЕТ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

По рекомендации Daniel компания Cairn решила установить на каждом терминале специально разработанные, полностью интегрированные и укомплектованные узлы коммерческого учета с ультразвуковыми рас-

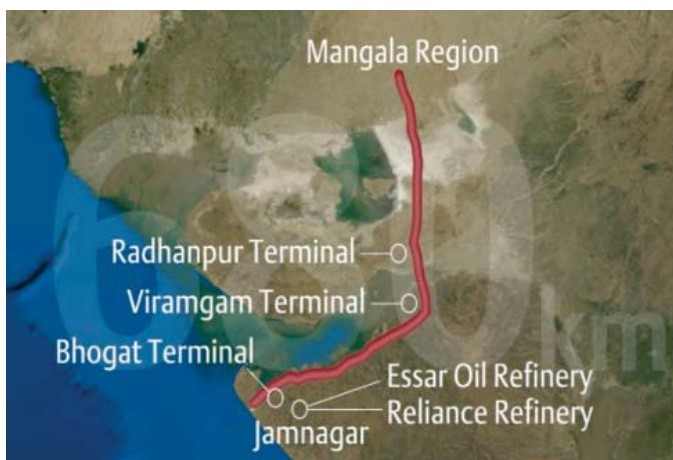


Рис. 1. Самый протяженный в мире трубопровод длиной 600 км с подогревом и изоляцией используется для транспортировки тяжелой, воскообразной сырой нефти из скважин в пустыне Тар к нефтеперерабатывающим заводам на западе Индии

ходомерами (рис. 2). Эти узлы учета должны были стать контрольной точкой при передаче нефти непосредственно заказчику, обеспечивая высочайший уровень точности и стабильности. Одно из преимуществ ультразвуковых расходомеров — это их полнопроходность, а также отсутствие механических частей, подверженных износу, внутри трубопровода, что обеспечивает низкий перепад давлений, значительную экономию энергии и минимальное техническое обслуживание. Традиционные технологии измерения расхода, такие как расходомеры объемного типа и турбинные расходомеры, предполагают наличие движущихся частей и требуют большего объема технического обслуживания.

Компания Daniel разрабатывала каждый узел учета согласно требованиям компании Cairn и в полном соответствии с Руководством АНИ по стандартам измерений в нефтяной промышленности. Учет нефти, добываемой в месторождении Мангала, осложняется ее воскообразными свойствами и высокой температурой застывания, но при проектировании решений для коммерческого учета компания руководствовалась философией, не допускающей неточностей в учете сырой нефти при переходе права собственности от компании Cairn Energy к заказчикам. Расчет отдельных элементов, выбор проверенного метода и философии и создание каждого узла учета с подогревом и изоляцией обеспечивает поддержание температуры сырой нефти выше температуры застывания в любой момент во время движения нефти по трубопроводу. А при отсутствии потока система автоматически может повысить температуру нагрева для предотвращения образования асфальтено-смолистых парафинистых отложений. Компания Daniel использует интегрированный процесс проектирования систем, при котором решение для заказчика разрабатывается с использованием масштабной 3-D модели. Такая модель разрабатывается на основании утвержденных схем трубопроводов и контрольно-измерительных приборов (рис. 3). Создание такой 3-D модели предоставило возможность компании Cairn осуществлять анализ предложенного решения на различных этапах реализации проекта и таким образом с легкостью вносить необходимые изменения в проект системы. Это также помогло компании Cairn оценить спецификацию материалов и провести инженерные обзоры генерального плана, результатов стресс-анализа, расчетов центра тяжести и других факторов.



▲ Рис. 2. Терминал Viratgam — один из шести перевалочных пунктов на протяжении трубопровода

Каждый узел включает многолучевые ультразвуковые расходомеры Daniel, измеряющие расход за счет определения разности между временем прохождения ультразвукового импульса по направлению потока и против него, компакт-пруверы и компьютеры расхода S600 Daniel, измерители плотности Micro Motion, датчики давления и температуры Rosemount, регулирующие клапаны Fisher, линии обогрева трубопровода, силовые распределительные щиты и распределительные коробки EGS, а также другие необходимые компоненты. Метод создания 3-D моделей является неотъемлемой частью производственного процесса, что позволяет сократить время реализации таких крупных проектов по созданию инфраструктуры в условиях сжатых графиков проектных работ. Узлы были собраны на предприятии в Сингапуре по производству



▲ Рис. 3. Программное обеспечение Daniel позволяет создать 3-D модель узла учета



Рис. 4. Узлы учета были установлены на каждом НПЗ на всем протяжении трубопровода

средств коммерческого учета, сертифицированном в соответствии с тремя стандартами ISO. Узлы представляют собой крупные, тяжелые конструкции, которые были доставлены на грузовых морских судах в порты Индии. Оттуда их на грузовиках доставили на место монтажа в точке перехода права собственности. Эти предварительно собранные узлы были доставлены и установлены как интегрированное решение.

После доставки на НПЗ узлы учета (рис. 4) подняли с помощью крана и поместили между трубопроводом и НПЗ. Предоставленное решение для учета нефти полностью отвечает требованиям компании Cairn и представляет собой единый узел, включающий измерительную и автоматическую пробоотборную системы. Каждый узел учета относительно компактен и без особых проблем был установлен на каждом объекте заказчика. Непосредственно после монтажа систем Daniel было проведено необходимое обучение сотрудников компании Cairn и предоставлена вся необходимая поддержка при подготовке к пусконаладочным работам и вводу в эксплуатацию.

#### КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ

Передача нефти на НПЗ осуществляется компанией Cairn в месте перехода права собственности (POS) при использовании системы коммерческого учета нефти (СТMS). Данные, передаваемые системой СТMS, используются при оформлении финансовой операции. В состав системы СТMS входят ультразвуковые расходомеры для коммерческого или фискального учета, контрольная линия для поверки

счетчиков и автоматическая система пробоотбора с модулем контроля качества нефти, а также компьютер расхода. Кроме того, в решении используется установка для проливки по воде, позволяющая при необходимости осуществлять поверку компактного пружера в полном соответствии с требованиями Руководства АНИ по стандартам измерений в нефтяной промышленности. Так как в сырой нефти присутствуют механические примеси и вода (BS&W), окончательная фискализация крайне важна для определения содержания чистой сырой нефти при осуществлении продажи. Для этого используется система, отбирающая образцы нефти в автоматическом режиме. Представители компании Cairn собирают эти пробы в емкость и осуществляют лабораторное исследование для определения свойств сырой нефти и механических примесей и воды.

Компьютер расхода производит расчеты как количественных (коммерческий учет), так и качественных (состав механических примесей и воды) характеристик. Также он производит расчет чистого фискального объема, чтобы определить окончательное количество продаваемой сырой нефти, после чего эти расчеты предоставляются покупателю с данными отслеживания операций. Все полученные в результате расчетов данные дублируются и заносятся в журнал отслеживания операций. Также и в системе СТMS есть один резервный контрольный участок трубопровода, который выступает в качестве оперативного резерва при неисправностях в главном измерительном участке. Компьютеры расхода, имеющие в своем распоряжении современные алгоритмы и программное обеспечение, обеспечивают работу системы в полностью автоматическом режиме. Все данные об измерении расхода находятся в локальной компьютерной сети, что обеспечивает резервирование системы на различных уровнях. Кроме того, система обеспечивает резервирование аппаратной части узла учета за счет наличия нескольких контрольных участков. Расходомеры проходят калибровку в проливочной лаборатории Daniel в Хьюстоне, штат Техас. Проливка позволяет определить коэффициент калибровки каждого расходомера, именуемый К-фактором. После монтажа ультразвуковых узлов учета на объекте регулярная поверка в эксплуатации проводится для определения коэффициента коррекции для каждого ультразвукового рас-





▲ Рис. 5. Каждый узел учета включает модуль, позволяющий вести учет расхода нефти непосредственно на месте в любое время в соответствии с желанием компании Cairn или ее заказчиков

ходомера в реальных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями Руководства АНИ по стандартам измерений в нефтяной промышленности.

Помимо первоначальной поверки требуется проведение регулярных поверок для подтверждения или перерасчета точности счетчика. Поверка осуществляется в соответствии с рекомендациями, приведенными в разделах 4.2, 4.5, 4.8 и 5.8. Руководства АНИ по стандартам измерений в нефтяной промышленности. Эксплуатационная поверка ультразвуковых расходомеров коммерческого учета производится на месте, для чего пружер устанавливается последовательно со счетчиком. Каждый узел учета компании Cairn имеет встроенный пружер (рис. 5).

Основополагающий принцип поверки заключается в сравнении известного показателя с данными, полученными от поверяемого счетчика. Это обеспечивается за счет последовательной установки счетчика и пружера таким образом, что вся жидкость, проходящая через счетчик, так же проходит и через пружер. Измеряя таким образом объем, компания Cairn имеет возможность проверить точность ультразвуковых расходомеров в соответствии с техническими и нормативными требованиями, а также требованиями заказчиков. Во время поверки сырая нефть проходит через пружер в течение времени, необходимого для стабилизации скорости, температуры, давления и плотности потока. Непосредственно поверка начинается после стабилизации всех параметров. Пружеры Daniel позволяют компании Cairn осуществлять поверку счетчиков в соответствии с требованиями Руководства АНИ по стандартам измерений в нефтяной

промышленности и обеспечивать повторяемость измерений на уровне выше  $\pm 0,05\%$  при пяти последовательных прогонах. Неопределенность коэффициента коррекции счетчика находится полностью в допустимых пределах. После выполнения поверки и получения результатов открываются спусковой и дренажные клапаны, что позволяет сбросить давление жидкости и слить остатки нефти. Когда пружер не используется, питание системы отключено, что позволяет продлить срок службы компонентов и сэкономить энергию.

Обычно покупатель и продавец совместно решают то, как часто должна проводиться поверка системы для обеспечения уверенности в точности получаемых данных. Эти данные являются неотъемлемой частью коммерческой сделки. За последний год после ввода в эксплуатацию у компании не возникало никаких проблем с заказчиками. Недавно была внедрена автономная диагностика, которая стала возможной благодаря связи между счетчиками и хост-системой по локальной сети. Журналы данных можно запрашивать регулярно или при необходимости, а затем отправлять их по электронной почте специалистам Daniel, которые помогут определить, оказывают ли какие-либо внешние факторы негативное влияние на показатели работы или техническое состояние счетчиков, которые приводят к возмущению потока, закупориванию трубопровода и другим проблемам.

Следующая цель компании Cairn — перейти к диагностике в режиме реального времени. Это позволит осуществлять сбор данных и выполнять проверку рабочих характеристик счетчиков и при необходимости других компонентов системы в режиме реального времени.

**Daniel** является мировым лидером в производстве средств измерений, систем и услуг, связанных с коммерческим учетом жидкостей и газов в нефтегазовой отрасли. Бренд Daniel является синонимом высокого качества продукции, промышленного опыта и инженерных инноваций.

С более чем 80-летним опытом коммерческого измерения расхода мы понимаем, что даже небольшое изменение точности измерений может иметь существенное влияние на прибыльность. Вот почему Daniel стремится снижать погрешности измерений, чтобы помочь предприятиям контролировать расход жидкостей и газов с помощью интеллектуальных расходомеров с расширенной диагностикой, контролирующей все ключевые параметры с помощью интеллектуальных измерительных систем, в которых диагностируются потенциальные сбои до их возникновения, а также поддерживаются нашим сервисным обслуживанием на протяжении всего цикла работы приборов

Рис. 6.  
Ультразвуковой расходомер  
для коммерческого учета:  
Daniel 3804



## РЕЗУЛЬТАТЫ

Компания довольна успешным применением ультразвуковых жидкостных расходомеров (рис. 6) в таком крупном проекте и их способностью точно измерять расход такой сложной среды, как сырая нефть. Система коммерческого учета обеспечивает получение конечных фискализированных данных, проверку которых можно провести непосредственно на объекте и которые соответствуют государственным стандартам Индии.



*Первоначально опубликовано в журнале "Oilfield Technology", март 2012.  
Более подробная информация доступна на странице [www.metran.ru/brands/daniel](http://www.metran.ru/brands/daniel)  
и по телефону +7 (495) 981-981-1.*