Современное состояние технологии измерения многофазных потоков

Status Multiphase Metering

Д-р Стюарт Л.Скотт
Адъюнкт-профессор университета A&M, Техас

Измерение многофазных потоков представляет собой технологию, которая уже сейчас оказывает значительное влияние на нефтегазовый сектор экономики и сулит большие перспективы для его дальнейшего развития. Многофазные измерители используются в настоящее время на различных нефтяных месторождениях – от береговых комплексов по добыче тяжелой нефти до морских промыслов, включая подводные эксплуатационные системы. Особенностью присущей всем стратегиям развития, основанным на многофазных технологиях, использующих многофазные измерители, является снижение авансируемых капитальных вложений *(Скот, 2001 & 2002)*.

Исключение из эксплуатации сепаратора и другого оборудования обеспечивает снижение затрат, и кроме того позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и риски разливов нефти. Эта технология используется на буровых морских платформах и плавучих основаниях, таких как морские нефтехранилища с беспричальным наливом (Spars), платформы с натяжными опорами (TLPs), плавучие нефтекомплексы (FPSO's) с целью снизить требования по объему и весу, связанные с замером дебита продукции опережающе разбуренных или удаленных скважин. Для подводных месторождений измерение многофазных потоков имеет большое значение, так как оно позволяет производить транспортировку смешанных нефтепродуктов по общему подводному нефтепроводу. В этом случае многофазный расходомер дает возможность распределять продукцию подводной скважины и осуществлять ее мониторинг *(Devegowda & Scott, 2003 & 2004)*.

Измерение многофазных потоков открывает также новые захватывающие возможности для замера дебитов нефти, воды и газа в реальном масштабе времени; эта методика более совершенна по сравнению с пробными сепараторами, как в плане замеров скорости течения флюидов, так и качества самих измерений. Измерения, проводимые в реальном масштабе времени, позволяют по-новому подойти к решению проблемы разработки месторождений и оптимизации процесса добычи.

Dr. Stuart L. Scott
Associate Professor, Texas A&M University

Multiphase metering is a technology recognized to hold great potential for the oil & gas industry. The impact is already significant. Today, multiphase meters are utilized in developments ranging from onshore heavy-oil to offshore (including subsea). Reduction in up-front capital costs is a feature common to the multiphase based development strategies that make use of multiphase meters (Scott, 2001 & 2002). The elimination of the separator and other equipment provides cost saving and also acts to reduce the environmental impact and the risks of spills. Offshore platforms and floating structures (Spars, TLPs, FPSO's) make use of this technology to reduce the weight/space requirements associated with metering subsea tieback wells. For subsea developments, multiphase metering plays a central role, enabling production to be comingled in a common subsea pipeline. In this case, the meter provides the capability to perform subsea production allocation and monitoring *(Devegowda & Scott, 2003 & 2004)*.

Multiphase metering also presents exciting new opportunities for real-time measurement of oil, water and gas flow rates; a significant improvement over test separators, both in terms of the speed and the quality of the measurements. These real-time measurements are providing new capabilities in reservoir management and production optimization. In particular, it has been shown that the quality of measurements can have a significant impact on the back allocation of production to individual wells or fields; information that is critical in reservoir simulation history matching, field management and reserves estimation *(Mehdizadeh, Ghaempanah and Scott, 2006)*. Data also provides the basis for important operational decisions, such as when to shut-in a high water-cut well and planning workovers/recompletions. While multiphase metering can provide a number of advantages, these advantages must be carefully weighted in terms of their economic impact. This paper summarizes technologies that are commercially available and discusses how they are being utilized. The potential for this technology is discuss as well as the hurdles preventing wide spread application.

The Test Separator

For decades, the standard oil industry test separator has served as our multiphase meter. It provides the oil,

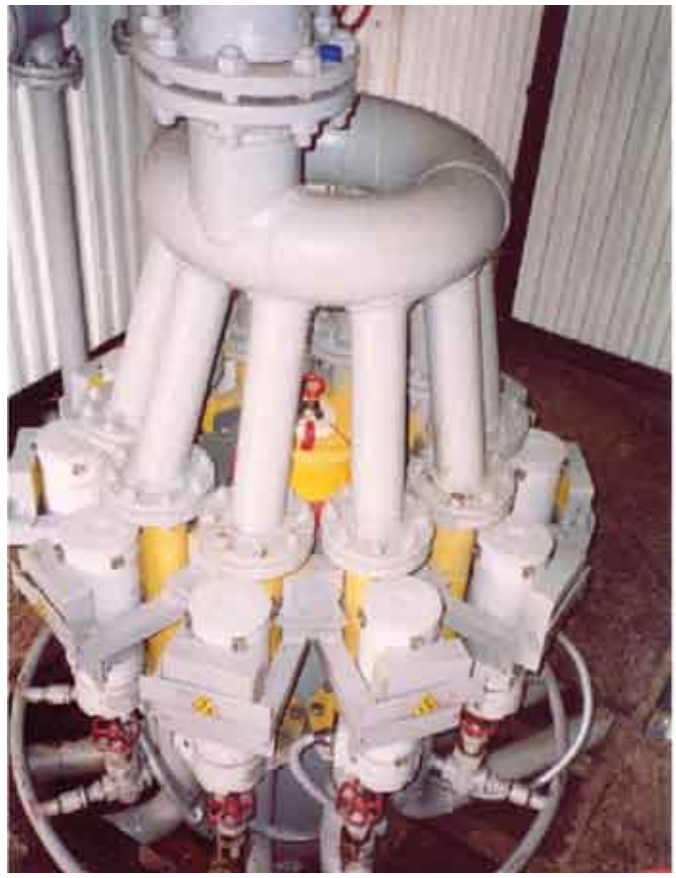
В частности, было установлено, что качество измерений приобретает большое значение при обратном распределении добычи по отдельным скважинам или месторождениям; подобная информация чрезвычайно важна при адаптации истории моделирования коллектора, управлении нефтепромыслом и оценке запасов месторождения *(Mehdizadeh, Ghaempanah и Scott, 2006)*. Полученные данные являются основой для принятия важных оперативных решений, как например выбора момента закрытия скважины с высоким содержанием воды в продукции и планирования КРС или повторного закачивания скважины.

Учитывая целый ряд преимуществ, которые дает использование технологии замера многофазного потока, следует, однако, тщательно проанализировать эти преимущества с точки зрения их экономических последствий. В данной статье в суммарном виде представлены имеющиеся на рынке технологии и обсуждаются способы их применения, а также их потенциальные возможности и препятствия на пути их широкомасштабного использования.

Пробный сепаратор

В течение десятилетий типовой пробный сепаратор использовался в нашей нефтедобывающей промышленности качестве многофазного расходомера. Он обеспечивает замеры дебита нефти, воды и газа, что и является основной функцией многофазного измерительного прибора. Однако использование этого прибора сопряжено с целым рядом трудностей и это привело к разработке современного многофазного измерителя потока. Помимо крупных габаритов и большого веса пробного сепаратора с цилиндрической трубной резьбой 1 дюйм (G 1) необходимым условием его работы в связи с изменением уровня жидкости в нем является проведение испытания скважины на приток в течение многочасового периода времени при усредненном дебите скважины.
В идеальном варианте сепаратор работает как разделительный прибор, в котором происходит полное разделение нефти, газа и воды и образующиеся при этом однофазные потоки флюида измеряются с помощью типовых промышленных однофазных расходомеров.
До недавнего времени считалось, что пробный сепаратор производит абсолютно точные замеры. Планки погрешностей фактически никогда не ассоциируются с показаниями, полученными в ходе пробной эксплуатации скважины с использованием сепаратора, или с данными о добыче, отображаемыми на стандартном графике в виде кривой, показывающей темпы падения дебита скважины во времени.

В настоящее время есть понимание того, что существуют неопределенности, обусловленные



water and gas flowrates that are the essential function of a multiphase metering device. There are, however, a number of difficulties with this device that have led to the development of the modern multiphase meter. In addition to the bulky size/weight of 1-g test separator, liquid level changes in the separator require that production tests be conducted over a multi-hour time period and flowrate averaging. Ideally, the separator functions as a complete separation device, where oil, gas and water are completely separated and the resulting single-phase streams are measured with industry standard single-phase meters. Until recently, the test separator has been considered as absolutely accurate. Error bars are virtually never associated with the readings of a separator based production test or production data displayed on industry standard rate-time decline curve plots. Today, we understand that there are uncertainties associated with even this industry standard test method. For example, high rates wells tested with a small test separator will experience gas entrainment in the liquid phases (gas carry-under) and liquid entrainment in the gas phase (liquid carry-over). The result is a trace multiphase stream entering the single-phase meters placed at the outlets of the separator. The measurements reported are then biased high or low as a result of the contamination in the flow steam. In addition, complete separation of oil & water may not be achieved in the short residence time of the test separator and without the application of heat and chemical to break any emulsion phase created within the production system. As will be discussed below,

даже этим промышленным стандартным методом опробывания.

Например, в высокопроизводительных скважинах опробованных небольшим тестовым сепаратором может происходить увлечение газа каплями жидкости в жидкой фазе (недоброс газа) и увлечение жидкости пузырьками газа в газовой среде (переброс жидкости).

В результате мы имеем многофазовый поток со следами примесей, который поступает на однофазные расходомеры на выходе из сепаратора. Получаемые при этом замеры могут отклоняться от истинного значения, как в сторону увеличения, так и уменьшения, вследствие загрязнения потока флюидов. Кроме того, за то короткое время, что тестовый сепаратор находится в работе, возможно, не удастся обеспечить полное разделение нефти и воды, не прибегая к использованию тепла и химических реагентов для разрушения любой эмульсионной фазы, образовавшейся в нефтедобычной системе.

Как будет видно из дальнейшего обсуждения, многофазные измерительные приборы имеют целый ряд преимуществ перед традиционным пробным сепаратором.

Многофазные расходомеры

Имеющиеся в настоящее время на рынке многофазные расходомеры можно разделить на три основные категории: 1) Устройства, основанные на принципе частичного разделения фаз; 2) Стационарные расходомеры; и 3) Виртуальные расходомеры. Ниже приводятся описания каждого из этих типов расходомеров:

Расходомеры с частичным разделением фаз. Особенностью этой методики является то, что используется некий тип компактного сепаратора для парциального разделения потока в первую очередь на газ и в первую очередь на жидкую фазу. Такие сепараторы сообщают жидкости тангенциальное ускорение (спин) обычно не превышающее 15-100 g. Для измерения потоков состоящих преимущественно из газа и преимущественно из жидкости используются традиционный однофазный расходомер и устройства, измеряющие обводненность продукции скважины. Поэтому такой расходомер стоит дешевле, чем стационарный. Устройства с частичным разделением извлекают большую часть образующейся газовой фазы, что позволяет получать более точные замеры дебита нефти. В университете A&M проводилось исследование на предмет использования сепаратора с регулируемыми параметрами входа с тем, чтобы расширить сферу практического применения цилиндрических циклонов,

multiphase meters provide a number of advantages over the conventional test separator.

Multiphase Meters

Today's currently available multiphase meters can be divided into three primary categories: 1) Partial Separation Based Devices; 2) In-Line Meters; and, 3) Virtual Meters. Each of these categories is discuss below:

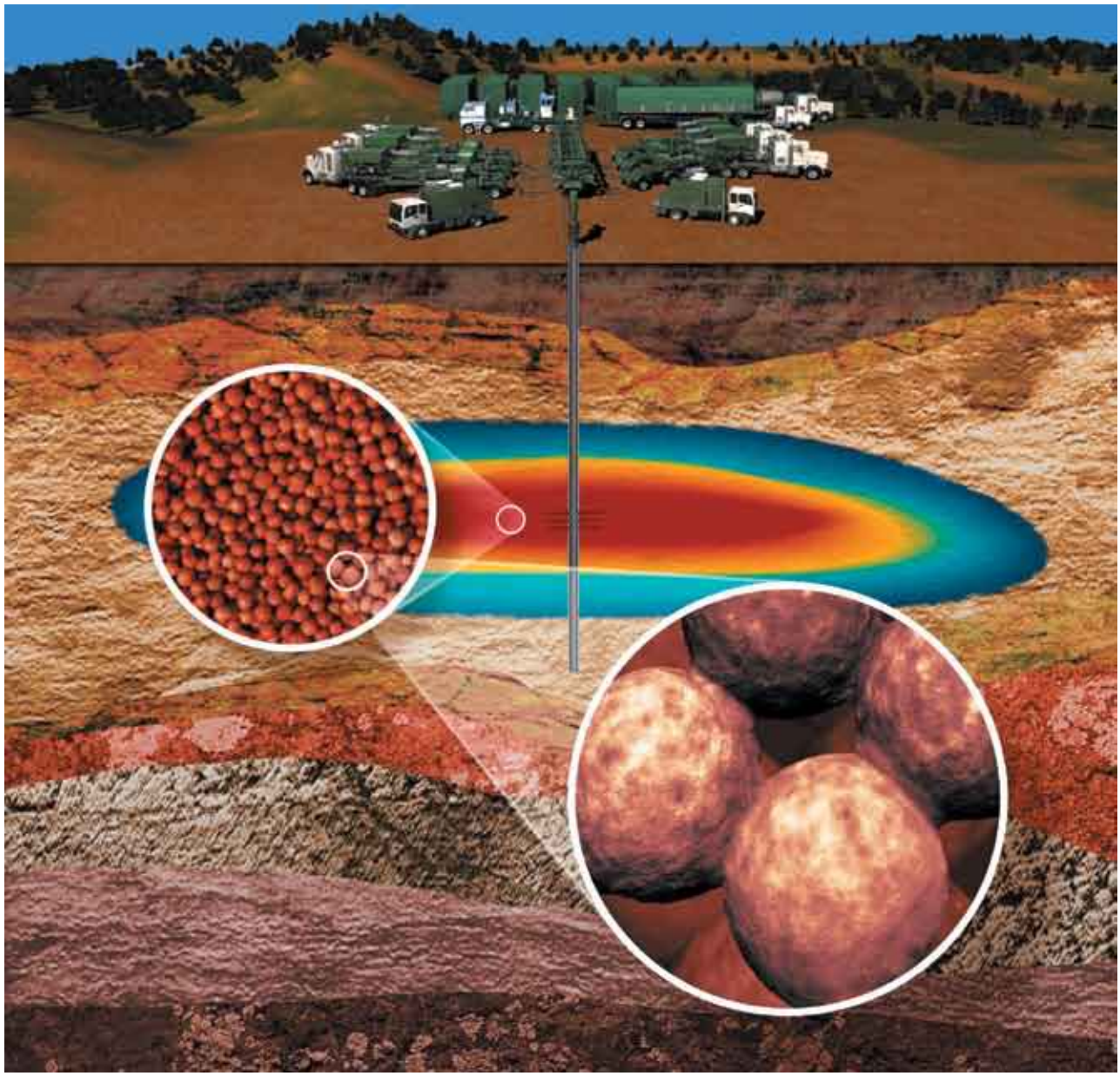
Partial Separation Based. This approach utilizes some type of compact separator to partially separate the flow stream into a primarily gas and a primarily liquid stream. These compact separators impart a tangential acceleration (spin) to the fluid which is typically in the range of 15-100 g. This approach uses conventional single-phase meter and water-cut devises to measure the primarily gas and primarily liquid flow streams. As a result the costs of this type of meter is less than for the In-Line Meter. Partial separation devices extract much of the produced gas phase, allowing a more accurate measurement of oil flow rates. Texas A&M has studied the use of a variable separator inlet to extend cylindrical cyclone technology into practical oilfield use (Igho & Scott, 2005). Texas A&M has also performed scoping work to quantify the effect of a trace multiphase stream on a single-phase meter (Hekimian, Jumonville & Scott, 2000; Adejuyigbe, et al., 2004).

In-Line Meters. This approach attempts to measure the three flow rates (oil, water and natural gas) without separation of the phases, although some conditioning of the flow is utilized by some manufacturers. To obtain the individual phase rates, several measurements must be made. Proprietary models and empirical correlations are utilized to close the system of equations that results from the various measurements. This approach is the most compact and the most expensive. Note that compact separation can be used to extend the operational envelope of in-line multiphase meters by removing most of the gas phase.

Virtual Meters. This category has just emerged in the past few years. Virtual metering is a new concept that can be used in conjunction with a physical meter, or when one is unavailable. Virtual Meters utilize available pressure and temperature measurements to attempt to estimate the flow rates based on multiphase pipe flow models. This approach is being utilized, but has not been subjected the rigorous third party testing to determine the uncertainties associated with this approach and the uniqueness of the solution. Several different methods are commercially available.

Comparison of Multiphase Meter Technologies

A number of multiphase meters are commercially available. Given below is a table that compares some of the meters on the market and the technologies they employ.



Достигая наилучших результатов

Обладая высококвалифицированным персоналом в области стимуляции скважин и повышения нефтеотдачи, Oilfield Technology Group компании Hexion является признанным лидером в области разработки и производства расклинивающего материала для гидроразрывов. Новая серия наших продуктов и услуг поднимает технологию гидроразрыва на новый уровень, помогая Вам достичь наилучших результатов. Hexion является Вашим надежным партнером, обеспечивающим поставку необходимых объемов высококачественного расклинивающего агента, являющегося компонентом для самых передовых технологий. Наша служба технической поддержки всегда готова помочь Вам. Дополнительная информация на сайте OilTG.com

Расклинивающие агенты для ГРП **Контроль содержания песка**

HEXION™
Specialty Chemicals

распространив ее на нефтепромыслы (Igho и Scott, 2005). В университете также были проведены предварительные исследования по количественной оценке воздействия, оказываемого потоком с незначительным количеством примесей на однофазный расходомер(Hekimian, Jumonville и Scott, 2000; Adejuyigbe и др., 2004).

Of all the companies listed, essentially all the In-Line market is shared by Roxar, Schlumberger and Agar. Schlumberger currently (as of May 2007) has produced 800 multiphase flow meters. Out of that 800, 209 of these meters are subsea meters. Roxar's market share is also substantial, with over 263 subsea meters sold. It should be noted that the Partial Separation Based

Сравнение коммерчески доступных технологий многофазных измерений

Методика измерений	Изготовитель	Подготовка потока	Трубка Вентури	лубинный радио-изотопный плотномер	СВЧ	Емкостная проводимость
Стационарные	Agar Corporation	По заказу (расходомер объемного вытеснения)	Да	Нет	Да	Нет
	AkerKvaerner	нет	Да инверсный	Да (двойной) (22&59.5KeV)	Нет	Нет
	Haimo Technologies Inc.	да	Да	Двойной	Нет	Нет
	Jiskoot	закрытый смеситель	Нет	Двойной	Нет	Нет
	Multi Phase Meters AS	нет	Да	По заказу	3-D	Нет
	Neftemer Ltd.	нет	Нет	Да	Нет	Нет
	Petroleum Software Ltd	да	Да	Нет	Нет	Да
	Pietro Fiorentini	нет	Да	Нет	Нет	Да
	Roxar	нет	Да	Да	Нет	Да
	Schlumberger/ FramoEngineering	труба (тупиковый тройник)	Да	Да	Нет	Нет

Методика измерений	Изготовитель	Тип сепаратора	Измеритель жидкости	Измеритель газа	Измеритель обводненности	
С разделением фаз	Agar	Цилиндрич. циклон	Вентури		СВЧ	
	Emerson Process& SMS	Цилиндрич. циклон	Кориолиса	Coriolis	Нефть нетто (плотность)	
	eP-Solutions (Weatherford)	Цилиндрич. циклон	Кориолиса	Coriolis/ Vortex	ИК (Red Eye)	
	Foxboro	Цилиндрич. циклон	Кориолиса	Coriolis/ Vortex	Нефть нетто (плотность)	
	PhaseDynamics	Цилиндрич. циклон	Кориолиса	Corilis/ Vortex	СВЧ	

Методика измерений	Изготовитель	ПО	Дебит	Давление и температура		
Виртуальные	EnSys Yocum		Необходим для калибровки	Необходимы как входная величина		
	FMC Technologies		Необходим для калибровки	Необходимы как входная величина		
	Multiphase Solutions (Woodgroup)	OLGA	Необходим для калибровки	Необходимы как входная величина		

Comparison of Commercial Multiphase Metering Technologies

Metering Approach	Manufacturer	Flow Conditioning	Venturi	Nuclear Densitometer	MicroWave	Capacitance Conductance
InLine	Agar Corporation	Optional (PD M)	Yes	No	Yes	No
	AkerKvaemer	None	Yes (inverse)	Yes	No	No
	Haimo Technologies Inc.	Yes	Yes	Dual (22 & 52.5 Kev)	No	No
	Jiskoot	Internal mixer	No	Dual	No	No
	Multi Phase Meters AS	None	Yes	Optional	3-D	No
	Neftemer Ltd.	None	No	Yes	No	No
	Petroleum Software Ltd	Yes	Yes	No	No	Yes
	Pietro Fiorentini	None	Yes	No	No	Yes
	Roxar	None	Yes	Yes	No	Yes
	Schlumberger/ FramoEngineering	Piping (Dead End Tee)	Yes	Dual (32 & 80 Kev)	No	No

Metering Approach	Manufacturer	Seperator Type	Liquid Meter	Gas Meter	Water-Cut Meter	
Separation Based	Agar	Cylindrical Cyclone	Venturi		Microwave	
	Emerson Process& SMS	Cylindrical Cyclone	Coriolis	Coriolis	Net-Oil (Density)	
	eP-Solutions (Weatherford)	Cylindrical Cyclone	Coriolis	Coriolis/ Vortex	Infrared (Red Eye)	
	Foxboro	Cylindrical Cyclone	Coriolis	Coriolis/ Vortex	Net-Oil (Density)	
	PhaseDynamics	Cylindrical Cyclone	Coriolis	Coriolis/ Vortex	Microwave	

Metering Approach	Manufacturer	Software Base	Flow Rates	Pressure & Temperature		
Vitual	EnSys Yocum		Need for Calibration	Needed as Input		
	FMC Technologies		Need for Calibration	Needed as Input		
	Multiphase Solutions(Woodgroup)	OLGA	Need for Calibration	Needed as Input		

Стационарные расходомеры. При этом подходе делается попытка измерить три отдельных притока: дебит нефти, воды и природного газа без разделения фаз, хотя некоторые производители доводят поток до требуемых параметров. При этом необходимо произвести несколько замеров, чтобы получить скорости перемещения отдельных фаз. Используются фирменные модели и эмпирические корреляции для завершения системы уравнений, возникающих в результате проведения различных замеров. Эта методика является наиболее компактной и дорогостоящей.

Следует отметить, что компактное разделение можно использовать для расширения области

concept is making substantial gains with hundreds of these meters going into South America and the Mid-East. This metering approach also lends itself to the mobile production testing market and with the separator, has the ability to cover a wide range of flowrates with improved oil rate measurement. The biggest problem of the Partial Separator Based approach is the fixed inlet geometry of the separators currently being employed. While permanent installations dominate the market, the mobile testing service market is also growing.

Types of Multiphase Flow Measured

To date, multiphase meters have primarily been used in the area of production testing. However, drilling hydraulic fracturing and other applications are beginning to make

рабочих режимов стационарных расходомеров, удалив большую часть газовой фазы.

Виртуальные расходомеры. Эта категория расходомеров появилась в последние несколько лет. Это новая концепция, используемая совместно с физическим измерительным устройством или при его отсутствии. В виртуальных расходомерах используется возможное давление и замеры температуры для оценки расхода жидкости, в основе которой лежат модели трубопроводов с многофазными потоками продукции.
Такая методика используется, но она не подвергалась тщательной проверке независимыми экспертами для выявления ненадежностей, обусловленных данной методикой, и единственности решений. Коммерчески доступны несколько различных технологий.

Сравнительный анализ многофазных расходомеров

В продаже имеется несколько типов многофазных расходомеров. Ниже приводится таблица, в которой указаны серийно выпускаемые расходомеры, сравниваются их характеристики и используемые в них технологии.

Из всех перечисленных здесь компаний, только Роксар, Шлюмберже и Агар поделили между собой практически весь рынок стационарных измерительных устройств. Компания Шлюмберже к настоящему времени (по состоянию на май 2007 года) изготовила 800 многофазных расходомеров, из которых 209 предназначены для использования на подводных месторождениях. Рыночная доля компании Роксар также весьма внушительная: реализовано более 263 расходомеров для подводных измерений.
Следует отметить также, что все большее признание завоевывает концепция, основанная на частичном разделении фаз, сотни таких расходомеров продаются в Южную Америку и на Ближний Восток. Подобный метод измерений также вполне пригоден для использования на рынке передвижных измерительных устройств для пробной эксплуатации скважин и вместе с сепаратором способен покрывать широкий диапазон расхода, обеспечивая более точное измерение дебита нефти. Наибольшую трудность при использовании методики частичного разделения представляет собой тот факт, что применяемые в настоящее время сепараторы имеют нерегулируемый вход. В то время как стационарные устройства преобладают на рынке, отмечается также и рост рынка передвижных расходомеров для пробной эксплуатации.

Типы измеряемых многофазных потоков
На сегодняшний день основная сфера применения

use of this technology. For example, managed pressure drilling and underbalanced drilling are newer methods that lend themselves to multiphase metering. Managed pressure drilling requires closer monitoring of the drilling mud returns at the surface to regulate the other small margins of pressure within which the well pressure must be maintained. Multiphase metering allows a rapid determination of flowrates when compared with a tank or open drilling pit. In addition the 3-phase capability of these meters allows rapid detection of any “kick” of formation fluid or early prediction of a well control situation. Hydraulic fracture stimulation requires accurate measurement of sand-gel slurries. The convention method of making this measurement is using a nuclear densitometer and turbine meter.

In general , the field of multiphase metering can be divided based on the flowing media:

1. Multiphase (oil-water-gas with trace concentrations of sand)
2. Wet-Gas (gas with trace concentrations of water-condensate and sand)
3. Water-Cut (water-oil emulsions with trace concentrations of gas)
4. Slurry (solid-liquid slurry with trace concentrations of gas)

Potential for Multiphase Metering

While several thousand multiphase meters have now been installed, it is estimated that multiphase meters accounted for less than 0.2% of production metering (Kratirov et. al., 2007). The test separator is still the industry standard for production testing. Economic analysis is needed to select candidates for this technology. In most cases the meter must reduce capital investment costs when compared with a conventional test separator; or for an offshore platform reduce weight and space. However, in many cases the real value is in the data obtained. By more frequent measurements it is often able to better manage a well/field and add reserves and production. This type of justification has always been difficult, but recently has been addressed by Mehdizadeh, Ghaempanah and Scott (2006). This paper provides a framework for justifying the installation of a multiphase meter based on the value of measurement it provides.

In the subsea arena, the multiphase meter has now been accepted as part of the standard subsea “kit.” For the subsea environment, the alternatives to multiphase metering are not very attractive. The include options like separate subsea pipelines (very expensive), subsea processing (just now emerging from the pilot phase of development) and not measuring individual well flow rates.

Regarding the permanent and periodic testing markets the permanent market will be much larger, with the ultimate goal in some fields of having a multiphase

OUTOKUMPU

CNPC дала спецификации. Outokumpu поставила соответствующие им трубы.

Сварные высокопрочные трубы из нержавеющей стали были использованы при строительстве газопровода длиной свыше 4000 км с месторождения Тарим на северо-западе Китая до более густонаселенных восточных районов страны.

Руководившая проектом строительства газопровода Китайская национальная нефтяная корпорация (CNPC) весьма скрупулезно отбирала поставщиков и предъявляла высокие требования к качеству и надежности материалов. После тщательного изучения продукции поставщика и проведенных испытаний изделий, CNPC заключила контракт с Outokumpu Stainless Tubular Products на поставку свыше 2500 тонн двухслойных труб из нержавеющей стали (2205) для конечного участка трубопровода с газового месторождения Кела-2.

Важными факторами для CNPC были качество труб и сроки поставки.

Outokumpu доказала, что сможет удовлетворить обоим требованиям. И наш заказчик остался доволен!

Outokumpu – международная компания по производству трубных изделий из нержавеющей стали. Наша цель – стать безусловным лидером в технологии нержавеющих сталей. Мы стремимся к этой цели, постоянно повышая качество нашей продукции. Заказчики в самых разных отраслях и в различных регионах мира используют нашу продукцию, технологии и услуги. Мы помогаем нашим заказчикам повысить эффективность их работы. Компания Outokumpu изготавливает и продает сварные трубные изделия и соединительную арматуру из нержавеющей стали.

OUTOKUMPU

www.outokumpu.com

Трубные изделия из нержавеющей стали компании Outokumpu
Tel: +46 226 810 00

www.rcb2.se

многофазных расходомеров –эксплуатационные испытания скважин. Однако эта технология начинает находить применение в бурении, при гидроразрыве пласта и для других практических целей.

К примеру, многофазное измерение оказалось подходящим для использования в новейшей технологии бурения с контролем давления и бурения с отрицательным давлением на пласт (ОДП). При бурении с контролем давления требуется более тщательный контроль за выходящим из ствола скважины на поверхность буровым шламом для регулирования других небольших отклонений давления, внутри которых должно поддерживаться давление в скважине. Многофазное измерение позволяет быстро определить расходы жидкости по сравнению с резервуаром или открытым баком для бурового раствора. Кроме того, способность этих приборов производить замеры трех фаз дает возможность быстро обнаружить любой выброс пластового флюида из бурящейся скважины или прогнозировать на раннем этапе возникновение ситуации, требующей регулирования дебита скважины. Интенсификация притока нефти в скважине методом ГРП требует точного замера песчано-глинистых буровых растворов. Общепринятым методом для проведения такого замера является использование ядерного денситометра и турбинного преобразователя.

В целом, исходя из наличия движущихся сред, область применения многофазных измерений можно разделить на следующие категории:

1. Многофазные (нефть-вода-газ с ничтожно малой концентрацией песка)
2. Влажный газ (газ со следовыми концентрациями водного конденсата и песка)
3. Обводненность (водонефтяные эмульсии с микроконцентрацией песка)
4. Глинистый раствор (суспензия твердых частиц в жидкости со следовой концентрацией газа)

Возможности многофазных измерителей

Подсчитано, что хотя в настоящее время в эксплуатации насчитывается несколько тысяч многофазных измерителей, их доля в промышленных измерениях составляет менее 0.2% (Kratirov и другие, 2007). Пробный сепаратор продолжает оставаться рабочим эталоном при эксплуатационных испытаниях скважин. Для подбора подходящих вариантов для этой технологии необходимо провести анализ их экономической эффективности. Во многих случаях использование расходомера должно привести к снижению капитальных затрат по сравнению с типовым пробным сепаратором, а при использовании на буровых морских платформах дать экономию веса и объема. Однако в большинстве случаев

metering on each individual well. The testing market will continue to be important for multiphase metering, as testing of exploration wells in remote locations is an excellent fit for the reduce size offered by the multiphase meter.

Hurdles for Multiphase Metering

The primary hurdles for widespread adoption of multiphase flow meters are: 1) Education/Technology Transfer; 2) Price/Price Perception; and, 3) Large Number of Existing Test Separation Installations. Each of these hurdles is discussed below:

Education/Technology Transfer. While multiphase metering technology is no longer new, it should still be considered an emerging technology. With just 10 years industry experience with this technology, the bulk of the petroleum industry workforce began their careers before the existence of the multiphase meter. It was not taught in school or experienced in their careers. Therefore, multiphase metering is often not “on the table” with other measurement systems. With the large number of new engineering entering the workforce, this is a unique time to educate the next generation of petroleum engineers on the benefits of this technology. At Texas A&M we have taken this approach with our Multiphase Measurement Short Course which has been offered around the world. Highlighting successful multiphase metering applications at events like the Multiphase Measurement Roundtable (MMR) is another way of transferring this technology within oil and gas producing companies.

Price/Price Perception. The industry perception of this technology is that it is very expensive. For facility engineers accustom to purchasing a turbine or orifice meter the costs are much larger. However, the savings possible when utilizing a multiphase meter is often not considered. The savings are substantial when the costs of other equipment, training, installation, maintenance is considered. Over the past several years the cost of multiphase meters has decreased as orders for hundreds of meters allows for cost savings due to economies of scale. Previously, these were essentially custom devises and the manufacturing costs were very high. The current robust sales market and increasing number of suppliers is expected to reduce prices over the next several years which will in turn increase in the number of meters sold.

Large Number of Existing Test Separator Installations. Multiphase meters have most often been sold into new field developments. Replacing an existing test separator installation it a tough sale and penetration into existing and marginal fields has just begun. The drivers for replacing existing equipment are environmental/safety and data driven. In several cases dealing with toxic gas has driven the installation of a multiphase meter and in other cases the ability to eliminate separators and tanks at an installation has reduced the risks for spills and release of gas into

AGAR MPFM
301
MPFM 300
AGAR
CORPORATION

существенное значение имеют полученные данные. Посредством как можно чаще проводимых замеров удается лучше контролировать скважину/месторождение и увеличивать балансовые запасы и добычу нефти. Приводить подобные обоснования всегда считалось трудным делом, но недавно этой проблемой озаботились исследователи (Mehdizadeh, Ghaempanah и Scott, 2006). В данной статье приводятся основные положения, обосновывающие целесообразность внедрения многофазных расходомеров, исходя из значимости производимых ими замеров.

На подводных месторождениях многофазный расходомер уже стал частью стандартного "комплекта" подводного оборудования. Для эксплуатации подводных месторождений, использование других вариантов в качестве альтернативы многофазным расходомерам не представляется особо привлекательным. К ним относятся отдельные подводные трубопроводы (дорогостоящее оборудование), подводная переработка (только что начинает выходить из пилотной фазы развития) и отказ от замеров расходов отдельных скважин.
Что касается рынков постоянных и периодических опробований, постоянный рынок будет значительно больше, конечной целью на некоторых месторождениях будет установка многофазных расходомеров на каждой отдельной скважине. Рынок пробной эксплуатации будет по-прежнему занимать важное место в сфере многофазных измерений, поскольку для опробывания разведочных скважин на удаленных месторождениях как нельзя лучше подходят компактные размеры многофазного расходомера.

Препятствия на пути использования многофазных измерений

Основные трудности на пути широкомасштабного внедрения многофазных расходомеров следующие:

1) Обучение/Переход к новой технологии; 2) Цена/Восприятие цены; и, 3) Большое число существующих установок для сепарации нефти и газа на пробной стадии эксплуатации. Ниже приводится анализ каждой из этих проблем:

Обучение/Переход к новой технологии. Хотя технология многофазных измерений уже не нова, ее еще стоит относить к разряду новых технологий. Опыт использования этой технологии в нефтедобывающей отрасли насчитывает почти 10 лет, а большинство специалистов – нефтяников начинали свою карьеру до появления многофазных измерителей. В школе эту технологию не изучали, и познакомиться с ней на практике они не могли. Поэтому, проблема многофазных измерений часто не является "предметом дискуссий" наравне

the environment. It is expected that future regulations requiring vapor recovery systems on tanks and vessels will motivate producers to eliminate many production facilities and meter the produced fluids at the wellhead before pumping them to a single, centralized production site.

Key Innovations Emerging

A number of innovations are emerging to improve the accuracy and application of multiphase meters. Multi Phase Meters AS has introduced the concept of 3-D microwave tomography (Scheers and Wee, 2007) which is expected to be the approach that will replace the current 1-D measurements. Combination of simple measurements through a virtual meter type of pressure drop prediction approach is also expected to provide a means toward reducing meter costs (Marelli, 2007). To expand areas of application, meters are moving from pressure ratings of 5000 psi to 10000 and 15000 psi. To address the high pressure/high temperature (HPHT) market a number of companies have programs underway to increase the pressure/temperature rating. For the Partial Separator Based approach, the advances in in-line separators should allow these devices to decrease their size and weight into the same range as the In-Line meters. Also, clamp-on sonar/ultrasonic/acoustic meters are (Ting, et. al., 2007) being tested and may provide some new capabilities.

Conclusions

Evolving and improving over the past decade, multiphase metering is now an industry "best practice" in several producing areas. The advantages provided by this technology in terms of lower cost, complexity and footprint are being enhanced by several unique aspects of today's operating environment. Higher oil & gas prices combined with expanding economies have resulted in long wait times for equipment and shortages in equipment and skilled personnel. Multiphase metering, as part of a multiphase production system approach, reduces the amount of equipment needed for a project as well as the associated costs of installation, operation and maintenance. In addition, the continuous data stream provided by a multiphase meter is opening up new possibilities in reservoir monitoring and management. The quality and frequency of the data generated is expected bring this technology into established and marginal fields over the next decade as the devices become essential to the reservoir engineer as well as the production/facility engineer.

Multiphase Measurement Roundtable

The Multiphase Research Group at Texas A&M University has been heavily involved in the area of multiphase metering. The University utilizes a unique field-scale research facility dedicated to the study and improvement of multiphase pumps and meters. In 2000, the Multiphase Measurement Roundtable (MMR)

Стационарные системы обнаружения газов и серия портативных газоанализаторов ***GasAlert***

BW Technologies является мировым лидером в обеспечении безопасности по обнаружению газов. Обеспечивая мониторинг широкого диапазона различных газов, наши портативные анализаторы, как для одного, так и для нескольких газов, являются компактными в размере и лёгкими, что делает их удобными для носки и простыми в использовании.

Wear yellow. Work safe.

BW Technologies by Honeywell

bwt@gasmonitors.com | +44 (0) 1295 700 300 | www.gasmonitors.com

с другими системами измерений. С приходом большого числа новых специалистов в отрасль создается уникальная возможность познакомить следующее поколение инженеров-нефтяников с преимуществами этой технологии. В техасском университете A&M для этой цели был разработан краткосрочный курс “Многофазные измерения”, который читается во всех странах мира. Еще одним способом передачи этой технологии среди нефтегазодобывающих компаний являются мероприятия вроде Встреч за Круглым Столом по вопросам многофазных измерений, на которых освещаются успешные случаи применения этой технологии.

Цена/Восприятие цены. В отрасли сложилось представление, что эта технология очень дорогостоящая. Однако инженерам по технической эксплуатации оборудования, для которых привычным делом является закупка турбины или диафрагменного расходомера, приходится платить за них больше. Часто не учитывается возможная экономия от применения измерителя расхода многофазного потока. Эта экономия весьма существенна, если учесть затраты на другое оборудование, подготовку и обучение персонала, установку и техобслуживание. За последние несколько лет стоимость многофазных расходомеров снизилась, поскольку поступление заказов на сотни этих измерителей дает возможность снижать их себестоимость за счет роста производства. Раньше эти устройства изготавливали в основном по индивидуальным заказам, и производственные издержки были очень высокие. Нынешний устойчивый рынок сбыта этой продукции и все возрастающее число поставщиков предположительно приведет к снижению цен в течение ближайших нескольких лет, что, в свою очередь, увеличит количество реализуемых расходомеров.

Большое число существующих сепараторов для пробной эксплуатации. Многофазные расходомеры чаще всего приобретают для новых осваиваемых месторождений. Продажа нового устройства для замены существующего пробного сепаратора - это трудная задача и проникновение в существующие и экономически граничные месторождения только что началось. Движущими факторами замены существующего оборудования являются соображения защиты окружающей среды, безопасности и получения точных данных. В нескольких случаях, когда пришлось иметь дело с токсичным газом, это послужило стимулом для установки многофазного расходомера, в других случаях возможность избавиться от сепаратора и резервуаров на установке снизила риск возникновения разливов и выброса газа в окружающую среду.

was founded to assist in the rapid dissemination of information regarding multiphase metering. At this event, hard learned lessons are shared and areas of common interest are identified. The MMR has grown to become a significant worldwide event for multiphase metering and the premier event of it’s kind in North America. This event is supported by oil and gas operating companies who have provided speakers and sponsored by virtually all of the companies involved in multiphase metering. The most recent MMR was hosted by major petroleum operators BP, Chevron, ConocoPhillips and Total in Galveston, Texas on April 26-27, 2007.

References:

Adejuyigbe, B., I. Uvwo, J. Liu, O. Ekpecham, S.L. Scott, R. Lansangan and R. Dutton: “Investigation of Three-Phase Flow Measurement Capabilities of a Coriolis Meter,” paper presented at the 4th BHR Group North American Conference on Multiphase Technology, Banff, 161-176.
(June 2004)

Devegowda, D. and S.L. Scott: “Assessment of Subsea Production Systems,” paper presented at the SPE Annual Technical Meeting & Exhibition, Denver (Oct. 5-8, 2003); SPE J. of Petroleum Tech., 56-57 (August 2004).

Hekimian, N., J. Jumonville and S.L. Scott: “Experimental Investigation of the Influence of Trace Amounts of Gas on Coriolis Liquid Metering,” paper presented at the ASME- ETCE 2000 Production Technology Symposium, New Orleans.
(Feb. 14-17, 2000)

Kratirov, K, A. Jamieson, S. Blaney and H. Yeung: ”Neftemer Multiphase Metering of Heavy Oil,” presentation given at the 8th Annual Multiphase Measurement Roundtable (MMR), Galveston.
(April 26-27, 2007)

Marelli, J.: “Gas Carry-Under in Heavy-Oil Partial Separation Metering Systems: Optimization of Performance of a Well Test System Using SONAR and RADAR Tools,” presentation given at the 8th Annual Multiphase Measurement Roundtable (MMR), Galveston.
(April 26-27, 2007)

Mehdizadeh, P., B. Ghaempanah and S.L. Scott: “Impact of Data Quality on Production Allocation and Reserves Forecasting,” paper presented at the SPE ATCE, San Antonio
(Sept. 24-27, 2006).

Scheers, L. and A. Wee: “Challenges at High Accuracy Multiphase and Wet-Gas Measurements,” presentation given at the 8th Annual Multiphase Measurement Roundtable (MMR), Galveston *(April 26-27, 2007)*.

Scott, S.L.: “Multiphase Production Flows into Industry Mainstream,” The American Oil & Gas Reporter, pp 68-73 *(June 2001).*

Scott, S.L.: “Technology Allows Metering Multiphase Flow,” Pumps & Systems Magazine, Randall Publishing *(May 2002).*

Ting, F. D.L. Gysling and G. Dragnea: “Evaluation of Sonar Clamp-on Flowmeters for Wet-Gas Flow

ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ПРОГРЕССА

При разработке морских месторождений одной из главных задач является достижение максимальной эффективности в сложных и ответственных условиях работы. И многое будет зависеть от надежности используемых двигателей и достижения ими необходимых показателей работы.

Как при строительстве скважины, так и при транспортировке добытой продукции газовые и дизельный двигатели Cat® обеспечивают отличные показатели работы и превосходную эффективность при максимальной надежности. Мы придаем технической поддержке не меньшую важность, чем внедрению передовых разработок и совершенствованию нашей продукции. Поэтому мы всегда готовы помочь вам в решении возникающих проблем.

Для получения дополнительной информации о наиболее эффективном применении нашей продукции для решения ваших задач позвоните дилеру Caterpillar в вашем регионе или посетите вэб-сайт

www.cat-oilandgas.com

Газовые двигатели в диапазоне эффективной мощности:
от 56 кВт (75 л.с.) до 6100 кВт (8180 л.с.)

Дизельные двигатели в диапазоне эффективной мощности:
от 89 кВт (119 л.с.) до 16 000 кВт (21 760 л.с.)

Caterpillar Global Petroleum
13105 Northwest Freeway, Suite 1010
Houston, Texas 77040-6321
Phone: 713-329-2207
Fax: 713-895-4280

©2007 Caterpillar. All Rights Reserved. CAT, CATERPILLAR, their respective logos, “Caterpillar Yellow” and the POWER EDGE trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

CATERPILLAR®
TODAY'S WORK. TOMORROW'S WORLD.™

Ожидается, что будущие технические нормы, регламентирующие необходимость установки систем сбора резервуарных паров, побудят производителей ликвидировать многие эксплуатационные объекты и замерять добываемые флюиды на устье скважины, перед тем как перекачивать их на единый централизованно управляемый нефтедобывающий участок

Ключевые инновационные технологии

Появляется целый ряд технических новшеств, способствующих повышению точности и расширению сферы применения многофазных измерителей потока. Нефтесервисная компания Multi Phase Meters AS внедрила концепцию трехмерной СВЧ-томографии (Scheers и Wee, 2007). Эта технология, как ожидают, заменит существующую систему одномерных измерений. Сочетание простых измерений посредством применения методики прогнозирования перепада давления на виртуальном расходомере обеспечит возможность снизить стоимость расходомера (Marelli, 2007).

Расчетное давление в расходомерах сейчас увеличивается с 5000 фунтов/кв. дюйм до 10000 и 15000 фунтов/кв. дюйм, что расширяет область их применения. Чтобы удовлетворить потребность рынка высоких давлений/высоких температур, многие компании разрабатывают программы повышения номинальных значений давления и температуры. В частности, что касается сепараторов с частичным разделением фаз, то успехи в конструировании стационарных сепараторов позволят снизить габариты и вес этих устройств до размеров стационарных измерителей. Также проходят испытания гидроакустических, ультразвуковых и акустических расходомеров (Ting, et. al., 2000) с фиксирующими хомутами и новыми функциональными возможностями.

Заключение

Многофазные измерения, которые развивались и совершенствовались в течение последних десяти лет, стали передовой практикой отрасли в нескольких нефтегазодобывающих районах. Преимущества, которые дает использование этой технологии с точки зрения снижения расходов, уровня сложности и малого размера, еще более возрастают за счет нескольких уникальных аспектов современных условий эксплуатации. Повышение цен на нефть и газ в сочетании с растущей экономикой привели к удлинению сроков ожидания поставок оборудования и дефициту оборудования и квалифицированного персонала. Многофазное измерение, как часть методики многофазной технологии извлечения, уменьшает количество оборудования необходимого для проекта, а также связанные с этим расходы на

Measurement," presentation given at the 8th Annual Multiphase Measurement Roundtable (MMR), Galveston *(April 26-27, 2007).*
Uvwo, I. and S.L. Scott: "Variable Inlet Configuration Improves Flexibility of Compact Cylindrical Cyclone Separators," paper presented at the NEL Advances in Multiphase Separation & Multiphase Pumping Technologies Conference, Aberdeen *(Sept. 1-2, 2005).*

наладку, эксплуатацию и техобслуживание. Кроме того, постоянный поток информации, поступающий от многофазного измерителя, открывает новые возможности для мониторинга пластового резервуара и управления пластом. Благодаря качеству и частотности получаемых данных, можно ожидать внедрения этой технологии на действующих и малорентабельных месторождениях в ближайшем десятилетии, по мере того как эти устройства станут необходимы как для промыслового инженера, так и для инженера-эксплуатационника.

Дискуссии за круглым столом

Группа исследователей Multiphase Research Group в университете A&M занимается глубоким изучением процессов происходящих в многофазных средах. В университете работает экспериментальная установка, моделирующая условия эксплуатации месторождения, на которой проводятся исследования по совершенствованию многофазных насосов и расходомеров. В 2000 году был образован Круглый стол, посвященный проблемам многофазных измерений, целью которого является содействие оперативному распространению информации о многофазных измерениях. На нем участники обмениваются опытом из которого они извлекли уроки и определяют сферу общих интересов . Круглый стол стал значительным международным событием в области многофазных измерений и важным мероприятием подобного рода в Северной Америке. Ему оказывают поддержку нефтегазовые компании-разработчики, предоставляющие докладчиков, и его деятельность финансируется практически всеми компаниями, связанными с технологией многофазных измерений. Самое недавнее заседание Круглого стола, организованное крупнейшими нефтяными компаниями BP, Chevron, ConocoPhillips и Total, проходило в Гальвестоне, штат Техас, 26-27 апреля 2007 года.