

## МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Р. Е. Гутман

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. М. Ткачев

Физико-химические свойства скважинных флюидов необходимы для подсчета запасов углеводородов, а также для расчетов при проектировании, разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Определение этих свойств нефти и газа является неотъемлемой частью процесса добычи и транспорта продукции скважин [1].

Физические свойства нефти и газа могут определяться следующим образом:

– в специализированных лабораториях путем проведения *PVT*-анализа (давление–объем–температура) проб скважинных флюидов на установках, воспроизводящих термобарические скважинные условия. Этот метод является дорогостоящим, требует затрат определенного количества времени, а также его применение ограничено в труднодоступных районах и суровых климатических условиях;

– с помощью корреляционных зависимостей между физическими свойствами пластовой и товарной нефти. Однако корреляционные зависимости выводятся на основе статистических данных свойств скважинных флюидов определенного месторождения или залежи, и могут быть вообще неприменимы для других нефтегазодобывающих районов;

– путем проведения измерений непосредственно в скважине. Такой подход позволяет оперативно оценить свойства скважинного флюида и принять требуемые производственные решения, но по сравнению с *PVT*-исследованиями набор получаемых данных весьма ограничен.

В данной работе основное внимание уделяется экспериментальным методам определения физических свойств углеводородов. На современном этапе физические свойства флюидов, как правило, в подавляющем большинстве случаев определяются экспериментальными методами, т. е. на основании *PVT*-анализа непосредственно глубинных проб пластовой нефти или рекомбинированных проб.

Экспериментальный способ определения физических свойств позволяет достаточно точно определить все необходимые параметры флюидов при условии отбора чистой и представительной пробы. Сущность определения свойств флюида в лабораторных условиях заключается в том, что термобарические условия такого рода испытаний должны быть максимально точно приближенными к пластовым. Экспериментальные системы *PVT* существуют в течение многих лет. Вариации их многочисленны, но общий принцип основан на управлении параметрами *PVT* и измерении вызываемого физического поведения флюида. *PVT*-установки разрабатывались и широко использовались в СССР, однако на данный момент основными производителями являются Vinci Technologies (Франция) – FLUID EVAL; Chandler Engineering (США) – PVT 3000; Schlumberger DBR (Канада) [2] и некоторые др.

Пробы извлекаются из скважин с помощью специальных устройств – пробоотборников, которые могут быть представлены как отдельными устройствами, так и входить в комплект систем других глубинных скважинных исследовательских приборов (например, пластоиспытателей). Эти пробы, как правило, в подавляющем большинстве случаев направляют на анализ во внепромысловые лаборатории. В лабораторных условиях все необходимые свойства флюидов могут быть определены с

помощью *PVT*-установок (давление–объем–температура), в которых воссоздаются пластовые или иные условия, при которых и проходят исследования. Однако определение характеристик флюидов на поверхности по отобранным глубинным пробам может быть проблематичным. Специалистам необходимо не только очень качественно и грамотно проводить *PVT*-анализ, но и отбор проб с целью получения однофазной чистой представительной пробы пластового флюида. Рекомбинирование проб выделенных флюидов на поверхности требует большой тщательности. Часто специалистам нелегко избежать загрязнения проб либо потери давления при их отборе и перевозке, особенно на удаленных объектах. При подъеме пробы на поверхность, а также ее транспортировке к месту проведения анализа в камере пробоотборника или транспортировочной камере могут происходить различные физико-химические процессы (например, выделение газовой фазы из-за падения давления в камере, выделение парафинов и др.), связанные с изменением температуры и давления окружающей среды. Во избежание негативных последствий этих процессов, некоторые из которых могут быть необратимыми и повлиять на результаты анализа, необходимо использовать очень сложное и дорогостоящее оборудование. Сама же транспортировка проб отобранного флюида из труднодоступных районов требует немалых затрат из-за удаленности мест проведения лабораторных исследований. Воссоздание пластовых условий в лаборатории также может быть нелегким процессом.

В промышленных условиях очень часто требуется провести экспресс-анализ пластовых флюидов для принятия оперативных решений. Ведущими производителями *PVT*-установок разработаны их мобильные варианты, которые отчасти решают некоторые проблемы, связанные с транспортировкой, и увеличивают оперативность получения необходимых данных.

Оперативность принятия решений существенно повысится при определении физических свойств нефти непосредственно в скважине в процессе отбора пробы пластового флюида. Такой подход позволяет повысить экономичность измерений за счет снижения времени получения результатов, а также позволит контролировать в динамике представительность отбираемой пробы.

Авторами данной работы был предложен способ отбора глубинного флюида с использованием пробоотборника, конструктивной особенностью которого является наличие дополнительной секции с прибором для определения плотности и вязкости флюида, установленной между пробоотборной камерой и входным клапаном [3]. На рис. 1 показан принципиальный вид предлагаемого измерительного блока пробоотборника.

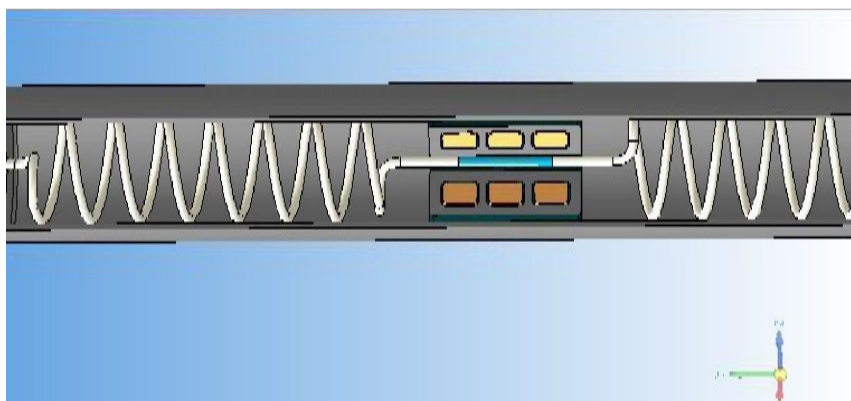


Рис. 1. Принципиальный вид измерительного блока пробоотборника

Принцип измерения вязкости основан на определении времени заполнения отбираемой жидкостью определенного объема пробоотборной камеры, а также градиента давления на входе и выходе из капилляра. Расчет вязкости производится с помощью формулы Пуазейля. Длины и диаметры внутренней полости капилляра должны быть подобраны в соответствии с диапазонами измеряемых вязкостей. Измерение плотности основано на зависимости резонансной частоты колебаний капилляра от плотности флюида, заполняющего его. Похожий принцип используется в лабораторных денсиметрах с U-образной трубкой. Для проведения соответствующих измерений с помощью глубинного прибора он должен быть откалиброван заранее на так называемых эталонных жидкостях, свойства которых известны.

Для обоснования работоспособности данного метода нами были проведены некоторые численные исследования характера истечения жидкости из измерительного капилляра. Для заданных длины и размеров поперечного сечения капилляра, соответствующих диапазону измерения маловязких нефтей (от 0,1 до 1 сП), путем численного моделирования проведена оценка точности измерений вязкости. Эта задача решалась с помощью интегрированного модуля CFX программного пакета ANSYS. Суть задачи заключалась в следующем: используя в качестве эталонной жидкости ацетон, провести оценку динамической вязкости исследуемой нефти одного из Белорусских месторождений. Было выполнено 3 измерения при различных расходах каждой из жидкостей с целью получения более точного результата (таблица).

#### Результаты модельных исследований по определению вязкости жидкости

Истинное значение вязкости, сП	Расход, см <sup>3</sup> /ч	Вычисленное значение вязкости, сП	Относительная погрешность, %	Среднее значение вычисленной вязкости с учетом корректировочного коэффициента, сП
0,464	100	0,457	-1,42	0,452
	200	0,493	6,06	
	300	0,476	2,61	

Из результатов видно, что абсолютная погрешность определения вязкости данной жидкости не превышает 2,6 %, что является достаточно хорошим результатом. В настоящий момент метод совершенствуется с целью повышения эффективности возможного использования данного прибора в скважинных условиях, а также расширения диапазона измеряемых величин и параметров флюидов.

В заключение можно отметить, что определение достоверных свойств скважинных флюидов в настоящий момент является актуальной задачей, и в будущем их роль будет только увеличиваться. Использование подобного устройства позволит вести контроль за отбором флюида, определять тип отбираемой среды, отбирать представительные пробы, оперативно получать экспресс-данные о свойствах флюидов непосредственно в скважине.

#### Литература

1. О применении корреляционных зависимостей для определения физических свойств нефтей белорусских месторождений / И. Г. Мельников [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2016. – № 1. – С. 24–30.
2. Разработка методики оценки фазового состояния газовых и газоконденсатных залежей с применением программно-управляемых пробоотборников и мобильных PVT-установок :

- отчет о НИР (заключ.) / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; рук. темы В. М. Ткачев. – Гомель, 2014. – 96 с. – Х-Д 638-14 РФ.
3. Глубинный пробоотборник : пат. 11014 U Респ. Беларусь, МПК E21 B 49/08 / В. М. Ткачев, В. И. Петрушенко, Р. Е. Гутман, Р. В. Асвинов ; заявители Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого (BY), ООО НПО Союзнефтегазсервис (RU). – № u 20150364 ; заявл. 29.10.2015 ; опубл. 30.04.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 2. – С. 152.