

УДК 621.384.2

А.В. Коптева, Р.М. Проскуряков

**СТРУКТУРА И ДОСТОИНСТВА БЕСКОНТАКТНОГО
ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОТОКА
НЕФТИ, ОСНОВАННОГО НА РАДИОИЗОТОПНОМ
ИЗЛУЧЕНИИ**

Описан новый способ статистических пульсационных измерений многокомпонентных потоков, являющийся альтернативой существующим методам и позволяющий повысить точность измерений. Описано влияние вредных включений в транспортируемой нефти на уровень производства на нефтяных предприятиях.

Ключевые слова: радиоизотопный преобразователь, микроконцентрация, комптоновское рассеяние, фотоэлектрическое поглощение, гамма-кванты, градуировка.

На сегодняшний день процесс создания точных приборов и методов измерений микроконцентраций различных включений в транспортируемый поток нефти недостаточно изучен, что мешает достоверному мониторингу последнего. Потребность в измерении содержания микроконцентраций различных включений, например, свободного газа в потоках товарной нефти в измерительных линиях коммерческих узлов учета на нефтеперекачивающих станциях магистральных нефтепроводов сегодня — наиглавнейшая проблема. Это вызвано многими факторами, например, так называемым дисбалансом количества нефти, который заключается в существенном различии показателей с расходомеров нефтедобывающего предприятия и заказчика. Учеными доказано, что вся транспортируемая нефть содержит большое количество различных примесей, таких как свободный газ, воду, твердые включения, парафины и т.д. Причем содержание газа составляет порядка двух, а порой и более процентов от всего объема транспортируемого потока. Так в 80-х годах прошлого сто-

летия эти различия между результатами показаний измерительной аппаратуры двух крупных держав «вылились» в 2 млн т. При добыче в России около 500 млн т. в год. (по данным федеральной службы госстатистики на 2011 год) это недопустимо, возникают серьезные разногласия между странами (экспорт-импорт), а также между владельцами отдельных месторождений и покупателями внутри страны. Противоречия эти (дипломатические) или «разборки» внутреннего рынка дестабилизируют обстановку внутри страны, обостряют отношения, создают противоречия на международной арене.

Самым дешевым и экологически безопасным способом транспортировки нефти на сегодня является транспортировка с помощью трубопроводов. Но на подводных нефтяных магистралях скопление пузырьков свободного газа вызывает большие пульсации потока и вибрации труб, что является генезисом усталостного разрушения материала трубопроводов, изменения формы, появления трещин и ломкости. Важно также и то, что невозможно обеспечить надежную и эффектив-

ную работу магистральных нефтепроводов на стадии проектирования, поскольку распределение пузырей свободного газа и их количество в трубе носит хаотический характер и его невозможно описать математическими законами. Аварии на трубопроводах наносят стране огромный ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды, человеческими жертвами, нарушением снабжения нефтью потребителей и большими затратами на аварийные ремонты.

Также известно, что для повышения уровня производства на горных предприятиях и получения экономического эффекта необходимо применять высоконадежные и высокоточные приборы. Это весьма важно, т.к. соотношение цена-качество-количество – есть показатель технологии, а эту технологию в соответствии с поставленной задачей можно изменять применением соответствующих добычных комплексов.

Очень часто требования государственного стандарта ГОСТ Р 8.615-2005, который устанавливает общие метрологические и технические требования к измерениям количества сырой нефти и нефтяного газа, извлекаемых из недр на территории РФ, а также нормы погрешности измерений с учетом параметров сырой нефти и нефтяного газа не выполняются, ввиду сложного решения задачи определения концентраций различных включений в газожидкостной поток транспортируемого сырья. Значительное время ученые пытаются создать более точную модель для измерения гетерогенных потоков, этим вопросом занимаются такие солидные институты как ЦНИИРТК, ЦНИИКТ, СПбГИ и др. В лабораториях ООО «Комплекс-Ресурс» созданы ряд приборов, которые позволяют без внедрения в поток с помощью жесткого

электромагнитного излучения измерить микроконцентрации различных включений в нефтяном потоке. Ни для кого не секрет, что в природе нет ничего идеального, так и существующий метод, имеющий множество преимуществ по сравнению с аналогами, как сравнительно молодой способ имеет и некоторые недостатки. Это и заставило нас проводить дальнейшее изучение вопроса с целью его совершенствования. Работа над совершенствованием измерительной аппаратуры, основанной на радиоизотопном излучении, представляет большой научный и практический интерес.

Существует два пути повышения точности измерений: повысить точность прибора, уменьшая его ошибку или же увеличить частоту измерений. Второй путь и выбран нами как наиболее продуктивный. Но прежде необходимо отметить, что статистический пульсационный метод измерения — есть подарок нашей промышленности, т.к. любые вещества и материалы, которые производятся в промышленности, могут быть измерены данным способом, а именно: расход, качество и количество в очень широком спектре.

Разрабатываемый прибор, основанный на комптоновском рассеянии и фотоэлектрическом поглощении гамма-квантов, состоит из двух составляющих: первичный преобразователь, взаимодействующий с окружающей средой, который выдает информативный параметр и вторичный прибор, в котором происходит переработка, градуировка полученного значения. При движении потока, например нефти по трубе, отдельные компоненты регистрируются первичным преобразователем, предварительно отградуированном на газосодержание, за счет «просвечивания» потока жестким электромагнитным

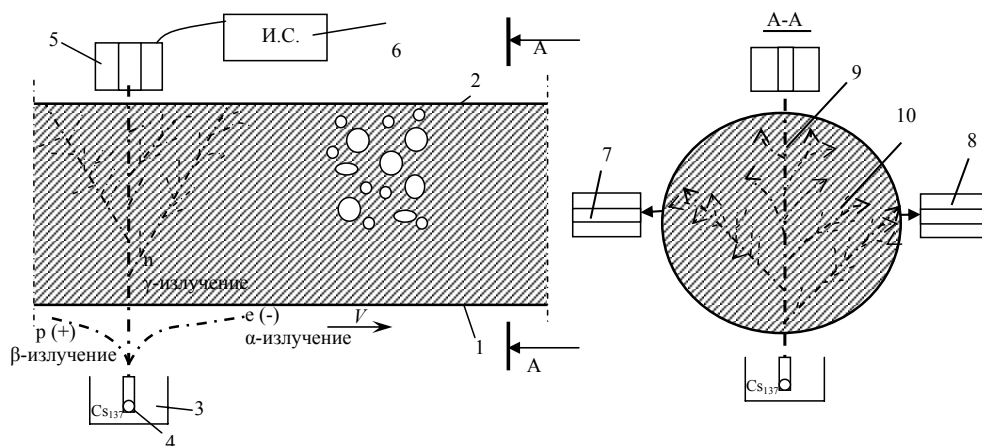


Рис. 1. Структура бесконтактного измерения параметров отдельных компонентов жидких многофазных многокомпонентных потоков

излучением (в данном случае это гамма-излучение изотопа химического элемента Cs_{137}). Схематическое изображение установки приведено на рисунке 1, где 1 — участок трубы с многокомпонентным потоком, движущимся со скоростью V ; 2 — пузырьки свободного газа; 3 — первичный преобразователь; 4 — источник излучения (химический элемент Cs_{137}); 5 — блок детектирования прямого излучения N_1 ; 6 — интеллектуальная система (однокристалльная ЭВМ); 7, 8 — блоки детектирования рассеянного излучения N_2 и N_3 соответственно, 9, 10 — прямое и рассеянное гамма-излучение соответственно.

Прибор в статическом режиме градуируется по основному потоку (нефть, уголь, газ и т.п.) и строится градуировочная характеристика. Далее, по теореме Котельникова находится Δt_i — интервал времени между измерениями, необходимый для точного воспроизведения характеристики (случайного сигнала) измеряемого параметра и по методу скользящего среднего, при каждом измерении контроллер вторичного прибора вычисляет значение функции, представ-

ленной на рис. 2, от измеряемого параметра по формуле:

$$y(t) = \frac{1}{2l} \int_{t-l}^{t+l} x(t) dt, \quad (1)$$

где $y(t)$ — значение измеряемого параметра; l — интервал времени между измерениями, с; t — время, с.

После чего, значение измеренного параметра $y(t_i)$ из памяти прибора (базовая градуировочная характеристика) и вычисленное по формуле (1), уточняется путем усреднения и заносится в память прибора как новая (уточненная) точка градуировочной характеристики. И так в течение всего периода работы прибора — новая характеристика усредняется с предварительно многократно усредненной (и теперь уже являющейся базовой) градуировочной характеристикой (т.н. метод «Монте-Карло»).

Таким образом, в статистических измерениях с помощью радиоизотопного γ -метода осуществляется необходимая многократность измерений искомой величины (0,2 с или 0,02 с), уточнение градуировочной характеристики по любому информативному параметру потока, который можно

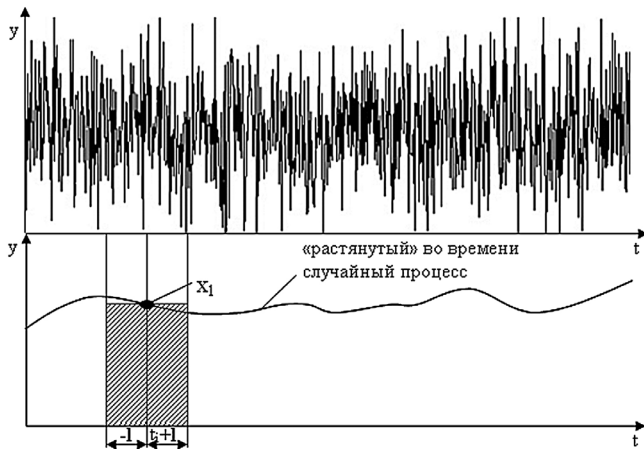


Рис. 2. Определение мгновенного значения амплитуды случайного сигнала для корректировки градуировочной характеристики

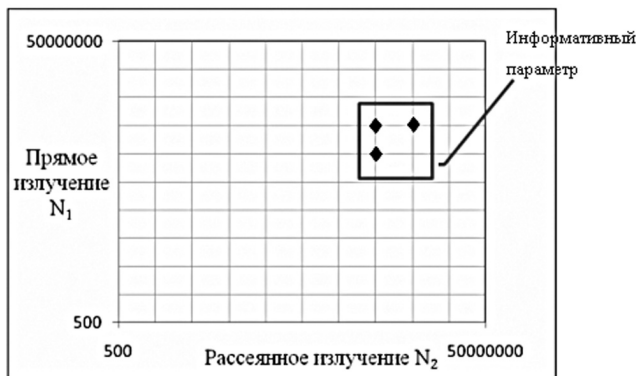


Рис. 3. Открытая информативная матрица

выделить, регистрируя изменение плотности потока, коррелирующей с измеряемой величиной. Если эта величина – незначительные включения какого-то компонента в общем потоке, контроллер прибора по статическим характеристикам переключит градуировочную характеристику на соответствующий компонент потока.

В итоге, существующий и активно применяемый развивающийся «статистический пульсационный» метод измерения усовершенствован за счет того, что случайные составляющие сигнала первичного преобразователя,

вызванные малыми включениями примесей, которые раньше считались помехой, в нашем случае являются метрологическим инструментом для повышения точности прибора. Прибор измеряет с дискретностью 0,2с и при каждом измерении градуировочная характеристика корректируется — и так во все время измерения. Для этих целей во всем динамическом диапазоне измерений нами применен математический аппарат обработки результатов измерений — метод «скользящего среднего» и метод «Монте-Карло», только применительно не к числам, а к функциям.

Огромная применимость способа обусловлена тем фактом, что все вещества и материалы в природе отличаются своей плотностью (кристаллической решеткой), а прибор имеет градуацию на тонкое «различение» этих плотностей. Это будет видно из информационной матрицы, которая включает в себя $25 \cdot 10^{14}$ состояний вещества, представленной на рисунке 3. Минимальным порогом чувствительности прибора достигается 500, а максимальный динамический диапазон до $50 \cdot 10^6$ импульсов в секунду. Из информационной матрицы мы можем выбрать 3-4 информационных точек, поле которых образует информативный параметр. Таким образом, мы можем тонко селективно разделить вещества по плотности, которую впоследствии можно преобразовать в расход, качество, структуру, количество ввешающих веществ и т.д. Причем детектируется

датчиками не только прямое, но и рассеянное гамма-излучение, что дает возможность получить обширный объем информационной интеллектуальной матрицы.

Сочетание прямого и рассеянного излучения дает нам информативный параметр, несущий информацию об изучаемом веществе, который впоследствии обрабатывается и передается заказчику. Это информационное поле доказывает колоссальные возможности метода, что на первом этапе было реализовано на нефти.

К достоинствам предлагаемой методики можно отнести следующее:

- Надежность, простота в обслуживании, дешевизна, легкая частично — или полностью взаимозаменяемость.

- Возможность бесконтактным методом контролировать потоки жидких, газообразных и сыпучих сред, измерения их количества, расхода и состава.

- Высокая частота измерений (интервал времени между измерениями 0,2 с).

- Случайная величина в такого рода приборе играет роль метрологического инструмента.

- Процесс измерений с частотой стробов 0,2 с продолжается в течение всего времени работы И.С.

- Увеличение информационного КПД прибора.

- Существуют практически неограниченные возможности расширения сферы их применения. **ИИЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Коптева А.В. — аспирантка, email: alexandrakopteva@gmail.com,

Проскуряков Р.М. — доктор технических наук, профессор, email: PRM-APP@bk.ru.



ПРЕСС-СЛУЖБЫ ГОРНЫХ КОМПАНИЙ СООБЩАЮТ

Байкальская горная компания подписала соглашение о сотрудничестве с Торгово-промышленным банком Китая (ICBC)

Байкальская горная компания и Торгово-промышленный банк Китая (Industrial and Commercial Bank of China Limited – ICBC) заключили соглашение о сотрудничестве 11 октября 2011 года в Пекине. Документ подписан на 6-ом Российско-китайском экономическом форуме деловых кругов, который проходил во время рабочего визита председателя Правительства РФ Владимира Путина в Китай по приглашению премьера Госсовета КНР Вэнь Цзябао.

Соглашение стало подтверждением заинтересованности сторон в совместном развитии проекта освоения Удоканского месторождения меди. Торгово-промышленный банк Китая с возможным участием экспортного страхового агентства Sinasure планирует предоставить Байкальской горной компании кредит на условиях проектного финансирования. Согласно документу, банк также будет проводить работу с государственными органами КНР для получения поддержки в организации финансирования проекта. Байкальская горная компания рассмотрит возможность участия в проекте китайских промышленных компаний-поставщиков оборудования, рекомендованных Торгово-промышленным банком Китая.

Окончательные параметры финансирования будут уточнены в процессе совместной работы Байкальской горной компании и ICBC параллельно с подготовкой международного банковского ТЭО проекта, работа над которым скоро начнется.