

# Неразрушающий контроль плотности нефти на основе радиоизотопного излучения

**А.В. Коптева**

к.т.н., ассистент<sup>1</sup>

[alexandrakopteva@gmail.com](mailto:alexandrakopteva@gmail.com)

<sup>1</sup>Кафедра электротехники, электроэнергетики, электромеханики, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

**В статье описана проблема несовершенства существующих методик при качественном и количественном контроле нефти. Для осуществления этих целей предложен метод, основанный на радиоизотопном излучении, обладающий высокой эффективностью, достоверностью, долговечностью, простотой обслуживания и легкой взаимозаменяемостью основных узлов системы.**

## Материалы и методы

На основе комптоновского рассеяния и фотоэлектронного поглощения радиоизотопного излучения средой разработана методика измерения качественных и количественных характеристик транспортируемой нефти.

## Ключевые слова

радиоизотопное излучение, расход, нефть, трубопровод, свободный газ, плотность

На сегодняшний день в России наблюдаются тенденции к увеличению объемов нефтедобычи. Это связано с изобретением и совершенствованием методик по добыче высоковязкой нефти, природных и твердых битумов, сланцевой нефти, разработке остаточных запасов истощенных и обводненных месторождений [1].

Высокие технологии по добыче и контролю получаемого сырья являются одним из главных критериев поддержания высоких темпов прироста нефтедобычи. Этот факт доказывает пристальное внимание государства к данному вопросу и принятие большого числа нормативных документов. Действующая нормативно-правовая база в области обеспечения измерений на объектах нефтегазового комплекса насчитывает более 120 документов. Так, к примеру, ГОСТ Р 8.615-2005 предписывает измерение состава, свойств и количества добываемой нефти, периодичность исследований, допускаемые погрешности и другие требования [2, 3]. Однако требования государственного стандарта зачастую не выполняются из-за ряда причин, основные из которых представлены на рис. 1. В частности, проблема возникает ввиду сложного решения задачи определения концентраций различных включений в поток транспортируемого сырья. Это грубейшее нарушение технологии вызывает лавинообразный процесс ухудшения методов, технологий и приборов при добыче углеводородного сырья.

Вся добываемая нефть содержит в своем составе свободный газ, наличие которого накладывает дополнительную погрешность при использовании современных измерительных средств: расходомеров, ультразвуковых датчиков, комплексных систем измерения в целом. Точное определение газовой

составляющей в нефтяном потоке позволит избежать противоречий при приеме-сдаточных операциях, обеспечит эффективное управление технологическими процессами и высокий уровень производства, а также рациональное использование пластовой энергии с оптимизацией дебита скважин по нефти и газу [3, 4, 5].

Важно отметить, что на узлах учета состав нефти контролируется преимущественно лабораторными исследованиями, периодичность которых по газу доходит до одного раза в месяц. Однако, состав нефти, поступающей из добычной скважины непостоянен во времени, что является причиной частого несоответствия выполненных ранее измерений реальному фазовому составу нефтяного потока.

В настоящее время контролировать состав и количество, не нарушив целостность и структуру потока, возможно только с помощью волновых методов. Наиболее оптимальным является выбор именно радиоизотопных систем. Радиоизотопный метод основан на комптоновском рассеянии и фотоэлектрическом поглощении гамма-квантов, при этом по результатам проведенных исследований важно отметить, что детектировать необходимо как прямое, так и рассеянное излучение. Это обеспечит возможность контроля состава по всему сечению трубы [5, 6].

Измерительная система состоит из основных составляющих: первичного преобразователя, взаимодействующего с контролируемым потоком и выдающим информативный параметр и вторичный прибор, в котором происходит переработка и градуировка полученного значения. При движении нефти по трубе обеспечивается непрерывное измерение отдельных компонентов, которые

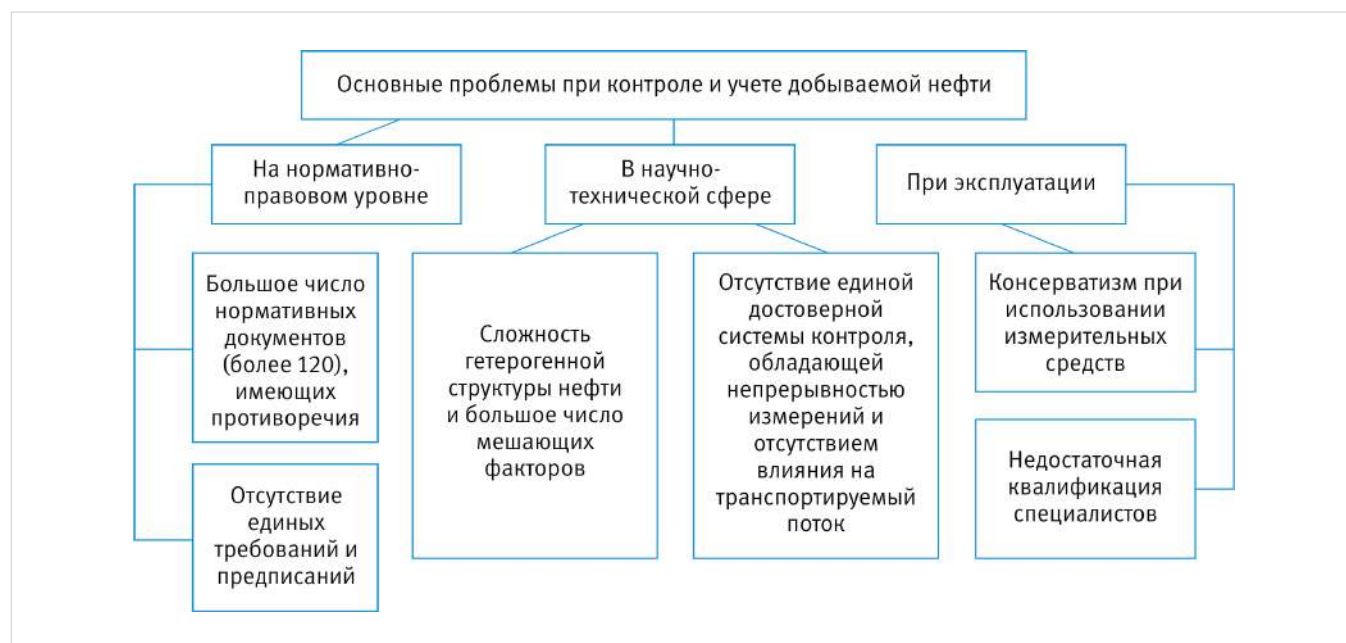


Рис. 1 — Основные факторы, влияющие на качественный и количественный анализ нефти

регистрируются первичным преобразователем, предварительно отградуированном на необходимые кривые (например, соответствующую газовому фактору). На основании данных с нескольких измерительных линий возможен мониторинг на одном объекте контроля.

Проведенные натурные испытания измерительной системы на базе ООО «Лукойл-Коми» позволили оценить достоверность предлагаемой методики. Для оценки погрешности измерений контролировался поток с заранее известным составом. Проведенные исследования показали, что полученные результаты обладают полной взаимной корреляцией с реальными показателями, удовлетворяя требования государственного стандарта и доказывают большое преимущество метода.

#### Итоги

Представлены основные факторы, влияющие на качественный и количественный анализ нефти, доказана необходимость непрерывного измерения газового фактора, приведена методика измерения на основе радиоизотопного излучения, описаны основные результаты лабораторных исследований.

#### Выводы

1. Радиоизотопный метод измерения обладает высокой эффективностью, и способен регистрировать различные включения в нефтяных потоках, включая газовую составляющую, оказывающую большое влияние на точность измерения расхода нефти.
2. Создание измерительной системы на основе радиоизотопного излучения для определения реального компонентного состава нефти и ее объема позволит разработать единый, централизованный и открытый отдел по контролю качества нефти и условий транспортирования. Это позволит повысить уровень производства, существенно понизить энергозатраты, обеспечить энергоэффективную транспортировку углеводородов, а также избежать многочисленных аварийных ситуаций.

#### Список используемой литературы

1. Барак А.М. Зависимость цен на нефть от внедрения новых технологий //

Нефть и газ. 2015. №2. С. 29–32.

2. Лишук А.Н. Учет углеводородного сырья: новый взгляд на привычные вещи // Нефтяное хозяйство. 2013. №3. С.1–3.
3. Ярышев Г.М., Ярышев Ю.Г., Горчаков В.Г. Мониторинг отборов газа // Экспозиция Нефть Газ. 2009. № 1. С. 20–21.
4. Брилл Дж.П., Мукерджи Х. Многофазный поток в скважинах. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. 384 с.
5. Коптева А.В., Проскуряков Р.М. Структура и достоинства бесконтактного измерителя плотности движущегося потока нефти, основанного на радиоизотопном излучении // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 4. С. 276–280.
6. Bieberle, A., Härtling H., Rabha S., Schubert M., Hampel U. Gamma-ray computed tomography for imaging of multiphase flows // Chemie Ingenieur Technik. 2013. Issue 7. pp. 1002–1011.

ENGLISH

DIAGNOSTICS

## Nondestructive measurement of the oil density by using radioisotope radiation

UDC 66-936.42

#### Author:

**Alexandra V. Kopteva** — Candidate Of Technical Science, Assistant<sup>1</sup>; [alexandrakopteva@gmail.com](mailto:alexandrakopteva@gmail.com)

<sup>1</sup>Department of Electric Engineering, Electrical Energetics and Electromechanics, National Mineral Resources University (University of Mines), St. Petersburg, Russian Federation

#### Abstract

The article describes the limitations of the existing methods for qualitative and quantitative control of oil. This can be done by radioisotope measurements. The radioisotope radiation method has huge penetration strength, high sensitivity to measuring flow density, the unit parts are compatible and easily interchangeable, and its methodology is simple.

#### Materials and methods

Based on Compton scattering and absorption of the radioisotope photoelectron emission medium developed a technique for measuring the quality and quantity of transported oil.

#### Results

It were revealed main factors affecting the results of measuring the quality and quantity of oil. The need for continuous measurement of free gas is confirmed. Measurement technique based on radioisotope radiation and main results of laboratory tests are described.

#### Conclusions

1. Radioisotope method is very effective and provides a measuring of free gas in oil flow, which has a great influence on the accuracy of measurements.
2. Radioisotope measuring system provides a measurement of the actual component composition of oil and its quantity. This

allows developing a unified, centralized and open department to control quality of oil and transport conditions. With Radioisotope measurement system it is possible to obtain the information regarding the character and the composition of the flow transported, and, in turn, based on the results obtained, oil extraction and transportation processes may be further improved, to reduce energy, to provide low-energy transportation of hydrocarbons, to avoid the numerous accidents.

#### Keywords

radioisotope, consumption, oil, pipeline, free gas, density

#### References

1. Barak A.M. *Zavisimost' tsen na neft' ot vnedreniya novykh tekhnologiy* [The dependence of oil prices on the introduction of new technologies]. *Neft' i gaz*, 2015, issue 2, pp. 29–32.
2. Lishchuk A.N. *Uchet uglevodorodnogo syr'ya: novyy vzglyad na privychnye veshchi* [Consideration of hydrocarbons: a new look at familiar things]. *Oil industry*, 2013, issue 3, pp.1–3.
3. Yaryshev G.M., Yaryshev Yu.G., Gorchakov V.G. *Monitoring otborov gaza* [Gas selections monitoring]. *Exposition Oil Gas*, 2009, issue 1, pp. 20–21.
4. Brill Dzh.P., Mukerdzhi Kh. *Mnogofaznyy potok v skvazhinakh* [Multiphase flow in wells]. *Izhevsk: Institute of Computer Science*, 2006, 384 p.
5. Kopteva A.V., Proskuryakov R.M. *Struktura i dostoinstva beskontaktnogo izmeritelya plotnosti dvizhushchegosya potoka nefti*, *osnovannogo na radioizotopnom izluchenii* [The structure and advantages of non-contact density meter moving stream of oil, based on the radioisotope radiation], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2012, issue 4, pp. 276–280.
6. Bieberle, A., Härtling H., Rabha S., Schubert M., Hampel U. *Gamma-ray computed tomography for imaging of multiphase flows*, *Chemie Ingenieur Technik*, 2013, issue 7, pp. 1002–1011.