

Измерительная установка "СПЕКТР"

Авторы: Курамшин Ю.Р., Габдрахманов М.Г., Рыжиков А.И. (НГДУ "Ямашнефть" ОАО "Татнефть")
Чудин В.И., Ушков П.В., Жилиев О.В. (НПО "НГЭС")

Для обеспечения измерения параметров добываемой продукции нефтяной скважины в соответствии с требованиями ГОСТ 8.615-2005 была создана измерительная установка "СПЕКТР" (см. рис. 1 и 2). Измерительная установка создавалась для условий измерения параметров продукции скважин как с невысоким газовым фактором, низким давлением насыщения и высокой вязкостью от 1 до 20000 сСт, так и для измерения параметров продукции с газовым фактором, создающим объёмное содержание газа в газожидкостной смеси до 90 % и высоким давлением насыщения. В связи с этим при проработке принципа измерения была выбрана бессепарационная схема измерения.

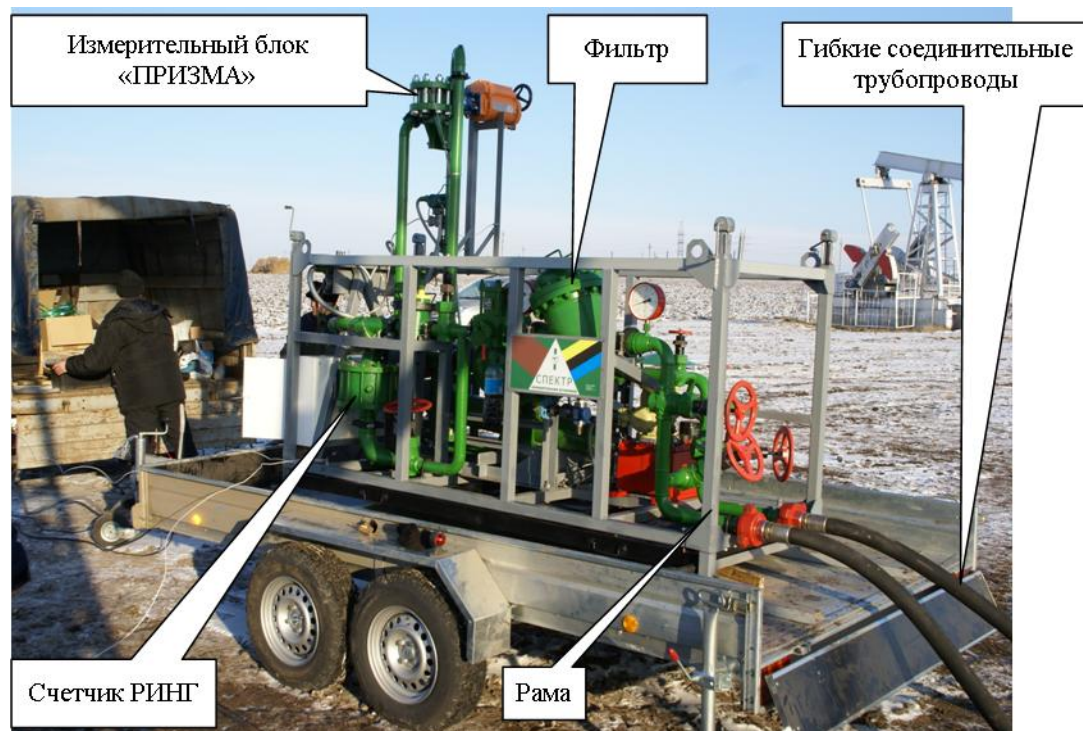


Рисунок 1 – Общий вид мобильной измерительной установки "СПЕКТР" (слева)

В основу принципа измерения заложен разностный метод измерения расхода и компонентного состава газожидкостной смеси.

Масса жидкости, прошедшая через измерительную установку измеряется счетчиком СКЖ. Расход газа в составе газожидкостной смеси определяется из разности объёмных расходов газожидкостной смеси и жидкости:

$$Q_z = Q_{v_{см}} - Q_{v_{ж}} = Q_{v_{см}} - \frac{Q_{m_{ж}}}{\rho_{ж}}, \quad (1)$$

где Q_z – объёмный расход газа в составе газожидкостной смеси при рабочих условиях; $Q_{v_{см}}$ – объёмный расход газожидкостной смеси при рабочих условиях; $Q_{m_{ж}}$ – массовый расход жидкости в составе газожидкостной смеси; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости в составе газожидкостной смеси.



Рисунок 2 – Общий вид мобильной измерительной установки "СПЕКТР" (справа)

Как видно из уравнения (1) мы имеем один неизвестный параметр $\rho_{ж}$. Для определения этого неизвестного параметра в гидравлической линии измерительного комплекса производится переключение направления движения потока переключателем потока в измерительном блоке "ПРИЗМА". После чего в этом блоке происходит отсечка газожидкостного потока. Объем в виде пробы газожидкостной смеси, остающийся в измерительном блоке "ПРИЗМА", подвергается анализу. Результатом анализа является определение плотности жидкости $\rho_{ж}$, объемной доли воды, нефти и газа.

По измеренному перепаду давления Δp_1 , определяется плотность газожидкостной смеси $\rho_{см1}$ при давлении p_1 :

$$\rho_{см1} = \frac{\Delta p_1}{gh}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$); h – высота столба газожидкостной смеси между точками измерения перепада давления.

По известным значениям объема смеси $V_{см1}$ и $V_{см2}$ в измерительном блоке "ПРИЗМА", соответственно, при давлении p_1 и p_2 , определяем объем жидкости $V_{ж}$ в составе газожидкостной смеси по формуле:

$$V_{ж} = \frac{p_1 V_{см1} - p_2 V_{см2}}{p_1 - p_2}. \quad (3)$$

Затем по известным значениям $V_{см1}$ и $V_{ж}$ определяем объемную долю газа $\alpha_{г1}$ при давлении p_1 :

$$\alpha_{z1} = \frac{V_{см1} - V_{жс}}{V_{см1}}. \quad (4)$$

Далее определяется плотность жидкости:

$$\rho_{жс} = \frac{\rho_{см1} - \rho_{z1}\alpha_{z1}}{1 - \alpha_{z1}}, \quad (5)$$

где ρ_{z1} – плотность газа, приведённая к рабочим условиям.

Подставляя величину $\rho_{жс}$ в формулу (1) определяем расход (дебит) газа.

По известным значениям плотности нефти ρ_n и плотности воды ρ_v определяем объёмную долю воды в составе газожидкостной смеси:

$$W = \frac{\rho_{жс} - \rho_n}{\rho_v - \rho_n}. \quad (6)$$

Таким образом, с помощью измерительного комплекса "СПЕКТР" возможно измерение следующих параметров:

- объёмный расход (расходное значение) газожидкостной смеси;
- массовый расход жидкости;
- объёмный расход (расходное значение) газа;
- объёмный расход (истинное значение) газа;
- массовый расход нефти нетто;
- массовый расход воды нетто;
- плотность смеси;
- плотность жидкости;
- объёмные доли нефти, воды и газа в составе газожидкостной смеси.

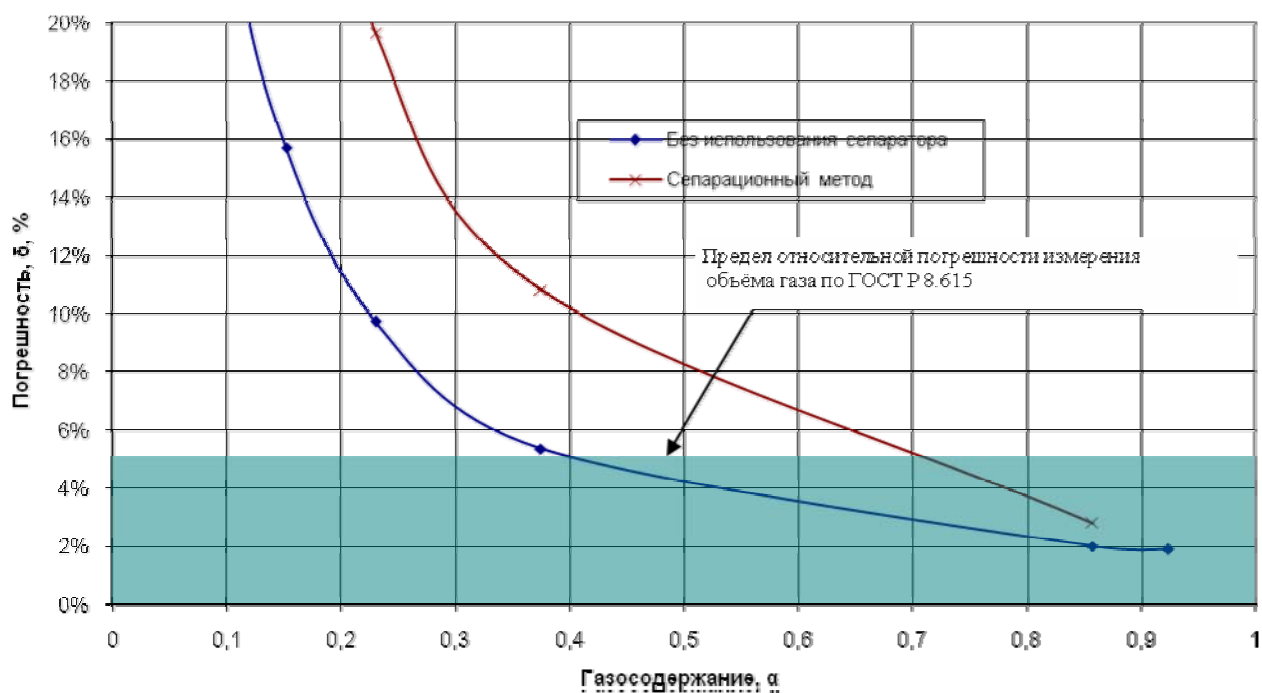


Рисунок 3 — зависимость погрешности измерения газа от величины газосодержания.

На рисунке 3 представлены сравнительные кривые погрешностей измерения газа при измерении разными методами. Как видно из графика разностный метод дает меньшую погрешность по сравнению с сепарационным методом.

Измерительная установка "СПЕКТР" успешно прошла стендовые испытания. С её помощью также были проведены измерения параметров продукции на двух нефтяных скважинах НГДУ "Ямашнефть" ОАО "Татнефть". Результаты измерений совпадают с ранее полученной информацией от технологических служб НГДУ "Ямашнефть" о параметрах потоков продукции из этих скважин.

Краткие технические параметры

Таблица

Наименование параметра	Параметр
1. Диапазон измерения объёмного расхода (расходное значение) газожидкостной смеси при рабочих условиях, м ³ /сут	560
2. Диапазон измерения массового расхода жидкости, т/сут	120
3. Диапазон измерения объёмной доли газа (истинное значение), %	от 1,0 до 90
4. Диапазон измерения плотности газожидкостной смеси, кг/м ³	от 15 до 1360
5. Диапазон измерения плотности жидкости, кг/м ³	от 800 до 1360
6. Диапазон измерения объёмной доли воды в составе жидкости, %	от 30 до 75
7. Давление измерения, Мпа	от 0,2 до 3,5
8. Вязкость измеряемой продукции, сСт	от 1,0 до 20000
9. Относительная погрешность измерения объёмного расхода (расходное значение) газожидкостной смеси, %	± 2,0
10. Относительная погрешность измерения массового расхода жидкости, %	± 2,0
11. Относительная погрешность измерения объёмного расхода (расходное значение) газа, %	± 5,0
12. Относительная погрешность измерения объёмного расхода (истинное значение) газа, %	± 4,0
13. Относительная погрешность измерения массового расхода нефти нетто с содержанием объёмной доли воды до, %	
0,70	± 6,0
0,75	± 15,0
14. Относительная погрешность измерения плотности смеси, %	± 1,0
15. Относительная погрешность измерения плотности жидкости, %	± 0,7
16. Габаритные размеры, мм:	
• высота	2450
• ширина	1290
• длина	2730
17. Масса, кг	1270

На рис. 4 и 5 представлены варианты исполнений измерительной установки "СПЕКТР" на различной мобильной базе.

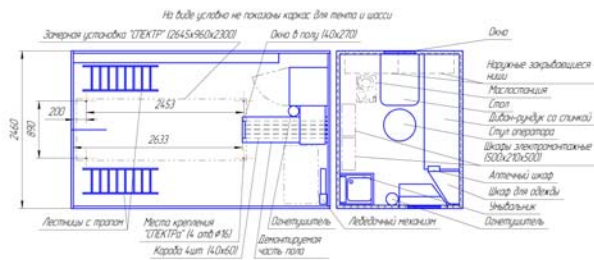
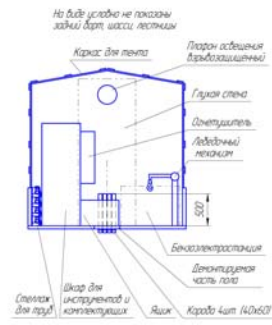
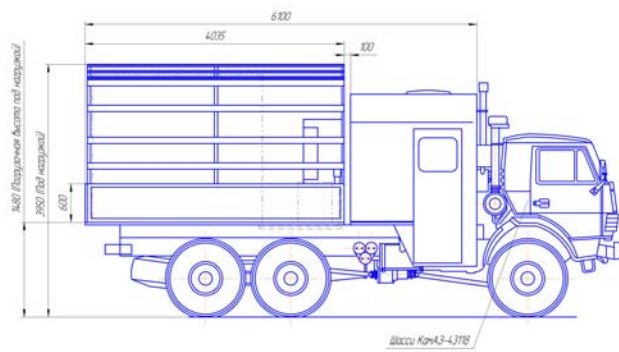


Рисунок 4 – Размещение измерительной установки "СПЕКТР" на базе автомобиля КАМАЗ

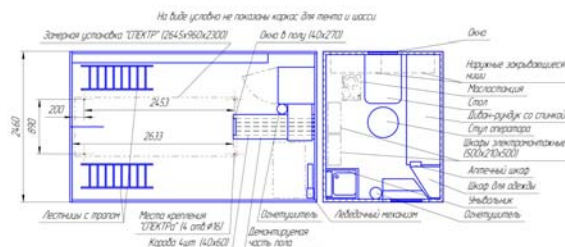
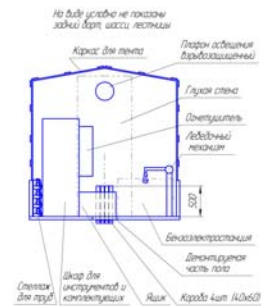
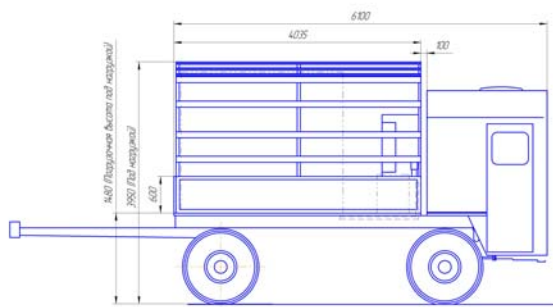


Рисунок 5 – Размещение измерительной установки "СПЕКТР" на базе автомобильного прицепа

Выводы:

1. Разработанная и изготовленная в ООО НПО "НТЭС" измерительная установка "СПЕКТР" позволяет производить измерения параметры продукции нефтяной скважины в соответствии с требованиями ГОСТ 8.615-2005.
2. Измерительная установка "СПЕКТР" может быть использована в стационарном и мобильном варианте.
3. Измерительная установка "СПЕКТР" имеет оптимальное массогабаритное соотношение.
4. Измерительная установка "СПЕКТР" в сравнение с предлагаемыми на рынке подобными средствами измерения имеет наиболее оптимальное соотношение по параметру цена-качество.
5. Измерительная установка "СПЕКТР" позволяет измерять не только истинные значения параметров продукции скважины, но и расходные, что значительно улучшает её метрологические параметры.