

## ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ КУМУЛЯТИВНЫХ СУММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОГО ГАЗА

**Федорович Н. Н., Федорович А. Н.**

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия (350072, Краснодар, ул. Московская, 2, кор. А) e-mail: fedorovichn@mail.ru*

---

Для осуществления контроля показателей качества транспортируемого природного газа предложено использовать статистические методы в виде контрольных карт кумулятивных сумм или КУСУМ-карт. В качестве исходных данных использовали результаты испытаний проб природного газа на Крымском УЗРГ по показателю «Объемная доля  $\text{CO}_2$ , %», который влияет на теплофизические характеристики газа. Значения кумулятивных сумм по выбранному показателю нанесли на карту в зависимости от наблюдений. Для выявления точек начала возникновения ухудшения качества газа по выбранному показателю применили усеченную V-маску, размеры которой рассчитали на 10 выборочных интервалах по полученному стандартному отклонению. Выход точек кумулятивных сумм результатов наблюдений за пределы шаблона V-маски на графике указал на начало возникновения значительного сдвига по параметру. Это позволило выявить момент ухудшения качества газа и ориентировать своевременно принять меры по снижению верхнего порога содержания  $\text{CO}_2$  на пунктах подготовки газа к транспортировке. Внедрение данного подхода на предприятиях по транспортировке газа позволит совершенствовать контроль качества показателей природного газа, что повысит результативность работы предприятий и гарантию безопасности процесса транспортировки газа.

---

Ключевые слова: качество, контроль, природный газ, карты кумулятивных сумм.

## APPLICATION OF CUMULATIVE SUM CHARTS FOR CONTROL OF NATURAL GAS QUALITY PARAMETERS

**Fedorovich N. N., Fedorovich A. N.**

*Federal State Funded Educational Institution of Higher Professional Education 'Kuban State Technological University', Krasnodar, Russia (350072, Moskovskaya st., 2A) e-mail: fedorovichn@mail.ru*

---

For realization of control of transported natural gas quality parameters usage of statistic methods in the form of cumulative sum control charts, or CUSUM charts, is proposed. As the initial condition the results of tests of natural gas samples at Krymsky UGEM by the parameter 'CO<sub>2</sub> volume ratio, %', which affects thermal and physical characteristics of the gas, were used. The values of cumulative sums by the chosen parameter were plotted on the chart according to the observations. For revealing the points at which gas quality begins to deteriorate by the chosen parameter, a truncated V-mask was used. Its dimensions were calculated on ten sampling intervals according to the obtained standard deviation. The points of the cumulative sums of the observation results exceeding the V-mask pattern point at the beginning of a considerable parameter shift. This permitted to reveal the moment of deterioration of gas quality and aim at taking measures for decrease of the upper limit of CO<sub>2</sub> content on gas treatment stations timely. Application of this method at gas transport enterprises permits to improve control of natural gas quality parameters, which would increase performance of work of enterprises as well as guarantee of gas transport safety.

---

Key words: quality, control, natural gas, cumulative sum charts.

Контроль качества природного газа осуществляют для определения товарных и технологических характеристик, определяющих условия наиболее эффективного транспорта и подачи газа потребителям. Качество природного газа определяется условиями постоянства его состава, отсутствием жидкой фазы и механических примесей, ограничением содержания тяжелых углеводородов и соединений серы [3].

При быстром развитии газовой промышленности особое внимание уделяется повышению качества природного газа, которое находится в прямой связи от особенностей

его подготовки к транспорту, включая осушку и очистку от вредных (сероводород, меркаптаны) или балластных (диоксид углерода) компонентов.

Широкое применение при обеспечении качества продукции и процессов находят статистические методы. Применение статистических методов позволяет с заданной степенью точности и достоверности судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества, прогнозировать и регулировать возникновение проблем в области качества и вырабатывать оптимальные управленческие решения не на основе эмоций, ощущений, интуиции, а на основе изучения фактических данных, тенденций и закономерностей [4, 6].

Одним из основных инструментов в обширном арсенале статистических методов контроля качества являются контрольные карты. Принято считать, что идея контрольной карты принадлежит известному американскому статистику Уолтеру Л. Шухарту. Практическое применение контрольных карт на производстве в основном сводится к использованию карт средних значений, размахов, средних квадратических отклонений [5].

Целью нашей работы является разработка предложений по проведению контроля качества природного газа и постоянного наблюдения за изменениями его показателей на предприятиях по транспортировке природного газа с помощью карт кумулятивных сумм или КУСУМ-карт.

Карты кумулятивных сумм используются в методах контроля качества для выявления отклонений от критических значений показателей продукции и процессов. Они могут обеспечить раннее выявление того момента, когда процесс выйдет из-под контроля и дают более ясное представление о поведении данных, чем обычная карта Шухарта.

Руководствуясь основными принципами применения карт кумулятивных сумм, изложенными в ГОСТ Р 50779.45 [1], мы провели контроль качества природного газа по показателю «Объемная доля  $\text{CO}_2$ , %». Технические требования к качеству природного газа нормируются ГОСТ 5542 [2]. Компонентный состав природного газа определяли газохроматографическим методом. Границы приписной погрешности ( $P=0,95$ ) определения объемной доли  $\text{CO}_2$  составили 0,0283 %.

Содержание диоксида углерода влияет на теплотехнические характеристики природного газа. Увеличение количества  $\text{CO}_2$  снижает теплоту сгорания, т.е. уменьшает теплотворную способность природного газа, а также в определенных условиях он может проявлять коррозионные свойства, поэтому контроль за данным показателем обязателен.

В качестве исходных данных для построения КУСУМ-карты были использованы результаты испытаний проб природного газа на Крымском УЗРГ, которые представлены в таблице 1. Опорное значение установили как средний уровень контролируемого показателя

качества природного газа, рассчитанный из предыдущей серии данных. Кумулятивные суммы  $C_i$  рассчитали по формуле:

$$C_i = \sum_{r=1}^i (y_r - T),$$

где  $y_r$  – значение наблюдаемой переменной;

$T$  – опорное значение;

$i$  – номер наблюдения.

Таблица 1. Данные параметров КУМУС-карты

№ наблюдения	Объемная доля CO <sub>2</sub> , %	Отклонение от опорного значения, равного 4,5000	Кумулятивная сумма отклонений
1	4,4562	0,0438	0,0438
2	4,5347	-0,0347	0,0091
3	4,7211	-0,2211	- 0,2020
4	4,6255	-0,1255	- 0,3275
5	4,5365	-0,0365	- 0,3640
6	4,4366	0,0634	- 0,3007
7	4,5980	-0,0980	- 0,3987
8	4,4621	0,0379	- 0,3608
9	4,3583	0,1417	- 0,1191
10	4,6357	-0,1357	- 0,2548
11	4,6478	-0,1478	- 0,4026
12	4,7559	-0,2559	- 0,6585
13	4,4369	0,0631	-0,5954
14	4,4258	0,0742	-0,5212

Значения кумулятивных сумм нанесли на карту в зависимости от наблюдений на рисунке 1.



На такой карте интерес представляют не абсолютные значения сумм, а угол наклона графика, определяемый по последовательным точкам. Т.к. увеличение показателя «Объемная доля  $\text{CO}_2$ , %» ухудшает качество природного газа, то, если кривая кумулятивных сумм идет вверх от горизонтальной оси, следовательно, данный показатель превышает предыдущее значение и качество газа снижается.

Для принятия решений по данной КУСУМ-карте мы выбрали усеченную V-маску. В качестве статистической меры вариации использовали выборочное стандартное отклонение. Оценка стандартного отклонения для данных, приведенных в таблице 1, составила  $\hat{\sigma} = 0,1$ . Размеры усеченной V-маски или шаблона V-маски рассчитывали на 10 выборочных интервалах как  $5\hat{\sigma}$  и  $10\hat{\sigma}$ . Применяют шаблон, помещая его на любую точку контрольной карты. Рекомендуется выбирать последнюю нанесенную на карту точку, но это может быть и точка в любом предыдущем интервале.

При наложении шаблона V-маски на последнюю точку 14 карты видно, что одна точка касается разрешающих линий, что является сигналом об отклонении от опорного значения (рисунок 2).

Для выявления точек начала возникновения ухудшения качества газа совместили шаблон V-маски с другими точками кривой. Как видно, при совмещении шаблона V-маски, контур которого представлен пунктиром на рисунке 2, с точкой 12, одна точка КУСУМ-карты выходит за границы разрешающей линии. Это указывает на начало возникновения значительного сдвига по параметру. В этом случае необходимо принимать меры. В качестве меры по снижению содержания диоксида углерода можно предложить небольшое снижение верхнего порога содержания  $\text{CO}_2$  в природном газе на пунктах подготовки газа к транспортировке по магистральному трубопроводу.

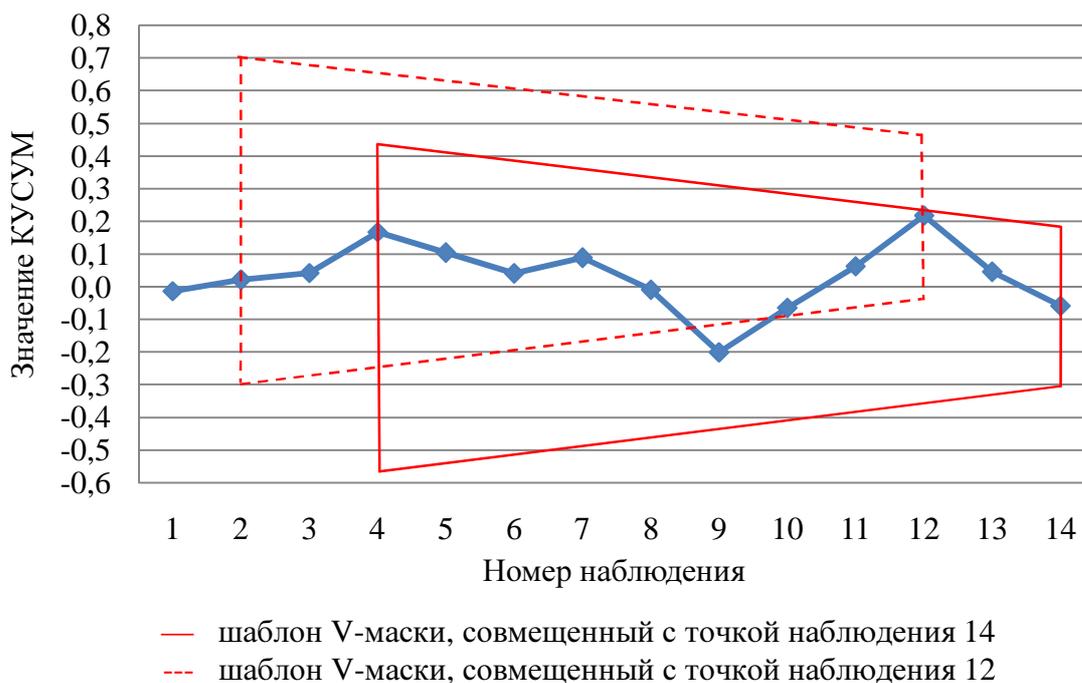


Рисунок 2. Шаблоны усеченной V-маски, наложенные на КУСУМ-карту

Анализ КУСУМ-карты позволяет выявить момент начала ухудшения качества газа и ориентирует своевременно принять меры по снижению верхнего порога содержания  $\text{CO}_2$  на пунктах подготовки газа к транспортировке.

С помощью КУСУМ-карт целесообразно проводить контроль качества газа по содержанию сероводорода и на основе их анализа прогнозировать степень коррозионного воздействия на трубопровод и оборудование.

На основании выполненных расчетов нами разработан проект стандарта организации «Контроль показателей качества природного газа на основе контрольных карт кумулятивных сумм».

Таким образом, внедрение данного подхода на предприятиях по транспортировке газа позволит совершенствовать контроль качества показателей природного газа, что положительно скажется на результативности работы предприятий и повысит гарантию безопасности процесса транспортировки газа.

### Список литературы

- ГОСТ Р 50779.45-2002 Статистические методы. Контрольные карты кумулятивных сумм. Основные положения.
- ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового

назначения. Технические условия.

3. Закожурников Ю. А. Подготовка нефти и газа к транспортировке. – М.: ИнФолио, 2010. – 176 с.
4. Клячкин В. Н. Модели и методы статистического контроля многопараметрического технологического процесса. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 196 с.
5. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта: Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.
6. Федорович Н. Н., Федорович А. Н. Применение методов управления качеством для повышения эффективности работы измерительного оборудования по учету расхода газа // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 3 – С. 43-46.

**Рецензенты:**

Ясьян Ю. П., доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии нефти и газа, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар.

Стрижов Н. К., доктор хим. наук, профессор, профессор кафедры стандартизации, сертификации и аналитического контроля, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар.