



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	PLOTTING A DIAGRAM OF NATURAL GAS INTERCHANGEABILITY FOR THE ENERGY MARKET OF GEORGIA
AUTHOR(S)	Dimitri Namgaladze, Tornike Kiziria, Lena Shatakishvili, Tamaz Ghvanidze
ARTICLE INFO	Dimitri Namgaladze, Tornike Kiziria, Lena Shatakishvili, Tamaz Ghvanidze. (2020) Plotting a Diagram of Natural Gas Interchangeability for the Energy Market of Georgia. World Science. 9(61). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30122020/7277
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7277
RECEIVED	05 October 2020
ACCEPTED	18 November 2020
PUBLISHED	24 November 2020
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2020. This publication is an open access article.

PLOTTING A DIAGRAM OF NATURAL GAS INTERCHANGEABILITY FOR THE ENERGY MARKET OF GEORGIA

Dimitri Namgaladze, Professor, Georgian Technical University, Tbilisi Georgia

Tornike Kiziria, Associate Professor, Georgian Technical University, Tbilisi Georgia

Lena Shatakishvili, Associate Professor, Georgian Technical University, Tbilisi Georgia

Tamaz Ghvanidze, PHD student, Georgian Technical University, Tbilisi Georgia

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7277

ARTICLE INFO

Received: 05 October 2020

Accepted: 18 November 2020

Published: 24 November 2020

KEYWORDS

Natural Gas,
Wobbe Index,
gaz industry,
stochastic processes.

ABSTRACT

The increase in the cost of energy and the appearance of gases of various qualities led to the fact that calculations in the gas industry began to be made by measuring thermal energy. To this day, in Georgia, the calculation of the amount of natural gas when paying for the used gas is in cubic meters. As for the study of processes and parameters in the Georgian gas sector, it turned out that these processes are clearly stochastic. Therefore, the purpose of the work is to develop criteria for the interchangeability of natural gas, in particular, a diagram of the interaction between the Wobbe index in total proportions of propane and nitrogen equivalent for the Georgian gas market, based on stochastic processes. Thus, for the first time, an original methodology for plotting the Wobbe Index (calorific value) of interchangeable natural gases supplied to Georgia was developed.

Citation: Dimitri Namgaladze, Tornike Kiziria, Lena Shatakishvili, Tamaz Ghvanidze. (2020) Plotting a Diagram of Natural Gas Interchangeability for the Energy Market of Georgia. *World Science*. 9(61). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30122020/7277

Copyright: © 2020 **Dimitri Namgaladze, Tornike Kiziria, Lena Shatakishvili, Tamaz Ghvanidze.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Качественный уровень топлива, произведенного на основе метана из различного исходного сырья (природного газа, сжиженного природного газа, биометана, угольного метана), напрямую зависит от требований, предъявляемых к нему для потребителей, установленными стандартами стран, использующих природный газ как топливо, т. е. от допустимых этими стандартами значений теплотворной способности (числа Воббе) и детонационной стойкости – метанового числа [1].

Природный газ из различных месторождений и даже различных скважин всегда отличается по составу, а оборудование, которое должно сжигать газ построено под определенные стандарты теплоты сгорания и чистоты, при этом очень важным фактором становится уравнивание разного природного газа до единого стандарта. [2]. Эта проблема не новая и процесс характеризуют некоторыми критериями.

Процесс горения в промышленности всегда был предметом исследований, в частности, такие исследователи как Воббе, Дэльбур, Джильберт, Приг, Вивекр, Нои и др. [3-8], разрабатывали критерии и методики для теплотворной способности природных газов. Эти исследования появились в прошлом веке, и они связаны с числом Воббе и скоростью распространения пламени.

Повышение стоимости энергии и появление газов различного качества привело к тому, что расчеты в газовой отрасли начали производить путем измерения тепловой энергии. На сей день, в Грузии расчет количества природного газа при выплатах за использованный газ происходит в кубометрах (нормальный кубометр). В Англии, обычно, для визуализации используют диаграмму взаимозаменяемости газов. Здесь, ордината - число Воббе, а абсцисса -

сумма долей эквивалентов пропана и азота (рис. 1) [2]. Поэтому, мы за основу берем английскую диаграмму.

Как видно, вариация допустимых параметров газа довольно велика (область, называемая «приемлемой» “acceptable”). Энергоемкость колеблется от 46,5 до 51 дж/м³, а суммарный эквивалент пропана и азота составляет от 0% до 45%.

Так как в изучении процессов и параметров в грузинском газовом секторе, выяснилось, что эти процессы явно стохастические. Поэтому, целью работы является разработка взаимозаменяемости природного газа, в частности, диаграмма взаимодействия между числом Воббе и суммарной долей эквивалента пропана и азота, для грузинского газового рынка, на основании стохастических процессов. В связи с этим, рассмотрим разработанный нами алгоритм (методика) для построения диаграммы числа Воббе, основанной на стохастических процессах в газовом секторе и натурные информативные исходные данные.

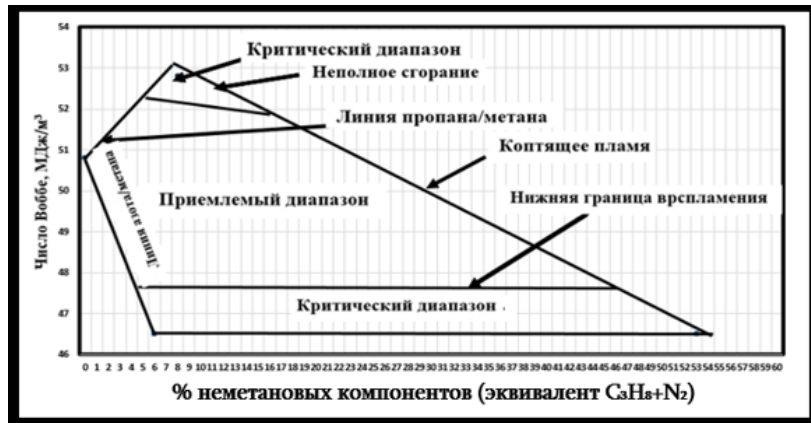


Рис. 1. Зависимость числа Воббе от суммы долей пропанового и азотного эквивалентов

1. Рассматриваем число Воббе $W = \frac{Q}{\sqrt{\rho}}$, как стохастическую величину, где величины Q -

теплоёмкость и относительная плотность газа ρ - стохастические величины; 2. Установим плотности распределения для величин Q , ρ , в частности их величины математические ожидания и среднеквадратичные отклонения (μ_Q , μ_ρ , σ_Q , σ_ρ) и функций плотности распределения $f_1(Q)$ и $f_2(\rho)$. Для поиска величин статистических рядов был рассмотрен допуск сайта ООО „Грузинской газовой транспортной компании“ [9]. 3. Установим плотность распределения аналитической функции W числа Воббе - $g(W)$, которое определяется по зависимости [10]:

$$g(W) = \int_0^{\infty} f[Q(z); z] \frac{\partial(Q, \rho)}{\partial(W, z)} dQ,$$

где $f(Q, \rho) = f_1(Q)f_2(\rho)$, а $\frac{\partial(Q, \rho)}{\partial(W, z)}$ определитель Якоби (якобиан);

4. Если известны аналитическое выражение функции $g(W)$ и соответствующие математические ожидания и среднеквадратичные отклонения (μ_W , σ_W), то алгоритм заканчивается; 5. Если выражение функции $g(W)$ весьма сложно (или интеграл не решается аналитически), а также параметры (μ_W , σ_W) не установлены аналитически, тогда переходим к следующему шагу; 6. Согласно отмеченного на сайте, рассматриваем ряды теплоёмкости Q относительной плотности газа ρ $Q_i \{Q_1, Q_2, \dots, Q_N\}$ и $\rho_i \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_N\}$. Для соответственных рядов строим новый ряд числа Воббе. $W_i \left\{ \frac{Q_1}{\sqrt{\rho_1}}, \frac{Q_2}{\sqrt{\rho_2}}, \dots, \frac{Q_N}{\sqrt{\rho_N}} \right\}$. После этого производим статистическую обработку и

соответственно численно находим функцию $g(W)$ и ее параметры (μ_W , σ_W); 7. Согласно вышеотмеченного сайта, находим данные о новом ряде суммарного эквивалента пропана и

азота, установим эту величину $N_{(Pr+N_2)}$ и соответствующие характеристики: функция плотности распределения и математические ожидания и среднеквадратичные отклонения: $h(N_{Pr+n_2})$, $\mu_{N_{Pr+N_2}}$, $\sigma_{N_{Pr+N_2}}$. 8. Строим диаграмму, где абсцисса N_{Pr+n_2} , а ордината - число Воббе W . Прямоугольник (или иной формы) представляет диаграмму числа Воббе (рис. 2а).

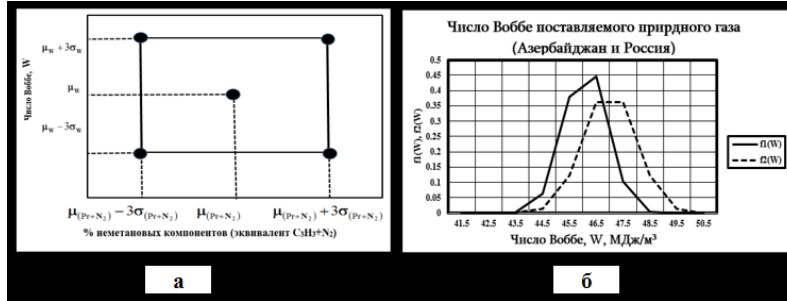


Рис. 2. а. Иллюстрация построения диаграммы чисел Воббе; б. Сравнение функций вероятности распределения плотности числа динамических рядов природного газа в потоке природного газа из Азербайджана и России.

Согласно пунктам 3 и 4 алгоритма, так как $W = \frac{Q}{\sqrt{\rho}}$, поэтому $Q(z) = W\sqrt{\rho}$ и согласно

выражению числа Воббе, а якобиан равняется [9]: $\frac{\partial(Q,\rho)}{\partial(W,z)} = -\frac{2Q^2}{W}$, то окончательно получаем:

$$g(W) = \int_0^1 f[\rho(Q); Q] \frac{\partial(Q,\rho)}{\partial(W,z)} dQ = \frac{1}{\pi W \sigma_Q \sigma_\rho} \int_0^1 Q^2 \exp\left[-\frac{(Q-\mu_Q)^2}{2\sigma_Q^2}\right] \exp\left[-\frac{\left(\frac{Q^2}{W^2} - \mu_\rho\right)^2}{2\sigma_\rho^2}\right] dQ$$

Таким образом, функция плотности распределения вероятностей $g(W)$ числа Воббе может быть решена с помощью элементарных функций. Однако полученные выкладки требуют больших усилий, и полученное аналитическое изображение является весьма сложным. Поэтому принимаем вышеописанную методику в соответствии с пунктами 6 и 7. Таким образом, мы рассмотрим результаты статистической обработки теплотворности природного газа, импортируемого из Азербайджана и России (рис. 2. б). Согласно вышеотмеченного сайта, мы в течение довольно большого времени, около четырех лет (ежедневно), создавали информационную базу. Наконец, по длинным динамическим рядам (теплоемкость и плотность природного газа, а также эквивалентные доли пропана и азота), построена теплотворная диаграмма качества. (Рис. 3.а, б).

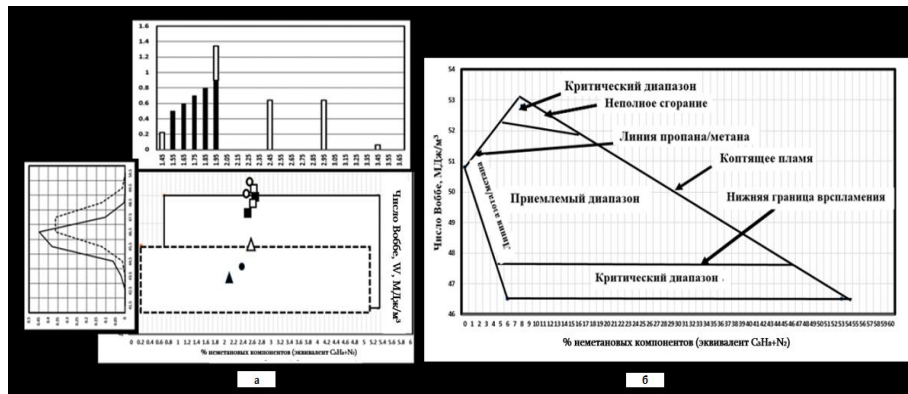


Рис. 3. а. Диаграмма Воббе; б. Сравнение сводной диаграммы природного газа для Великобритании и Грузии.

Таким образом, идентифицированы такие факторы и закономерности, которые в сочетании с физическими параметрами природного газа, в частности, теплоемкости, плотности и статистические характеристик химических соединений в природном газе. Таким образом, впервые в Грузии была разработана оригинальная методология построения диаграммы числа Воббе (теплотворности) взаимозаменяемых природных газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнедова Л.А., Гриценко К.А., и др. Анализ качества исходного сырья, применяемого для получения компримированного природного газа. Научно-технический сборник – Вести газовой науки. 2015. сс 98-102. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-ishodnogo-syrya-primenyaemogo-dlya-polucheniya-komprimirovannogo-prirodnogo-gaza/viewer>
2. О хорошем и плохом газе. Retrieved from <https://mirvn.livejournal.com/10459.html>
3. Gilbetrt M.G., Prigg J.A. The Prediction of the Combustion Characteristic of Town Gas. Gas Council Res. Comm. 1956. с 35
4. Weaver E.R. Formulas and graphs for representing the inter-changeability of fuel gases. J. res. Nat. Bur. Standards. 46. 1951. pp 213-245.
5. Knoy M.F. Combustion experimenys with petroleum gases. Gas, 17. 1941. pp 14-19.
6. The Wobbe Index and Natural Gas Interchangeability. Emerson Process Management. 2007-07-30. Retrieved from <https://www.emerson.com/documents/automation/white-paper-wobbe-index-natural-gas-interchangeability-ras-en-133638.pdf>
7. Sandfort V., Barbara M., Trabold B. and all. Monitoring the Wobbe Index of Natural Gas Using Fiber-Enhanced Raman Spectroscopy. Sensors (Basel). 2017 Dec; 17(12): 2714. Retrieved from <https://europepmc.org/article/pmc/pmc5753068>
8. Лом У.Л., Уильямс А.Ф. Заменители природного газа. Производства и свойства. Англия. 1976. М., Недра. с.247. Retrieved from <https://www.chem21.info/page/130013151202150204103174168056046126018197035136/>
9. GGTC (Georgian Gas Transportation Company). Retrieved from <http://e-platform.ggtc.ge/gasanalysis.aspx>
10. Уалкер Э. Эффективность систем. Справочник по надежности. т.1. Москва. Наука. 1983. 217 с.