

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-4-29-34

УДК 006-92

### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

### CRITERIA FOR ASSESSING THE QUALITY OF METROLOGICAL SUPPLY OF COAL ENERGY ENTERPRISES

**Николаева Евгения Александровна**<sup>1</sup>,  
канд. физ.-мат. наук, e-mail: nikolaevaea@yandex.ru  
**Evgenia A. Nikolaeva**<sup>1</sup>, C. Sc. in Physics and Mathematics  
**Николаев Алексей Владимирович**<sup>2</sup>,  
главный метролог, e-mail: nikolaevav@sibgenco.ru  
**Aleksey V. Nikolaev**<sup>2</sup>, Chief Metrologist  
**Аксенова Олеся Юрьевна**<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук, e-mail: olesya\_aksenova42@mail.ru  
**Olesya Yu. Aksenova**<sup>1</sup>, C. Sc. in Engineering  
**Еремин Василий Александрович**<sup>3</sup>  
первый заместитель директора, e-mail: zam@kmrcsm.ru  
**Vasily A. Eremin**<sup>3</sup>, First Deputy Director

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>1</sup>T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesenniyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup>Сибирский инженерно-аналитический центр, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Станционная, 17

<sup>2</sup>The Siberian Engineering and Analytical Centre, 17, Stantsionnaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>3</sup>Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Кемеровской области 650991, Россия, г. Кемерово, ул. Дворцовая, 2

<sup>3</sup>State Regional Centre for Standardization, Metrology and Testing in the Kemerovo Region, 2, Dvortsovaya St., Kemerovo, 2650991, Russian Federation

#### **Аннотация:**

*Оценку эффективности производственной деятельности предприятий угольно-энергетического комплекса можно произвести с помощью различных групп показателей. Чаще всего рассматривают экономические, управленческие и технические показатели. При этом совокупность этих показателей напрямую сказывается на качестве жизни людей, так как высокое качество и низкая себестоимость тепловой и электрической энергии являются определяющими показателями в современных условиях жизни.*

*В данной статье рассматривается вопрос обеспечения высокого качества выпускаемой тепловой и электрической энергии, получаемой при сжигании твердого топлива. Решение данного вопроса в значительной степени зависит от метрологического обеспечения предприятия угольно-энергетического комплекса.*

*В статье приведена методика разработки критериев оценки качества метрологического обеспечения производственной деятельности предприятий угольно-энергетического комплекса с помощью статистических методов обработки исходных данных результатов оценки работ по метрологическому обеспечению.*

**Ключевые слова:** Метрологическое обеспечение, измерение, контроль, испытание, статистические числовые характеристики..

**Abstract:**

The efficiency of the production activities of enterprises of the coal-energy complex can be assessed using various groups of indicators. Most often economic, managerial and technical indicators are considered. Moreover, the totality of these indicators directly affects the quality of life of people, since high quality and low cost of heat and electric energy are the determining indicators in modern living conditions.

This article discusses the issue of ensuring high quality of the output of thermal and electric energy obtained by burning solid fuel. The solution to this issue largely depends on the metrological support of the coal-energy complex.

The article provides the methodology for developing the criteria to be used in assessing the quality of metrological support to the production activities of enterprises of the coal-energy complex. It uses statistical methods for processing the initial data of the results of the evaluation of work on metrological support.

**Key words:** Metrological support, measurement, control, testing, statistical numerical characteristics.

В настоящее время в Российской Федерации в целях соответствия международным стандартам по оценке качества выпускаемой продукции и услуг значительное распространение получили такие определения, как «Метрологическое обеспечение предприятий» и «Метрологическое обеспечение производства». Согласно ГОСТ Р 8.000-2015, метрологическое обеспечение производства, а также деятельности по оказанию услуг – это набор средств и методов, цель которых – получение информации о величинах, необходимых для выработки решений по улучшению объекта управления [1-4].

Другими словами, метрологическое обеспечение предприятия – это состояние измерений и испытаний продукции (услуг), характеризующее уровень производства. Улучшая метрологическое обеспечение путем разработки и принятия на этой основе решений по планированию его дальнейшего развития, можно добиться улучшения качества продукции (услуг), повышения точности результатов измерений, рационального использования материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Процессы измерений, контроля и испытаний на предприятиях угольно-энергетического комплекса являются основой для наиболее точного определения приоритетов в решении задач метрологического обеспечения [5], а также в решении проблем, возникающих при составлении технико-экономических показателей предприятий угольно-энергетического комплекса.

Качество и стоимость потребленного твердого топлива составляют 60-80 % себестоимости производства энергии, в связи с этим основной показатель экономичности работы предприятия угольно-энергетического комплекса, использующего в

производстве твердое топливо – это удельный расход топлива на выработку и отпуск единицы энергии [6].

Исходя из данной зависимости, задача метрологического обеспечения [7-9] состоит в получении достоверной информации при измерении вышеуказанных показателей.

Для решения данной задачи в этой статье предлагается методика разработки критериев оценки качества метрологического обеспечения предприятия [10-13] с помощью статистических методов обработки исходных данных, оценки соответствия измерительного и испытательного оборудования, а также работ по метрологическому обеспечению [14].

Алгоритм данной методики представлен ниже.

Значения исходных данных оценки работ по метрологическому обеспечению подразделений предприятия [15-18] представляются в виде таблиц (критериев), заполненных с помощью шкал наименований. Используя полученные критерии, можно рассчитать статистические числовые характеристики, построить графики зависимости и т.п. Полученные результаты расчетов критериев качества работ по метрологическому обеспечению позволят численно оценить их состояние, сравнить качество метрологического обеспечения и, соответственно, провести анализ учета технико-экономических показателей предприятий угольно-энергетического комплекса.

С целью определения исходных данных в соответствии с ГОСТ Р 8.884-2015 проводится метрологический надзор. Заполнение таблиц исходных данных предлагается осуществлять с помощью следующей таблицы распределения (таблица 1) [16-18].

Таблица 1. Ранжирование видов работ

Table 1. Ranking of types of work

№ вида оцениваемых работ	1	2	3	4	5	6	7
Вид работ	СПМК	СПР	СПН	ППМИ	СПОП	СППСИ	СПК
Диапазон значимости вида работ	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$

Таблица 2. Шкала наименований оценивания работ

Table 2. Work Assessment Scale

Номер уровня	Описание уровня качества работ по СППСИ	Шкала оценки
1.	Соответствие отнесения средств измерений и оборудования к техническим устройствам, используемым в сферах государственного регулирования.	0,1
2.	Наличие графиков проведения поверки, калибровки, аттестации оборудования.	0,2
3.	Соответствие правил проведения калибровки и в случае необходимости поверки средств измерений.	0,3
4.	Соответствие сроков проведения калибровки или поверки средств измерений, аттестации испытательного оборудования, стандартных образцов требованиям нормативных документов.	0,4
5.	Отсутствие неисправностей, чрезмерного износа средства измерений, испытательного оборудования, приводящих к несоответствию метрологических характеристик.	0,5
6.	Соответствие правил применения средства измерений, испытательного оборудования требованиям технической документации.	0,6
7.	Соответствие условий эксплуатации средств измерений, испытательного оборудования требованиям технической документации.	0,7
8.	Соответствие настроек средств измерений, испытательного оборудования условиям эксплуатации.	0,8
9.	Состав комплектации средств измерений, испытательного оборудования и их соответствие условиям эксплуатации.	0,9
10.	Соответствие размещения и установки средств измерений, испытательного оборудования, правилам безопасности.	1,0

Таблица 3. Матрица оценивания показателей качества по предприятию

Table 3. Matrix for assessing quality indicators for the enterprise

Вид работ	СПМК	СПР	СПН	ППМИ	СПОП	СППСИ	СПК
Диапазон значимости вида работ	≤1	≤2	≤3	≤4	≤5	≤6	≤7
Лаборатория независимого контроля качества топлива	1	2	3	4	5	6	7

СПМК - соответствие и проведение внутреннего метрологического контроля;

СППСИ - состояние и правильность применения систем измерения, средств измерений, эталонов, стандартных образцов, вспомогательного и испытательного оборудования, правильность их применения;

ППМИ – правильность применения методик измерений;

СПР - состояние и правильность проведения оценки результатов измерений;

СПН – соблюдение правил и норм в области обеспечения единства измерений;

СПОП - соблюдение правил организации и проведения калибровки, поверки, средств измерений, аттестации испытательного оборудования;

СПК - соответствие квалификации персонала.

Численное значение значимости оцениваемого вида работ производится по соответствующим шкалам наименований, учитывая требования [3]. Например, для оценки вида работ СППСИ предлагается шкала наименований, представленная таблицей 2.

Данные показатели соответствуют максимальному уровню значимости, так как оцениваемая лаборатория полностью соответствует федеральному законодательству в области обеспечения единства измерений [6, 16-18].

Рассмотрим оценку качества по предприятию, не имеющему в своем составе аккредитованной лаборатории. С учетом того, что предприятия с целью экономии финансовых затрат наиболее часто не проводят аккредитацию своих лабораторий, данный пример будет для нас более интересен.

Рассматриваемые показатели (таблица 4 и таблица 5) с точки зрения теории вероятностей являются независимыми случайными величинами. Используя данные таблицы 4 и таблицы 5, рассчитаем числовые характеристики полученной статистической совокупности (среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициент корреляции); для подразделения и предприятия в целом использованы соотношения вида:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

Таблица 4. Матрица оценивания показателей качества по предприятию X (пример)

Table 4. Quality assessment matrix for enterprise X (example)

Вид работ	СПМК	СПР	СПН	ППМИ	СПОП	СППСИ	СПК
Диапазон значимости вида работ	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$
Лаборатория независимого контроля качества топлива	0,8	2,0	2,6	3,5	5,0	4,5	6,5
Газоанализаторы (4 ед.)	0,9	2,0	3,0	4,0	5,0	4,0	6,7
Муфельные печи (2 ед.)	0,8	2,0	2,7	3,0	5,0	5,5	6,0
Сушильные аппараты (2 ед.)	0,75	2,0	2,3	3,5	5,0	4,5	6,6
Калориметрические сосуды (5 ед.)	0,75	2,0	2,4	3,5	5,0	4,5	6,7

Таблица 5. Матрица оценивания показателей качества по подразделениям предприятия X

Table 5. The matrix for assessing quality indicators by departments of enterprise X

Вид работ	СПМК	СПР	СПН	ППМИ	СПОП	СППСИ	СПК
Диапазон значимости вида работ	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$
Лаборатория независимого контроля качества топлива	0,8	2,0	2,6	3,5	5,0	4,5	6,5
Цех тепловой автоматики и измерений	0,8	1,73	2,33	3,5	4,33	5,0	6,33
Электрический цех	0,7	1,62	2,02	3,1	4,12	4,5	6,13
Котельный цех	0,8	1,8	2,6	3,5	4,75	5,75	6,75
Турбинный цех	0,6	1,64	2,2	3,0	4,25	5,15	6,25
Цех топливоподдачи	0,8	1,9	3,0	4,0	4,0	4,5	6,5
Производственно-технический отдел	0,6	1,4	2,4	3,5	4,5	5,5	6,0
Итого по предприятию	0,72	1,68	2,43	3,43	4,33	5,07	6,33

Таблица 6. Характеристики показателей качества по видам работ предприятия X

Table 6. Characteristics of quality indicators by type of work of enterprise X

Вид работ	СПМК	СПР	СПН	ППМИ	СПОП	СППСИ	СПК	
Диапазон значимости вида работ	$\leq 1$	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$	
среднее значение	0,72	1,68	2,43	3,43	4,33	5,07	6,33	3,43
дисперсия	0,001	0,03	0,117	0,127	0,073	0,262	0,072	0,831
СКО	0,098	0,173	0,3422	0,356	0,27	0,512	0,269	0,911
вариация	13,719	10,261	14,112	10,366	6,243	10,096	4,244	27,55

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}$$

где  $\sigma_i$  - среднее квадратическое отклонение  $i$  показателя качества состояния системы;  $V_i$  - значение коэффициента вариации  $i$  показателя качества состояния системы.

В результате проведенного анализа были получены следующие расчетные значения (таблица 6).

Полученные данные позволяют сделать

выводы об удовлетворительном качестве фактического состояния видов оцениваемых работ.

Приведенная методика позволяет проводить оценку фактического состояния работ по подразделениям и по предприятию в целом, что позволяет вовремя предпринимать необходимые управленческие меры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева Е.А. Алгоритм расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений / Е.А. Николаева, А.В. Николаев // Вестник КузГТУ. - 2017. - №5. - С. 162-167.
2. Николаева Е.А. Способы расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений различными методами / Е.А. Николаева, А.В. Николаев // Вестник КузГТУ. - 2018. - №2. - С. 113-120.
3. Захаров, И.П. Справочное пособие «Калибровка 17025». – Санкт-Петербург : Политехника-Серви. 2016. - 68 с.
4. Филиола, Р.С. Теория и планирование механических измерений / Р.С. Филиола, Д.Э. Бизли. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2016. - 744 с.
5. Dobrovolskii, V.I. Investigation of metrological characteristics of silver-silver chloride electrodes of GET 54-2011, the state primary standard for the ph activity of hydrogen ions in aqueous solutions / V.I. Dobrovolskii, S.V. Prokunin, I.V. Morozov, A.A. Glazdov // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. P. 1013-1016 (2017).
6. Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и технические измерения / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич - Старый Оскол: ТНТ, 2010 - 420 с.
7. Levin, S.F. Measurement problem of identification of the error function / *Zakonodat. Prikl. Metrol.*, No. 4, 27–33 (2016)
8. Levin, S.F. Is it possible to ‘precisely’ convert an error into uncertainty? / *Zakonodat. Prikl. Metrol.*, No. 3, 18–25 (2017).
9. Levin, S.F. The Measurement Problem of Calibration of Measuring Instruments / *Measurement Techniques*, 2018, Volume 61, Issue 6, pp 528–539
10. Голубев С.С. Стратегия обеспечения единства измерений в российской федерации до 2025 года ведет российскую метрологию по инновационному пути//*Законодательная и прикладная метрология.* - 2017. - № 4. - С. 5-8.
11. Гуревич В.Л. Современные направления развития метрологии. Актуальные вопросы машиноведения // 2017. Т. 6. С. 29-30.
12. Афанасьев П.А. Введение термина «неопределенность измерений», как новый этап развития метрологии // В сборнике: Юность и Знания - Гарантия Успеха - 2017 Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции. В 2-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. С. 104-106.
13. Степанова Е.А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений / Е.А. Степанова, Н.А. Скулкина, А.С. Волегов // Москва -2017. Сер. 11 Университеты России.
14. Кубрак М.В. Современные проблемы метрологии и стандартизации и возможные пути их решения / М.В. Кубрак, С.Н. Леонов, В.В. Головков. // *Научно-практические исследования.* 2017. № 2 (2). С. 123-126.
15. Бакланов И.Г. Отраслевая метрология систем связи: современное состояние, вызовы и пути решения / В сборнике: Метрология в радиоэлектронике Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции. В 2-х томах. Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений" (ФГУП "ВНИИФТРИ"). 2018. С. 41-43.
16. ГОСТ Р 8.000-2015 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Основные положения».
17. МИ 2427-2016 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля».
18. ГОСТ ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

## REFERENCES

1. Nikolaeva E.A. Algoritm rascheta neopredelennosti pri provedenii kalibrovki sredstv izmerenij / E.A. Nikolaeva, A.V. Nikolaev // Vestnik KuzGTU. - 2017. - №5. - С. 162-167.
2. Nikolaeva E.A. Sposoby rascheta neopredelennosti pri provedenii kalibrovki sredstv izmerenij razlichnymi metodami / E.A. Nikolaeva, A.V. Nikolaev // Vestnik KuzGTU. - 2018. - №2. - С. 113-120.
3. Zaharov, I.P. Spravochnoe posobie «Kalibrovka 17025». - Sankt-Peterburg : Politehnika-Servi. 2016. - 68 s.
4. Filiola, R.S. Teoriya i planirovanie mekhanicheskikh izmerenij / R.S. Filiola, D.E. Bizli. - Izhevsk: Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika, 2016. - 744 s.
5. Dobrovolskii, V.I. Investigation of metrological characteristics of silver-silver chloride electrodes of GET 54-2011, the state primary standard for the pH activity of hydrogen ions in aqueous solutions / V.I. Dobrovolskii, S.V. Prokunin, I.V. Morozov, A.A. Glazdov // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. R. 1013-1016 (2017).
6. Skhirtladze A.G. Metrologiya, standartizatsiya i tekhnicheskie izmereniya / A.G. Skhirtladze, YA.M. Radkevich - Staryj Oskol: TNT, 2010 - 420 s.
7. Levin, S.F. Measurement problem of identification of the error function / Za-konodat. Prikl. Metrol., No. 4, 27–33 (2016)
8. Levin, S.F. Is it possible to ‘precisely’ convert an error into uncertainty? / Za-konodat. Prikl. Metrol., No. 3, 18–25 (2017).
9. Levin, S.F. The Measurement Problem of Calibration of Measuring Instruments / Measurement Techniques, 2018, Volume 61, Issue 6, pp 528–539
10. Golubev S.S. Strategiya obespecheniya edinstva izmerenij v rossijskoj federacii do 2025 goda vedet rossijskuyu metrologiyu po innovacionnomu pu-ti // Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya. - 2017. - № 4. - С. 5-8.
11. Gurevich V.L. Sovremennye napravleniya razvitiya metrologii. Aktual'nye voprosy mashinovedeniya // 2017. T. 6. S. 29-30.
12. Afanas'ev P.A. Vvedenie termina «neopredelennost' izmerenij», kak no-vyj etap razvitiya metrologii // V sbornike: YUnost' i Znaniya - Garantiya Uspekha - 2017 Sbornik nauchnyh trudov 4-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. V 2-h tomah. Otvetstvennyj redaktor A.A. Gorohov. 2017. S. 104-106.
13. Stepanova E.A. Metrologiya i izmeritel'naya tekhnika: osnovy obrabotki rezul'tatov izmerenij / E.A. Stepanova, N.A. Skulkina, A.S. Volegov // Moskva -2017. Ser. 11 Universitety Rossii.
14. Kubrak M.V. Sovremennye problemy metrologii i standartizacii i voz-mozhnye puti ih resheniya / M.V. Kubrak, S.N. Leonov, V.V. Golovkov. // Nauchno-prakticheskie issledovaniya. 2017. № 2 (2). S. 123-126.
15. Baklanov I.G. Otrasleyaya metrologiya sistem svyazi: sovremennoe sostoyanie, vyzovy i puti resheniya // V sbornike: Metrologiya v radioelektronike Materialy XI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. V 2-h tomah. Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut fiziko-tekhnicheskikh i radiotekhnicheskikh izmerenij" (FGUP "VNIIFTRI"). 2018. S. 41-43.
16. GOST R 8.000-2015 «Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). Osnovnye polozheniya».
17. MI 2427-2016 «Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Ocenka sostoyaniya izmerenij v ispytatel'nyh, izmeritel'nyh laboratoriyah i laboratoriyah proizvodstvennogo i analiticheskogo kontrolya».
18. GOST ISO/MEK 17025 Obshchie trebovaniya k kompetentnosti ispytatel'nyh i kalibrovochnyh laboratorij.

Поступило в редакцию 01.10.2019

Received 01 October 2019