

УДК 004.12:001.63 © С.А. Жиронкин<sup>1</sup>, М.Е. Коновалова<sup>2</sup>,  
Я.С. Митрофанова<sup>3</sup>, 2026

UDC 004.12:001.63 © S.A. Zhironkin<sup>1</sup>, M.E. Konovalova<sup>2</sup>,  
Ya.S. Mitrofanova<sup>3</sup>, 2026

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),  
Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет,  
443090, г. Самара, Россия

<sup>2</sup> Samara State University of Economics,  
Samara, 443090, Russian Federation

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,  
445020, г. Тольятти, Россия

<sup>3</sup> Togliatti State University, Togliatti, 445020, Russian Federation  
✉ e-mail: zhironkinsa@kuzstu.ru

✉ e-mail: zhironkinsa@kuzstu.ru

# Современные методы контроля качества угля в соответствии с международными стандартами

## Present-day methods to control coal quality in line with international standards

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-3-74-78>

### ЖИРОНКИН С.А.

Доктор экон. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: zhironkinsa@kuzstu.ru

### КОНОВАЛОВА М.Е.

Доктор экон. наук, профессор  
ФГАОУ ВО «Самарский государственный  
экономический университет,  
443090, г. Самара, Россия,  
e-mail: mkonoval@mail.ru

### МИТРОФАНОВА Я.С.

Канд. экон. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет»,  
445020, г. Тольятти, Россия,  
e-mail: yana\_1979@list.ru

В статье рассматриваются современные подходы к контролю качественных и количественных характеристик угольной продукции в условиях необходимости соответствия международным стандартам. Выполнен сравнительный анализ требований ГОСТ и ISO к методикам определения ключевых параметров качества угля, включая влажность, зольность, содержание серы, летучих веществ и теплоту сгорания. Представлены формулы пересчета показателей, обеспечивающие сопоставимость данных, полученных по ГОСТ и ISO. Освещены технологические и экономические аспекты внедрения онлайн-анализаторов, основанных на инфракрасной спектроскопии ближнего диапазона, рентгенофлуоресцентном и гамма-абсорбционном анализе. Отдельное внимание уделено российским разработкам в области оперативного контроля состава угля и сложностям, возникающим при создании мобильных решений. Обоснованы перспективные направления развития отечественной отрасли в контексте цифровизации производственного контроля и перехода к автоматизированным системам управления качеством.

**Ключевые слова:** уголь, контроль качества, ГОСТ, ISO, онлайн-анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, спектроскопия, цифровизация.

**Для цитирования:** Жиронкин С.А., Коновалова М.Е., Митрофанова Я.С. Современные методы контроля качества угля в соответствии с международными стандартами // Уголь. 2026;(3):74-78. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-74-78.

### Abstract

The article discusses modern approaches to controlling the qualitative and quantitative characteristics of coal products in the context of the need to comply with international standards. A comparative analysis of GOST and ISO requirements has been carried out for methods of determining the key quality parameters of coal, including the moisture content, the ash content, the sulphur content, the volatile matter content and the calorific value. Formulas for converting the indicators are presented to ensure the comparability of data obtained according to the GOST and ISO standards. The technological and economic aspects of implementing

online analyzers based on near-infrared spectroscopy, X-ray fluorescence and gamma absorption analysis are highlighted. Special attention is paid to the Russian developments in the area of on-line monitoring of coal composition and the challenges that come up when designing mobile solutions. Promising areas for the development of the Russian industry are justified in the context of the digital shift in production control and transition to automated quality management systems.

#### Keywords

Coal, quality control, GOST, ISO, online analysis, x-ray fluorescence analysis, spectroscopy, digitalization.

#### For citation

Zhironkin S.A., Konovalova M.E., Mitrofanova Ya.S. Present-day methods to control coal quality in line with international standards. *Ugol'*. 2026;(3):74-78. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-74-78.

## ВВЕДЕНИЕ

Качество угля остается базовым фактором, определяющим его конкурентоспособность на внутреннем и международном рынках. Несмотря на наличие устоявшихся методик оценки зольности, влажности, содержания серы и теплоты сгорания, применяемых в соответствии с ГОСТ, переход на международные стандарты, такие как ISO 1170 и ISO 17247, обуславливает необходимость пересмотра применяемых подходов. Более того, это связано не только с необходимостью соответствия требованиям международных рынков, но и с развитием новых технологий анализа и мониторинга качества продукции, процессов ее производства.

В последние годы в научной литературе активно обсуждаются вопросы, связанные с внедрением передовых методов контроля качества угля. Ряд исследований посвящен сравнительному анализу отечественных и зарубежных стандартов, где отмечается, что методики, изложенные в стандартах ISO, зачастую обеспечивают более высокую воспроизводимость результатов за счет строгой регламентации процедур отбора проб и применения современного аналитического оборудования [1]. Другие ученые акцентируют внимание на целесообразности и высокой результативности цифровизации процессов контроля качественных параметров [2], в частности, на использовании спектроскопии в ближней инфракрасной области и рентгенофлуоресцентного анализа для экспресс-оценки состава угля [3]. Однако, несмотря на очевидные преимущества этих методов, их внедрение в практику российских угледобывающих предприятий сталкивается с рядом проблем, прежде всего связанных с высокой стоимостью оборудования, технологическими санкциями, необходимостью доработки и совершенствования существующих систем менеджмента качества.

Целью данного исследования являются анализ современных методов контроля качества угля в соответствии с международными стандартами и оценка перспектив их применения в современных российских условиях.

Для достижения этой цели поставлены две задачи:

– провести сравнительный анализ методик оценки ключевых параметров угля по ГОСТ и ISO;

– оценить технологические и экономические аспекты внедрения передовых методов контроля качества на угледобывающих предприятиях.

Решение этих задач позволит сформировать научно обоснованные рекомендации по оптимизации процессов контроля качества угля в соответствии с современными требованиями рынка.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ УГЛЯ ПО ГОСТ И ISO

Проведен сравнительный анализ методик оценки ключевых параметров угля по ГОСТ и ISO, результаты которого представлены в *табл. 1*. Установлено, что международные стандарты ISO в большинстве случаев предъявляют более строгие требования к условиям проведения испытаний, включая температурные режимы, продолжительность анализов и точность измерений.

Поскольку при экспортных поставках требуется соответствие международным стандартам, возникает необходимость пересчета показателей из российской системы (ГОСТ) в международную (ISO). Основные формулы преобразования приведены в *табл. 2*.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

С технологической точки зрения главным трендом в развитии систем контроля качества продукции является переход от выборочного к непрерывному и автоматизированному мониторингу качественных и количественных характеристик угля. Внедрение промышленных онлайн-анализаторов состава угля позволяет осуществлять непрерывный контроль качественных характеристик угля в потоке. Эти установки, интегрируемые в ленточные транспортеры или загрузочные узлы, используют физико-химические методы – инфракрасную спектроскопию ближнего диапазона, рентгенофлуоресцентный и гамма-абсорбционный анализ – для оперативного определения содержания влаги, золы, серы, летучих веществ и калорийности. Такие решения позволяют получать репрезентативные данные в режиме реального времени без отбора проб, существенно сокращая временной лаг между добычей и получением информации о качестве продукции.

Экономические эффекты внедрения передовых методов контроля проявляются на нескольких уровнях. Во-первых, обеспечивается повышение достоверности и сопоставимости данных о качестве продукции, что минимизирует риски претензионной работы при поставках. Во-вторых, высокая частотность и точность измерений позволяют оптимизировать процессы сортировки, обогащения и складирования, снижая потери и затраты на переработку несоответствующих фракций. В-третьих, реализация автоматизированных систем контроля способствует сокращению затрат на ручной отбор и лабораторные анализы, а также снижению издержек, связанных с простоем оборудования из-за технологических сбоев, вызванных колебаниями качества сырья.

## Сравнительный анализ методик оценки ключевых параметров угля по ГОСТ и ISO

Comparative analysis of methods to assess the key coal parameters according to the GOST and ISO standards

Показатель качества	ГОСТ	ISO	Комментарии / Отличия
Влага (влажность общая)	ГОСТ 11014-2001 «Угли бурые, каменные и антрацит. Методы определения влаги» [4]	ISO 589:2008 «Hard coal and coke – Determination of total moisture» [5]	Различие температурных режимов сушки (105±2°C в ISO 589:2008 против 102–108°C в ГОСТ 11014-2001) снижает воспроизводимость результатов между лабораториями, использующими разные значения внутри допустимого диапазона ГОСТ
Зольность (остаточная масса)	ГОСТ Р 55661-2013 «Топливо твердое минеральное. Определение зольности» [6]	ISO 1171:2024 «Solid mineral fuels – Determination of ash» [7]	Принцип прокаливания идентичен, но ISO предъявляет более высокие требования к условиям испытаний
Выход летучих веществ	ГОСТ 6382-52 «Угли бурые, каменные и антрацит. Метод определения выхода летучих веществ» [8]	ISO 562:2024 «Hard coal and coke – Determination of volatile matter» [9]	Существенные различия по температурному режиму и продолжительности нагрева. ISO строже регламентирует метод
Содержание общей серы	ГОСТ 8606-2015 «Топливо твердое минеральное. Определение общей серы. Метод Эшка» [10]	ISO 334:2020 «Coal and coke – Determination of total sulfur – Eschka method» [11]	В ГОСТ допускается выбор из нескольких методик. ISO выделяет отдельно высокотемпературный метод и метод Эшки
Теплота сгорания (калорийность)	ГОСТ 147-2013 «Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания» [12]	ISO 1928:2020 «Coal and coke – Determination of gross calorific value» [13]	Одинаковый принцип (калориметрическая бомба), но ISO строго регламентирует формулы пересчета
Коксуюемость (индекс набухаемости)	ГОСТ 1186-2014 «Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей» [14]	ISO 501:2025 «Hard coal – Determination of crucible swelling number» [15]	Метод аналогичен – нагрев угля в тигле и визуальная оценка формы коксика, но шкалы слегка различаются

Таблица 2

## Пересчет качественных показателей угля

Recalculation of the coal quality indicators

Показатель	Основа	Во что пересчитывается	Формула пересчета	Расшифровка
Зольность, %	Рабочее состояние ( $a_r$ )	Абсолютно сухое ( $d$ )	$A_d = \frac{A_{ar}}{1 - \frac{W_{ar}}{100}}$	Переводит зольность на безвлажное состояние
Сера общая, %	Рабочее состояние ( $a_r$ )	Абсолютно сухое ( $d$ )	$S_d = \frac{S_{ar}}{1 - \frac{W_{ar}}{100}}$	Прямая нормализация по влажности
	Абсолютно сухое ( $d$ )	Сухо-беззольное ( $daf$ )	$S_{daf} = \frac{S_d}{1 - \frac{A_d}{100}}$	Перевод серы в условие без влаги и золы (для сравнения с зарубежными нормами)
Летучие вещества, %	Рабочее состояние ( $a_r$ )	Абсолютно сухое ( $d$ )	$V_d = \frac{V_{ar}}{1 - \frac{W_{ar}}{100}}$	Стандартный пересчет
	Абсолютно сухое ( $d$ )	Сухо-беззольное ( $daf$ )	$V_{daf} = \frac{V_d}{1 - \frac{A_d}{100}}$	Применяется при расчетах индекса коксуюемости
Теплота сгорания, МДж/кг	Рабочее состояние ( $a_r$ )	Абсолютно сухое ( $d$ )	$Q_{gr,d} = \frac{Q_{gr,ar}}{1 - \frac{W_{ar}}{100}}$	ISO требует теплоты сгорания на сухую массу
	Абсолютно сухое ( $d$ )	Сухо-беззольное ( $daf$ )	$Q_{gr,daf} = \frac{Q_{gr,d}}{1 - \frac{A_d}{100}}$	Наиболее универсальный показатель энергетической ценности
	Рабочее состояние ( $a_r$ )	Сухо-беззольное ( $daf$ )	$Q_{gr,daf} = \frac{Q_{gr,ar}}{\left(1 - \frac{W_{ar}}{100}\right)\left(1 - \frac{A_d}{100}\right)}$	Полный пересчет для международных сравнений (используется в отчетности по ISO 1928:2009)

В ИГМ СО РАН и НИТУ МИСИС в настоящее время внедряются приборы, позволяющие анализировать качественные и количественные характеристики угля (влаги, зола, летучие, сера) с использованием ИК- и масс-спектрометрии [16]. Однако на сегодняшний день речь идет не об онлайн-анализаторах, а о стационарных или портативных лабораторных решениях, но в ближайшем будущем применяемые технологии могут быть интегрированы в процессы добычи.

Компания «Радоника» уже представила такие приборы, которые способны быстро определять элементный состав образцов угля в полевых условиях [17].

### ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка мобильных технологий оперативного контроля качественных и количественных характеристик угля сопряжена с рядом технологических и методологических сложностей. Прежде всего, анализ угля в реальном времени требует высокоточной, селективной и быстрой регистрации широкого спектра параметров – влажности, зольности, содержания летучих веществ, серы и других элементов, при этом без пробоподготовки и в условиях высокой запыленности, вибраций и нестабильных температурных режимов. Интеграция таких решений в логистическую инфраструктуру угледобывающих и перерабатывающих предприятий (например, на ленточных конвейерах или в загрузочных узлах) требует не только устойчивости аппаратной части к внешним воздействиям, но и разработки математических моделей для автоматической коррекции измерений с учетом изменяющегося гранулометрического состава и структуры материала [18].

Тем не менее в условиях растущей потребности в импортонезависимых технологиях прослеживаются предпосылки для формирования научно-технологических заделов в этом направлении. Российские ученые и специалисты располагают компетенциями в области спектроскопии, обработки больших массивов данных и нейросетевых методов интерпретации сигнала, что может быть использовано для создания интеллектуальных сенсорных систем с функциями самообучения и адаптации к конкретным условиям предприятия. Перспективным направлением представляется разработка гибридных мультиспектральных платформ с элементами машинного зрения и внедрение модулей, способных функционировать в автономном режиме на открытых горных работах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе проведен анализ технологических и нормативных аспектов контроля качества угля, включая особенности пересчета характеристик, полученных по ГОСТ, в значения по международной системе ISO с учетом различий в определении влажности, зольности и теплоты сгорания. Проанализированы методы и принципы действия наиболее распространенных систем онлайн-анализа. В работе систематизирована информация о передовых методах оперативного контроля качества угля, получивших распространение на практике, включая инфракрасную спектроскопию ближнего диапазона, рент-

генофлуоресцентный и гамма-абсорбционный анализ. Отмечены особенности функционирования указанных систем в контексте их использования на угледобывающих предприятиях, а также обозначены технологические и организационные предпосылки их внедрения. Рассмотрены примеры российских разработок в этой сфере.

Перспективы развития системы контроля качества угля связаны с разработкой и внедрением мобильных и автоматизированных технологий анализа, расширением возможностей применения нейтронно-активационной и лазерно-индуцированной спектроскопии, а также созданием полнофункциональных цифровых платформ.

### Список литературы • References

1. Макарова И.Е., Хейнштейн В.Я., Спиридонов Д.М. Сравнительный анализ старой и новой версий ГОСТ ИСО/МЭК 17025 / Физика. Технологии. Инновации: сборник статей VII Международной молодежной научной конференции, Екатеринбург, 18-22 мая 2020 года / под редакцией В.Ю. Иванова, Д.Р. Байтиминова; Министерство образования и науки РФ, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2020. С. 194-202.
2. Афанасьев А.А. Цифровизация в промышленности: варианты подходов к изучению и методология исследования // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 3. С. 1395-1414. DOI: 10.18334/vinec.13.3.118927.  
Afanasyev A.A. Industrial digitalization: possible study approaches and research methodology. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*. 2023;13(3):1395-1414. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.13.3.118927.
3. Кувшинов Н.Е. Физико-химические методы исследования угля // Форум молодых ученых. 2017. № 7(11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-metody-issledovaniya-uglya> (дата обращения: 15.02.2026).  
Kuvshinov N.E. Physico-chemical methods of investigation. *Forum molodykh uchenykh*. 2017;(11). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-metody-issledovaniya-uglya> (accessed 15.02.2026).
4. ГОСТ 11014-2001. [https://rosgosts.ru/file/gost/75/160/gost\\_11014-2001.pdf](https://rosgosts.ru/file/gost/75/160/gost_11014-2001.pdf).
5. ISO 589:2008 – Hard coal – Determination of total moisture. <https://www.iso.org/standard/45370.html>.
6. ГОСТ Р 55661-2013. Топливо твердое минеральное. Определение зольности. <https://internet-law.ru/gosts/gost/55374/>.
7. ISO 1171:2024 – Coal and coke – Determination of ash. <https://www.iso.org/standard/86977.html>.
8. ГОСТ 6382-52 Угли бурые, каменные и антрациты. Метод определения выхода летучих веществ. <https://normacs.net/Doclist/doc/2K6P.html>.
9. ISO 562:2010 – Hard coal and coke – Determination of volatile matter. <https://www.iso.org/standard/55943.html>.
10. ГОСТ 8606-2015. Топливо твердое минеральное. Определение общей серы. Метод Эшка. <https://internet-law.ru/gosts/gost/62514/>.
11. ISO 334:2020 – Coal and coke – Determination of total sulfur – Eschka method. <https://www.iso.org/standard/79738.html>.
12. ГОСТ 147-2013. Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания.

- Разработка ГОСТ. Прямое применение МС с дополнением EQV (ISO 1928:2009). <https://internet-law.ru/gosts/gost/56258/>.
13. ISO 1928:2020 – Coal and coke – Determination of gross calorific value. <https://iteh-standards.uc.r.appspot.com/catalog/standards/iso/e56e19fc-9668-4d76-be92-a7427b832a8a/iso-1928-2020>.
  14. ГОСТ 1186-2014. Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей. <https://internet-law.ru/gosts/gost/60028/>.
  15. ISO 501:2025 – Hard coal – Determination of the crucible swelling number. <https://iteh-standards.uc.r.appspot.com/catalog/standards/iso/c919ab05-3054-4985-867a-d7186da2ff28/iso-501-2025>.
  16. Научные подразделения. [https://www.igm.nsc.ru/index.php/nauka/napravleniya-deyatelnosti/geologo-razvedochnye-raboty/76-unit/scientific-departments?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.igm.nsc.ru/index.php/nauka/napravleniya-deyatelnosti/geologo-razvedochnye-raboty/76-unit/scientific-departments?utm_source=chatgpt.com).
  17. Новости – Анализаторы металла, Спектрометры, Микроскопы, Лабораторное научное аналитическое оборудование. [https://radonika.com/index.php/novosti?utm\\_source=chatgpt.com](https://radonika.com/index.php/novosti?utm_source=chatgpt.com).
  18. Наугольнова И.А. Матрица реагирования на опасные отклонения в параметрах качества на стадиях жизненного цикла продукции // Контроль. Диагностика. 2025. Т. 28. № 12. С. 68-75. DOI: 10.14489/td.2025.12.pp.068-075.  
Naugolnova I.A. Response matrix for hazardous deviations in quality parameters at product life cycle stages. *Kontrol'. Diagnostika*. 2025;28(12):68-75. (In Russ.). DOI: 10.14489/td.2025.12.pp.068-075.

**Authors Information**

**Zhironkin S.A.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: zhironkinsa@kuzstu.ru

**Konovalova M.E.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation

**Mitrofanova Ya.S.** – PhD (Economics), Associate Professor, Toglyatti State University, Toglyatti, 445020, Russian Federation

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 24.12.2025

Поступила после рецензирования: 17.02.2026

Принята к публикации: 27.02.2026

**Paper info**

Received December 24, 2025

Reviewed February 17, 2026

Accepted February 27, 2026

## Восточно-Бейский разрез принял в строй экскаватор-гигант

**В феврале 2026 г. парк техники Восточно-Бейского разреза пополнился мощным экскаватором импортного производства с ковшем вместимостью 12 куб. м. Торжественная церемония передачи техники экипажу состоялась в присутствии руководства и коллектива предприятия.**

**Директор по производству Дмитрий Азев** отметил значимость приобретения:

«Этот экскаватор позволит нам реализовать амбициозные планы по увеличению объемов добычи. В 2025 г. мы установили исторический максимум – 3,7 млн т угля и 18,1 млн куб. м вскрыши. В текущем году планируем до-

стичь отметки 4,1 млн т добычи угля. Новый агрегат станет важным элементом выполнения производственной программы разреза, направленной на увеличение добычи угля и повышение эффективности работы. Машина оснащена дизельным двигателем, что обеспечивает мобильность и независимость от электрических сетей».

«Такая техника значительно расширяет наши возможности, позволяя оперативно перемещаться по территории карьера», – пояснил **старший машинист экскаватора Алексей Шинкаренко**.

Экипаж нового гиганта сформирован из специалистов, отработавших на разрезе от 1 года до 8 лет. Сам Алексей Шинкаренко работает на предприятии с 2018 г. и уже достиг высшего восьмого разряда. Символический ключ от экскаватора был передан экипажу, а затем, по традиции, бригадир разбил бутылку шампанского о ковш машины.

«В ближайшие месяцы мы также ожидаем получение новых автосамосвалов и бульдозера, что позволит нам уверенно достигать поставленных целей», – добавил **Дмитрий Азев**.



Фото пресс-службы «СУЭК-Хакасия»