

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Протасеня С.И.,

*к.э.н., доцент кафедры «Экономика право»,
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

Трубина Ю.Е.,

м.э.н., HR-менеджер, ООО «ДРТ Диджитал», Минск, Беларусь

Аннотация. В статье обосновывается методика оценки эффективности функционирования интегрированной системы цифрового энергоменеджмента на промышленных предприятиях через использование интегрального показателя эффективности цифровой трансформации и энергосбережения, который обеспечивает прозрачность достижения целевых индикаторов и устойчивость к внешним воздействиям за счет контроля достоверности данных и применения механизмов приведения показателей к сопоставимым условиям.

Ключевые слова: интегральный показатель, коэффициенты сопоставимости, предиктивная аналитика, цифровой энергоменеджмент, энергоэффективность.

В современных условиях развитие промышленного комплекса Республики Беларусь неразрывно связано с переходом на качественно новый уровень управления ресурсами, что закреплено в основных документах текущей пятилетки. Согласно Закону Республики Беларусь от 31.12.2025 № 128-З «Об изменении Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении», процесс нормирования энергопотребления должен базироваться на обязательном учете достоверных цифровых данных [1]. Реализация Государственной программы «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы (утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2025 № 819) ставит перед предприятиями цель по снижению удельного расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на уровне 0,8–

1,0 % ежегодно [2]. Достижение таких показателей невозможно без внедрения интегрированных систем цифрового энергоменеджмента (ИСЦЭ), которые объединяют требования технологического учета и предиктивной аналитики, предусмотренные Государственной программой «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы [3].

Комплексная оценка эффективности интегрированной системы цифрового энергоменеджмента осуществляется по трем направлениям, предполагающим интеграцию экономического, технологического, социально-экономического и экологического эффектов (таблица 1).

Таблица 1

Показатели оценки эффективности интегрированной системы цифрового энергоменеджмента

Направление оценки	Наименование показателя	Методика расчета	Нормативное обоснование	Критерий эффективности
1	2	3	4	5
Энергетический эффект	Динамика удельного расхода топливно-энергетических ресурсов	Отношение потребленных ТЭР к объему произведенной продукции (кг у.т. \ ед.)	Статья 16 Закона № 128-3 [1]	Снижение относительно утвержденных норм
	Доля использования МВТ и ВИЭ	Удельный вес местных видов топлива и возобновляемых источников в общем энергобалансе	Приложение 2 к Госпрограмме «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы [2]	Увеличение доли замещения импортируемого природного газа
	Выполнение целевого показателя энергосбережения	Сравнение фактической экономии (т у.т.) с плановым заданием	Госпрограмма «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы [2]	Выполнение плана на 100% и выше
Технологический эффект	Коэффициент ох-	Отношение узлов с авто-	Государственная программа	$K_{мон} \geq 0$ автоматизи-

	вата мониторингом (K_{mon})	матизированным учетом к общему числу точек учета	«Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы [3] ГОСТ ISO 5001-2021 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» [4]	рованных точек (95% автоматизированных точек)
	Скорость ликвидации потерь (ΔT)	Время от регистрации аномального потребления до принятия управленческого решения	ТКП 181-2023 (33240) [5]	Минимизация времени реакции (переход к режиму реального времени)
	Точность энергетического прогноза	Отклонение фактического потребления от прогнозной модели (предиктивная аналитика)	Договорные условия на поставку энергоресурсов (лимиты) [6]	Погрешность планирования (ошибка прогноза) потребления энергоресурсов (предиктивная аналитика) менее 3–5 %
Социально-экономический и экологический эффект	Энергоемкость себестоимости	Доля затрат на ТЭР в себестоимости продукции (%)	Затратный механизм ценообразования	Снижение доли затрат на энергию в цене единицы продукции
	Снижение выбросов парниковых газов	Расчет объема предотвращенных выбросов	Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2026–2030 годы [7]	Соответствие экологическому паспорту предприятия и международным обязательствам

Для расчета интегрального показателя эффективности цифровой трансформации и энергосбережения на промышленных

предприятиях используется формула, представляющая собой взвешенную сумму трех основных индикаторов:

$$E_{\text{total}} = w_1 \times I_{\text{save}} + w_2 \times I_{\text{dig}} + w_3 \times I_{\text{econ}},$$

где: E_{total} – интегральный показатель эффективности функционирования интегрированной системы цифрового энергоменеджмента (ИСЦЭ);

I_{save} – индекс энергосбережения (выполнения норм энергосбережения), отражает реальную экономию топливно-энергетических ресурсов и снижение энергоемкости продукции.

I_{dig} – индекс цифровизации (digitalization), оценивает уровень внедрения ИТ-решений, автоматизации учета (АСКУЭ) и использования аналитических платформ. Предиктивная аналитика считается внедренной, если система способна формировать энергетический прогноз на 24/48 часов с точностью отклонения (погрешностью) менее 3–5 %;

I_{econ} – индекс экономической эффективности, учитывает финансовые результаты, такие как окупаемость инвестиций в систему ИСЦЭ и снижение затрат на единицу продукции. При расчете окупаемости (до 3-х лет) учитывается не только прямая экономия топлива, но и снижение затрат на оплату экологических налогов за счет сокращения выбросов парниковых газов;

w_1, w_2, w_3 – весовые коэффициенты (значимость каждого фактора), их сумма равна единице ($w_1 + w_2 + w_3 = 1$). Значения устанавливаются экспертным путем в зависимости от приоритетов конкретного предприятия.

При расчете индекса энергосбережения (I_{save}) принимается не только физическая экономия, но и достоверность данных, подтвержденная автоматизированными системами. Если доля «ручного ввода» данных в системе учета превышает 5 %, значение индекса энергосбережения корректируется понижающим коэффициентом. Для ежегодного энергоаудита расчет индекса энергосбережения проводится по формуле:

$$I_{\text{save}} = \frac{Y_{\text{Эбаз}} - Y_{\text{Эфакт}}}{Y_{\text{Эбаз}}},$$

где: $УЭ_{баз}$ – базовый удельный расход топливно-энергетических ресурсов (на единицу продукции или работ) в сопоставимых условиях;

$УЭ_{факт}$ – фактический удельный расход топливно-энергетических ресурсов в текущем (отчетном) периоде.

Показатель базового удельного расхода топливно-энергетических ресурсов ($УЭ_{баз}$) является расчетной величиной и приводится к сопоставимым условиям через совокупный коэффициент:

$$УЭ_{баз} = УЭ_{факт} \times K_{con},$$

где: K_{con} – совокупный коэффициент сопоставимости, позволяет исключить влияние внешних (не зависящих от предприятия) факторов и выявить чистую экономию, полученную за счет внедрения энергосберегающих мероприятий. Совокупный коэффициент определяется как произведение частных коэффициентов:

$$K_{con} = K_t \times K_v \times K_s,$$

где: K_t – температурный фактор, учитывает влияние погодных условий. Рассчитывается на основе разности градусо-суток отопительного периода отчетного и базисного годов по данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии»;

K_v – фактор объема, корректирует показатель на изменение масштаба производства. Коэффициент учитывает наличие условно-постоянной части энергопотребления (освещение, отопление цехов, холостой ход оборудования), которая не меняется пропорционально объему выпуска продукции;

K_s – фактор структуры, учитывает изменение доли энергоемких видов изделий в общем объеме производства или изменение качества используемого сырья (например, переход на более тяжелое сырье в нефтехимии).

Если показатель $I_{save} > 0$, то цель по снижению энергоемко-

сти достигнута.

Если показатель $I_{save} < 0$, то наблюдается перерасход топливно-энергетических ресурсов, требующий обоснования.

Расчет интегрального показателя базируется на трех стратегических блоках, каждому из которых присваивается весовой коэффициент, отражающий его значимость для достижения целевых показателей энергосбережения в текущем периоде (таблица 2).

Таблица 2

**Весовые коэффициенты, целевые индикаторы
и нормативная база эффективности интегрированной
системы цифрового энергоменеджмента для промышленных
предприятий Республики Беларусь на 2026 год**

Индекс	Весовой коэффициент (w_i)	Целевой индикатор	Нормативное обоснование
Энергосбережения (I_{save})	0,40	Учет динамики удельного расхода ТЭР (кг у. т. / ед. продукции) Снижение удельного расхода ТЭР $\geq 0,8-1,0$ % к уровню 2025 года	Статья 16 Закона № 128-3 [1] Государственная программа «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы [2]
Цифровизации (I_{dig})	0,35	Коэффициент цифровой зрелости: охват АСКУЭ/АСКУТ ≥ 95 % Обязательное наличие модулей предиктивной аналитики	Государственная программа «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы [3]
Экономической эффективности (I_{econ})	0,25	Срок окупаемости внедряемых цифровых решений не должен превышать 3 лет Обучение ≥ 80 % профильных ИТР	Закон «Об энергосбережении» (в ред. 2026 г.) [1] СТБ ISO 50001 [4]

Интерпретация значений интегрального показателя (E_{total}):

– $E_{total} \geq 0,90$ (эталонный уровень, лидер отрасли). Предприятие полностью выполняет нормы энергосбережения (I_{save}), внедрило предиктивную аналитику и Big Data (I_{dig}), а инвестиции в ИСЦЭ приносят высокую финансовую отдачу (I_{econ}). Система функционирует в автоматическом режиме с минимальным влиянием человеческого фактора;

– $0,75 \leq E_{total} < 0,90$ (высокий уровень, устойчивое развитие). Цифровая система интегрирована в производственные процессы, цели по снижению энергоемкости достигаются стабильно. Предприятие соответствует требованиям Указа № 136 и Государственной программы «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы, однако сохраняется потенциал для внедрения более глубоких модулей искусственного интеллекта;

– $0,55 \leq E_{total} < 0,75$ (средний уровень, переходный период). Базовая автоматизация (АСКУЭ/АСКУТ) внедрена, но аналитический функционал используется не в полной мере. Экономический эффект присутствует, но темпы снижения удельных расходов ТЭР нестабильны. Требуется оптимизация алгоритмов управления и повышение квалификации персонала;

– $E_{total} < 0,55$ (низкий уровень, критическая зона). Цифровизация носит частичный характер, сбор данных часто требует ручного ввода. Предприятие не достигает целевых показателей энергоэффективности, что ведет к росту себестоимости продукции и рискам нарушения нормативов по энергосбережению.

Верификации энергетической эффективности для энергосберегающих мероприятий проводится на основании Методических рекомендаций по верификации энергетической эффективности для энергосберегающих мероприятий [8]. Результаты функционирования ИСЦЭ должны подтверждаться: энергетическим аудитом (раз в 5 лет или чаще для крупных потребителей); ведомственной отчетностью (форма 4-энергосбережение) и данными АСКУЭ, интегрированными в ИСЦЭ.

Таким образом, методика оценки эффективности интегрированной системы цифрового энергоменеджмента позволяет перейти от фрагментарного контроля энергопотребления к ком-

плексной системе управления. Внедрение интегрального показателя E_{total} обеспечивает прозрачность достижения целевых индикаторов, включая технологический охват мониторингом ($K_{mon} \geq 95\%$) и экономическую окупаемость цифровых решений в пределах 3 лет. Система становится устойчивой к внешним факторам благодаря привязке индекса энергосбережения (I_{save}) к достоверности данных. Риски минимизированы лимитом на ручной ввод (не более 5%), а объективность показателей достигается обязательной корректировкой через коэффициенты сопоставимости (K_t, K_v, K_s). Практическое применение данной методики позволит промышленным предприятиям не только соответствовать обновленному Закону Республики Беларусь № 128-З, но и выйти на уровень лидеров отрасли (эталонный уровень $E_{total} \geq 0,90$), обеспечивая долгосрочную энергетическую безопасность и снижение энергоёмкости себестоимости продукции в соответствии с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2026–2030 годы.

Список использованных источников:

1. Закон Республики Беларусь от 31 декабря 2025 г. № 128-З «Об изменении Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12500128> (дата обращения 01.04.2026).

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2025 г. № 819 «О Государственной программе «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500819> (дата обращения 15.04.2026).

3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2025 г. № 793 О Государственной программе «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500793> (дата об-

ращения 03.04.2026).

4. ГОСТ ISO 50001-2021 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» // Министерство энергетики Республики Беларусь. – URL: <https://energodoc.by/document/view?id=3889> (дата обращения 07.04.2026).

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. ТКП 181-2023 (33240) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W02542898p> (дата обращения 01.04.2026).

6. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 23.12.2015 № 1084 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 02.04.2026 № 161) Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://www.government.by/sites/default/files/resolution/2026-04/161.pdf> (дата обращения 07.04.2026).

7. Решение Всебелорусского народного собрания от 19 декабря 2025 г. № 1 «Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2026–2030 годы» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P925v0001> (дата обращения 01.04.2026).

8. Приложение к приказу Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 10 июня 2024 г. № 24 «Методические рекомендации по верификации энергетической эффективности для энергосберегающих мероприятий» // Департамент по энергоэффективности. – https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/20240610_verification (дата обращения 11.04.2026).